

La sostenibilidad ecológica en el desarrollo de productos textiles:

Una Revisión de Literatura

The ecological sustainability in the development of textile products

A literature research

José A. González

Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Francisco Gavidia
betio.gonzalez@gmail.com.

RESUMEN.

El propósito de la revisión de la literatura existente sobre el tema de la sostenibilidad ecológica en el desarrollo de productos textiles es parte de un proyecto mayor que investiga el desarrollo de modelos matemáticos que establezcan los parámetros de diseño y producción de productos textiles sostenibles ecológicos.

Dentro de los objetivos primordiales de esta revisión de literatura no sólo está el establecer el marco teórico para el desarrollo de los modelos matemáticos sino también incrementar la sensibilización de los consumidores sobre la necesidad de instituir prácticas de diseño y producción de productos textiles más amigables al medio ambiente para disminuir el impacto ambiental negativo que actualmente causan las industrias textil y de confección que no han adoptado estas prácticas.

El mercado de productos textiles sostenibles ecológicos está en franco desarrollo, y la conciencia ecológica de los consumidores está en incremento en la medida que se observan los daños causados por el cambio climático.

Las empresas textiles y de confección tienen a su disposición posibilidades para la transformación de la industria hacia nuevos paradigmas sostenibles y ecológicos. Dentro de estas herramientas se encuentran el eco-diseño que puede ser utilizado en combinación con el diseño funcional, nuevas prácticas de ingeniería de procesos con enfoque ecológico, reciclaje, amplia oferta de insumos orgánicos, no tóxicos para el consumo humano y amigable al medio ambiente. DESARROLLO SOSTENIBLE, ECOLOGÍA-INDUSTRIA TEXTIL, CAMBIOS CLIMÁTICOS, MEDIO AMBIENTE-RECICLAJE, DISEÑO.

ABSTRACT

The purpose of the review of the existing literature on the subject of ecological sustainability in textile product development is part of a larger project investigating the development of mathematical models to establish the parameters of design and production of ecological sustainable textiles.

Within the primary objectives of this literature review is not only to establish the theoretical framework for the development of mathematical models but also increase consumer awareness about the need to institute practices of design and production of textile products more friendly to the environment to decrease the negative environmental impact currently caused by textile and clothing industries that have not adopted these practices.

The textile market is in sharp ecological sustainable development and environmental awareness of consumers is increased as observed damage caused by climate change.

The textile and clothing companies have at their disposal possibilities for the transformation of industry towards sustainable and ecological paradigms. Among these tools are the eco-design that can be used in combination with functional design, new process engineering practices with ecological approach, recycling, wide range of organic, non-toxic for human consumption and environmentally friendly. SUSTAINABLE DEVELOPMENT, ECOLOGY – TEXTILE INDUSTRY, CLIMATE CHANGE, ENVIRONMENT – RECYCLING, DESIGN.

Introducción

Existe una creciente preocupación a nivel global por el impacto que la actividad humana tiene sobre el medio ambiente y su efecto en el cambio climático. Para lograr una gestión eficiente y sostenible sobre el medio ambiente, es importante y urgente un compromiso a nivel mundial con un enfoque sistemático para reducir el impacto ambiental.

Dentro de los aspectos considerados para la reducción del impacto ambiental, el aprovechamiento eficiente de los recursos naturales y actividades industriales, la reducción de desechos industriales, la recuperación de materiales a través del reciclaje y reutilización de los desechos se han convertido en ejes fundamentales del enfoque sistemático para una gestión ambiental sostenible, sin menoscabar el desarrollo social y económico.

Dentro de este marco, es de hacer notar que las industrias textil y de confección han mantenido la vanguardia en términos de desarrollos tecnológicos y de materiales, logrando importantes avances en áreas de productos textiles inteligentes y textiles técnicos, y la interconexión con industrias como la electrónica, medicina, construcción entre otras, en el desarrollo de otras aplicaciones. La complejidad en estructura y composición de estos nuevos productos, los factores de

producción y origen de materias primas, consumo de energía y productos químicos representan a la vez un reto para la industria, alineando la producción de productos textiles de buena calidad y accesibles con la preocupación de los consumidores de poco o cero impacto ambiental en su producción.

Sin embargo, pese a estos avances tecnológicos y económicos, la industria textil es una de las industrias con más uso intensivo de químicos a nivel mundial y el contaminador más grande de agua después de la agricultura (Malhotra, 2010). Aquí algunos ejemplos de cómo las industrias textiles y de prendas de vestir impactan al medio ambiente:

- Los residuos de materias textiles ocupan casi el cinco por ciento de todo el espacio de relleno sanitario.
- Un millón de toneladas de textiles acaban en los vertederos cada año.
- El 20 por ciento de la contaminación industrial del agua dulce proviene de tratamientos textiles y de teñido.
- En 2009, en el mundo se utilizaron tres billones de galones de agua fresca para producir 60 millones de kilos de tela.

- Se requieren aproximadamente 500 galones de agua para producir suficiente tela para cubrir un sofá, y se necesitan 700 litros de agua fresca para hacer una camiseta de algodón.
- Uno billón de kilovatios-hora se utilizan en la industria textil mundial cada año, lo que equivale al 10 por ciento del impacto global por la huella de carbono (Staff, 2012).

Desarrollar políticas y sistemas para convertir las industrias textiles y de confección en unas con enfoque más ecológico se unen a los retos existentes del manejo de desechos textiles de productos de consumo masivo al final de su vida útil, especialmente aquellos que por su composición química (poliésteres y otras fibras con base de hidrocarburos) tienen un ritmo de degradación muy lento o prácticamente inexistente.

Otro aspecto importante a considerar es la necesidad de la optimización de las operaciones productivas y los costos de producción en el complejo textil debido a una economía global muy competitiva. Para optimizar estas operaciones y maximizar utilidades, las empresas deben de tomar en cuenta no solo factores como el costo laboral e incentivos fiscales, sino también factores como la utilización de materiales de desecho reciclados, reducción en el consumo de energía con el consumo de materiales reciclados en lugar de nuevas materias primas, costos de importación, costo del manejo de los desechos textiles y auxiliares químicos, entre otros. Por lo tanto, nuevos productos textiles deben ser diseñados no solamente en términos de propiedades funcionales eficientes, sino también en términos de una disminución en el impacto ambiental y el desarrollo sostenible de la industria.

Sostenibilidad y Ecología

Como parte de este esfuerzo en la implementación de un nuevo paradigma a nivel de estas industrias, un enfoque basado en la sostenibilidad ecológica se hace necesario. A medida que crece la preocupación por mejorar continuamente la calidad del medio ambiente y la sostenibilidad de toda actividad humana, las personas y organizaciones de todos los tipos y tamaños fijan su atención cada vez más en los impactos ambientales de sus actividades, productos y servicios. El logro de un desempeño ambiental sólido requiere el compromiso generalizado con un enfoque sistemático y con la mejora continua de un sistema de gestión ambiental. Así también, el viaje hacia la sostenibilidad requiere que las empresas encuentren maneras innovadoras para ser rentables y al mismo tiempo extender las fronteras tradicionales de su negocio para abarcar las dimensiones ambientales y sociales (Remmen et al, 2007).

Para un mejor enfoque de esta discusión sobre la sostenibilidad ecológica, es importante tener en mente los conceptos de sostenibilidad y ecología.

Definición y Principios de Sostenibilidad

En una definición simple, la sostenibilidad es la capacidad de soportar. En ecología, la palabra describe cómo los sistemas biológicos se mantienen diversos y productivos con el tiempo; por ejemplo, los humedales de larga vida y saludables así como los bosques perennes son ejemplos de sistemas sostenibles biológicos. Para los humanos, la sostenibilidad es el potencial de mantenimiento a largo plazo del bienestar, que enmarcan las dimensiones ambientales, económicas y sociales (Gleich, Haum & Petschow, 2004).

Los ecosistemas y entornos saludables proporcionan bienes y servicios vitales para los seres humanos y otros organismos. Hay dos formas principales de reducir el impacto humano negativo y mejorar los servicios de los ecosistemas: el primero de ellos es la gestión del medio ambiente. Este enfoque se basa en gran medida en la información obtenida a través de las ciencias de la tierra, ambientales y biología de la conservación. La segunda es la gestión del consumo humano de recursos que se basa en gran medida en información obtenida a través de la economía.

El concepto de sostenibilidad se basa en la premisa de que las personas y sus comunidades se componen de sistemas sociales, económicos y ambientales que se encuentran en constante interacción y que deben mantenerse en armonía o equilibrio si las comunidades desean seguir funcionando en beneficio de sus habitantes, ahora y en el futuro. Una sociedad sana y equilibrada (o nación o comunidad, dependiendo de la dimensión que se observe) es la que puede soportar el desarrollo controlado en el futuro, proporcionando una forma de vida digna para todos sus miembros y que la convierte en una sociedad sostenible. La sostenibilidad es un ideal por el cual trabajar y a la cual hay que considerar todas las acciones propuestas, planes, inversiones y decisiones económicas. Es ciertamente una manera de mirar a una comunidad, sociedad o planeta en el contexto más amplio posible, tanto en tiempo y espacio (Princen, 2003).

Hay seis principios de sostenibilidad que pueden ayudar a una comunidad asegurar que sus sistemas sociales, económicos y ambientales estén bien integrados y sean perdurables. Hay que recordar que, aunque la lista de principios es útil, cada uno de ellos

tiene el potencial de superposición e interrelación con todos o algunos de ellos. Una comunidad o sociedad que quiere alcanzar la sostenibilidad debe tratar de:

1. Mantener y, si es posible, mejorar la calidad de vida de la población.
2. Mejorar la vitalidad económica local.
3. Promover la equidad social e intergeneracional.
4. Mantener y, si es posible, mejorar la calidad del entorno.
5. Incorporar la resiliencia y mitigación de desastres en las decisiones y acciones.
6. Utilizar un consenso y proceso participativo a la hora de tomar decisiones (Comisión Mundial en Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).

La publicación del informe Brundlandt denominado "Nuestro Futuro Común" (CMMAD, 1987) y la Declaración de Río (Naciones Unidas, 1992a) puso el reto del desarrollo sostenible en la agenda de los planificadores, tomadores de decisiones y los políticos en todos los niveles administrativos e institucionales a nivel global. Desde entonces, bastante esfuerzo se ha hecho para definir y operacionalizar el concepto de sostenibilidad; uno de estos conceptos es el desarrollo de indicadores sociales de sostenibilidad.

Bossel (2001) propuso un sistema completo, proporcionando un marco integral para el desarrollo de indicadores de sostenibilidad, los cuales cubren todos los aspectos importantes de la viabilidad del sistema, el rendimiento y la sostenibilidad, reconociendo que un

sistema no puede evaluarse en forma aislada de los sistemas de los que depende y que a su vez dependen de él. Reed, Fraser, Morse y Dougill (2005) demostraron cómo el enfoque de Bossel se puede considerar como un parte más amplia de convergencia en la integración de los enfoques participativos y reduccionista para medir el progreso hacia el desarrollo sostenible. Sin embargo, también demostraron que una mayor integración de estos enfoques puede ser capaz de mejorar la exactitud y fiabilidad de los indicadores para estimular un mejor aprendizaje y acciones comunitarias más confiables. Es claro que sólo a través de la participación activa de la comunidad se pueden facilitar indicadores de progreso hacia las metas de desarrollo sostenible. Para involucrar a las comunidades de manera efectiva en la aplicación de indicadores, estas comunidades deben participar activamente en el desarrollo e incluso en la propuesta de los indicadores (Azar, Holmberg, & Lindgren, 1996).

Esta participación comunitaria a nivel global es necesaria para lograr la satisfacción de las necesidades humanas fundamentales, preservando los sistemas de soporte vital del planeta Tierra, el cual requerirá de una desaceleración mundial de los avances en el desarrollo actual para una transición hacia la sostenibilidad. Una importante respuesta a este desafío de la comunidad científica ha comenzado a ser visible a partir de varios programas mundiales y regionales de investigación ambiental, de las academias científicas del Mundo (incluidos los informes individuales de academias en países de África, Europa y Sur América), hasta redes independientes de académicos y científicos. Por encima de todo, una respuesta ha comenzado a emerger de la propia ciencia y el reconocimiento cada vez mayor en muchas

disciplinas de la necesidad de una síntesis e integración - las necesidades que se reflejan en muchos nuevos esfuerzos de investigación multidisciplinaria e instituciones. Estos diversos esfuerzos científicos para promover los objetivos de una transición hacia la sostenibilidad - satisfacer las necesidades humanas, preservando los sistemas de soporte vital de la tierra - están dando lugar a la aparición de un nuevo campo de la ciencia de la sostenibilidad (Kates et al, 2000).

Así, por ejemplo, el Consejo de Administración de la Sociedad Ecológica de América (ESA por sus siglas en inglés) en el otoño de 2002 encargaron a una comisión para desarrollar un plan de acción con la idea de reforzar la capacidad de investigación y el impacto de las ciencias ecológicas. Durante un período de dos años, el "Comité de Visión" consultó a los miembros de la ESA y muchas organizaciones e individuos fuera de la ESA, para desarrollar un plan de acción denominado "Ciencia Ecológica y Sustentabilidad para un planeta superpoblado", el cual articuló la posición central siguiente: "el conocimiento ecológico puede y debe desempeñar un papel central en ayudar a lograr un mundo en el que existan dentro de las poblaciones humanas sostenibles los sistemas ecológicos".

Definición y Principios de la Ecología

Dentro de los próximos 50 a 100 años, el apoyo y el mantenimiento de la familia humana de 8 a 11 mil millones de personas se convertirán en una tarea difícil en el mejor de los casos. Las tasas de consumo ya superan la oferta de muchos recursos esenciales para la salud humana, y pocos lugares en la Tierra no llevan el sello de los impactos humanos (Palmer et al, 2004). La

combustión de fósiles y la producción de fertilizantes han duplicado la tasa global de la fijación de nitrógeno, lo que ha exacerbado la eutrofización en curso, mientras se fertilizan partes remotas del planeta. Además, el aumento en el comercio mundial ha dado lugar a la propagación de plagas y enfermedades que hacen mucho daño porque están divorciadas de sus depredadores naturales y patógenos. Aunque el estudio de los pocos ecosistemas sin perturbar, los cuales están siendo rápidamente reducidos, es importante, ahora es el momento de centrarse en la ecología del futuro cercano. Debido a que nuestro planeta estará superpoblado en el futuro inmediato y el consumo de recursos naturales no muestra signos de desaceleración, las modificaciones humanas al medio ambiente no harán sino aumentar la presión sobre los ecosistemas existentes. Por lo tanto, se necesita una perspectiva de investigación que incorpore las actividades humanas como componentes integrales de los ecosistemas de la Tierra, ya que se debe focalizar el que los sistemas de soporte vital de la Tierra se mantengan en el futuro, mientras que las necesidades humanas puedan ser satisfechas; ciertamente, la ciencia ecológica puede hacer posible este nuevo paradigma.

El término ecología es atribuido al célebre biólogo alemán Ernst Heinrich Haeckel (1906), que le dio el significado de economía de la naturaleza. Haeckel escribió: ... *Entendemos por ecología el conjunto de conocimientos referentes a la economía de la naturaleza, la investigación de todas las relaciones del mundo animal tanto en su medio inorgánico como orgánico, incluyendo sobre todo su relación amistosa u hostil con aquellos animales y plantas con los que se relaciona directa o indirectamente.* En pocas pala-

bras, la ecología es el estudio de todas las complejas interrelaciones a las que Darwin se refería como las condiciones de la lucha por la existencia.

La ciencia ecológica ha sido importante en la mejora de la vida humana (Gunderson y Pritchard, 2002), y el trabajo abordando la sostenibilidad y la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos ha sido ya desarrollado en los últimos años (Palmer et al, 2004). Los ecosistemas naturales proporcionan grandes beneficios a las sociedades humanas; por ejemplo, el agua potable, la estabilización del suelo por las plantas, zonas de separación de los brotes de enfermedades transmitidas, y la polinización son los servicios que los ecosistemas proveen; estos servicios en la mayoría de los casos son irremplazables por sistemas humanos. En su defecto, la tecnología necesaria para reemplazarlos es prohibitivamente cara. Por ejemplo, la desalinización, aunque a menudo se propone como una alternativa a la conservación y el crecimiento planificado en áreas con agua dulce limitada, es más de dos veces tan cara a lo que la mayoría de los usuarios de agua están dispuestos a pagar (Gleick, 2000). Esfuerzos se han hecho para desarrollar un enfoque ecológico en la industria, y así establecer los principios en que se sustenta la sostenibilidad ecológica a nivel industrial.

Ecología Industrial

La ecología industrial es un nuevo enfoque para el diseño industrial de productos y procesos y la implementación de estrategias de fabricación sostenibles. Es un concepto en el que se considera un sistema industrial no al margen de sus sistemas circundantes, sino en concierto con ellos. La ecología industrial busca optimizar el ciclo total de los

materiales a partir de materias primas vírgenes hasta el material terminado; esto es, los componentes iniciales, productos en proceso, residuos del producto y su eliminación final (Jelinski, Graedel, Laudise, Mccall, & Patel, 1992).

Para una mejor visión del concepto, es interesante pensar en los ciclos de materiales que estuvieron presentes en las primeras formas de vida terrestres. En ese momento, los recursos potencialmente utilizables eran tan grande y la cantidad de vida tan pequeña, por lo que la existencia de formas de vida no tenía esencialmente ningún impacto en los recursos disponibles. Este proceso de componente individual podría describirse como lineal, es decir, como uno en el que el flujo de materiales desde una etapa a la siguiente era independiente de todos los otros flujos (Esty & Porter, 1998). Una imagen contrastante es un ecosistema en el que los recursos proximales son limitados. En tal sistema, las formas de vida resultantes se vuelven fuertemente vinculadas entre sí y forman redes complejas que conocemos hoy en día como comunidades biológicas. En este tipo de sistema, los flujos de material en el dominio proximal pueden ser bastante grande, pero los flujos de entrada y salida de ese dominio (es decir, de los recursos y los residuos) son bastante pequeños. La siguiente sinopsis cita varias características de la ecología industrial que, de una u otra manera, permean los principios enumerados (Jelinski et al, 1992):

i. La ecología industrial es proactiva no reactiva. Es decir, está iniciada y promovida por las empresas industriales, ya que es en su propio interés y en el interés de los sistemas circundantes con los que interactúan,

no porque es impuesto por uno o más factores externos.

- ii. La ecología industrial es para el diseño y no para añadidos. Esta característica se reconoce en que muchos aspectos de los flujos de materiales se definen por las decisiones tomadas desde el inicio en el proceso de diseño, y que la optimización de la ecología industrial requiere que cada diseñador de productos y de los ingenieros en los procesos de fabricación vean a la ecología industrial con la misma intensidad que se ejerce sobre la calidad de los productos y de la fabricación inherente.
- iii. La ecología industrial es flexible, no rígida. Muchos aspectos del proceso tienen que cambiar a medida que nuevos procesos de fabricación son posibles; y así también, nuevas limitaciones surgen de estudios científicos y ecológicos, y surgen nuevas oportunidades en la medida que los mercados evolucionan, y así sucesivamente.
- iv. La ecología industrial es comprensible y no de criterio estrecho. En el mundo industrial internacional actual se exige enfoques que no sólo atraviesen los sectores industriales, sino que trascienden las fronteras nacionales, sociales y culturales.

Ecología Industrial y Sostenibilidad

Temprano en la historia de la ecología industrial, los pensadores clave se refirieron a este campo como la "ciencia de la sostenibilidad." La "ciencia" en la definición significa que el conocimiento importante para comprender y diseñar un camino más efectivo hacia el

desarrollo sostenible se crearía a través del estudio de los mecanismos de intercambio de material y energía de los sistemas industriales que utilizan el marco de los ecosistemas naturales. Las principales implicaciones prácticas de esta perspectiva han llegado en el desarrollo del conjunto central de herramientas y metodologías que la ecología industrial llama a sí misma, aunque algunos han sido extraídos de otros sectores: Análisis del flujo de materiales, análisis del ciclo de vida de materiales, análisis de flujo de sustancias y modelos de flujo de energía son todos derivados de los aspectos metabólicos en una analogía de los sistemas naturales (Ehrenfeld, 2004). Reciclaje en sus múltiples formas, como la gestión del ciclo de vida o simbiosis industrial, también brota de las relaciones de intercambio en los ecosistemas como manifestaciones concretas de la aplicación de la anterior serie de herramientas.

Burger et al. (2012) presenta el caso de que la macro-ecología de la sostenibilidad es lamentablemente sub-representada en la ciencia de la sostenibilidad. Los principios ecológicos deben regir la sostenibilidad, la ciencia de la sostenibilidad aún tiene mucho que ver con las interacciones socio-ambientales y apenas considera los límites físicos del uso de recursos. La escalada del uso de los recursos per cápita, junto con un aumento de la población humana y el cambio climático, eventualmente nos llevarán a limitaciones en la disponibilidad de energía y materiales en las que el desarrollo económico mundial continuo depende (Mace, 2012). Matthews y Boltz (2012) no niegan la evidencia presentada por Burger et al., pero son optimistas de que el ingenio humano y la adaptabilidad podrán hacer ganar tiempo y ofrecer soluciones que permitan a las sociedades humanas superar la

limitación de los recursos y seguir creciendo. Esto es válido siempre y cuando sea posible una disminución real en el consumo humano, una optimización de la gestión ambiental y una contribución dinámica de parte de la industria en la consecución en las metas de sostenibilidad.

Definiendo Productos Textiles Ecológicos Sostenibles

Este desarrollo industrial continuo y de sobre consumo se ve reflejado en las industrias textil y de confección que han contribuido no solo a la sobre producción de productos textiles no ecológicos, sino también han contribuido a aumentar el problema con el uso excesivo de químicos y la contaminación subsecuente, uso de recursos no renovables, así como del aumento en la cantidad de productos textiles que van a los vertederos, especialmente aquellos de fibras sintéticas a base de petróleo, los cuales no son visiblemente degradables. En cuanto a los efectos ambientales, los desechos textiles representan además amenazas a la tierra, el agua y el aire porque la descomposición de algunos textiles genera gases de efecto invernadero que se escapan a la atmósfera, así como los productos químicos nocivos que se filtran en el suelo, contaminando las fuentes de agua (Dawson, 2011). Los desechos de materias textiles también requieren espacio, creando la necesidad de mayores vertederos (Woolard, 2009). Así también, los desechos textiles representan un valor perdido que podría ser colocado de nuevo en la cadena de suministro textil como materia prima o insumo de componentes; cuando los materiales reciclados no están disponibles, nuevas materias primas son necesarias para satisfacer las necesidades de los fabricantes, requiriendo más energía

para ser procesadas (Woolard, 2009). Por lo que se requiere de parte de los fabricantes diseñar productos y métodos que desvíen estos flujos de desechos hacia otros productos o materias primas.

Los desechos de materias textiles fabricados con fibras a base de petróleo son un buen ejemplo: A medida que disminuye la oferta de crudo y aumenta la demanda, los costos aumentan. Todos los productos producidos a partir de petróleo crudo aumentarán continuamente en costo, incluyendo las resinas necesarias para producir fibras sintéticas; por lo que debemos volver los ojos hacia fibras naturales o desarrollar fibras sintéticas cuya base no sea el petróleo.

Una manera económica de reducir el costo de procesamiento es a través del uso de materiales reciclados. En términos de costos de oportunidad, los productos textiles reciclados pueden: 1) Proteger los recursos naturales; 2) ahorrar energía; 3) proteger el aire y agua de contaminación; 4) ahorrar espacio en los vertederos; y 5) ahorrar dinero (Wang, 2007).

Principios de Diseño Funcional

El primer paso para el desarrollo de productos textiles sostenibles y ecológicos son el de diseñar el producto de acuerdo a principios, metodologías y procedimientos que permitan, inicialmente, el diseño del producto de acuerdo a conceptos de funcionalidad y calidad.

En el actual entorno de un mercado altamente competitivo e incierto con ciclos de vida cortos de los productos, el desarrollo de productos no sólo debe cumplir con la calidad y la funcionalidad, sino también debe

asegurar de que a los productos se les incorporen valores innovadores. La creatividad juega un papel importante en el desarrollo de nuevos productos, pudiendo ser utilizada en la búsqueda de nuevas ideas para el diseño de productos innovadores. Hsiao y Chou (2004) desarrollaron un método de creatividad basado en la capacidad natural sensible de los seres humanos, proponiendo un proceso de diseño basado en la creatividad e integrando algunas metodologías de diseño sistemáticos con una herramienta de creatividad desarrollada. Para demostrar la viabilidad de este proceso de diseño, aplicaron el pensamiento evolutivo, el método de asociación sensual y otros enfoques sistemáticos para el proceso de diseño, dando por resultado una serie de soluciones conceptuales de productos.

Así también, los requisitos del consumidor juegan un papel importante en la obtención de las ventajas competitivas de las nuevas iniciativas de desarrollo de productos de una compañía. Para lograr estos fines, se ha desarrollado, por ejemplo, un nuevo procedimiento para vincular eficazmente las necesidades del cliente con las características de diseño de productos. El procedimiento implica un proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), que está adaptado para evaluar la importancia de las necesidades del cliente y una modelización estructural interpretativa (ISM, por sus siglas en inglés), técnica que se utiliza para hacer frente a la interdependencia de las necesidades del cliente con el fin de aclarar sus relaciones estructurales (Lin, Wang, & Chen; 2006).

La literatura reporta estudios de casos de ingeniería afectiva (affective engineering) que demuestran que para satisfacer las preferencias de los consumidores es nece-

sario una selección apropiada de la forma, el color y la textura de la superficie de los productos a diseñar, proporcionando una base para la ingeniería de producto. Childs, Agouridas, Barnes, y Henson, (2006) condujeron una investigación reuniendo dos corrientes de investigación, ingeniería de sistemas e ingeniería afectiva (Kansei), examinando las cuestiones y aspectos prácticos para controlar el atractivo del diseño y con el propósito de involucrar los factores humanos en el ciclo de vida del producto. Ellos determinaron que el desarrollo de nuevos productos que apoyan los procesos de diseño afectivo implican una iteración en un grado mucho mayor que los procesos en el diseño funcional. Se puede decir que en este caso, el desarrollo de producto es más un concepto en lugar de un requisito (Childs et al, 2006).

El diseño óptimo de nuevos productos que se adapten a los sentimientos, ideología y gustos de los consumidores, requiere no solo de una optimización del concepto-producto, sino también de la combinación de los factores humanos con los requerimientos de atracción y de diseño funcional. El análisis y diseño ecológico en el ciclo de vida de un producto es una importante herramienta en satisfacer varios requerimientos de los consumidores, desde los puntos de vista de sostenibilidad y ecología, así como de los aspectos de atracción y funcionalidad. Es aceptado ampliamente en la industria que el uso de materiales reciclados reduce la necesidad de materias primas y también minimiza la cantidad de residuos en el proceso de producción (Woolard, 2009). Por lo tanto, mediante el uso de materiales reciclados, el flujo total de material necesario para la producción de un producto puede ser reducido. Pero esto no es suficiente.

Eco-Diseño

Para desarrollar productos sostenibles ecológicos es necesario dar un paso más adelante del desarrollo de conceptos funcionales y visuales de nuevos productos, lo cual es posible alcanzar a través del diseño ecológico o eco-diseño. El diseño ecológico es una metodología que toma en cuenta las condiciones ambientales de los productos a desarrollar. Más de la mitad de los impactos ambientales se pueden evitar en el proceso de diseño de manera que durante todo el ciclo de vida de los productos estos son menos dañinos para el medio ambiente. Como metodología que integra criterios ambientales en el diseño de productos y servicios, la gestión de la innovación ambiental a través del eco-diseño tiene que ser considerada como parte de la definición estratégica de ambos, empresas y organismos públicos. Esta es una herramienta para lograr el desarrollo de productos textiles sostenibles ecológicos.

El diseño ecológico fue definido por Van der Ryn y Cowan (1996) como "toda forma de diseño que minimiza los impactos destructivos del medioambiente, mediante la integración de sí mismo con los procesos vivos." Por lo tanto, el diseño ecológico es una disciplina integradora de diseño ecológicamente responsable, que ayuda a conectar la dispersión de esfuerzos en la arquitectura verde, la agricultura sostenible, la ingeniería ecológica, la restauración ecológica y otros campos.

Como se ha afirmado, el diseño ecológico es un enfoque para el diseño de un producto, con especial consideración de los impactos ambientales de los productos durante su ciclo de vida. La evaluación del ciclo de vida de un producto se divide generalmente en la obtención, fabricación, uso y eliminación.

El uso del eco-diseño es una responsabilidad cada vez mayor para los desarrolladores de productos textiles, con una comprensión profunda de la huella ecológica que dejamos en el planeta. El desarrollo de una conciencia verde sobre la industrialización y el aumento de la población y su impacto en el medio ambiente han dado lugar al cuestionamiento de los valores de consumo. Es imprescindible la búsqueda de nuevas soluciones constructivas que respeten el medio ambiente y den lugar a una reducción en el consumo de materiales y energía (Segarra-Oña & De Miguel-Molina, 2011).

A medida que el ciclo de vida del producto es considerado desde una perspectiva integrada, los responsables del desarrollo, diseño, producción, marketing, compras y gestión de proyectos deben trabajar juntos en el diseño ecológico de productos, ya que tienen juntos la mejor oportunidad de predecir los efectos integrales que los cambios de diseño en un producto pueden provocar en el medio ambiente. Los aspectos ambientales que deben ser tomados en cuenta para cada etapa del ciclo de vida son:

- El consumo de recursos (energía, materiales, agua o área de tierra).
- Emisiones a la atmósfera, agua y tierra, como aspectos fundamentales para el medio ambiente y la salud humana.
- Otros, por ejemplo, ruido y vibraciones.

El incipiente desarrollo de la naturaleza del diseño ecológico se refirió inicialmente al "proceso de suma" del factor ambiental en el proceso de diseño, pero más tarde se centró en los detalles de la práctica de eco-diseño, tales como el sistema de productos

o producto individual o de la industria en su conjunto, con la inclusión de los modelos de ciclo de vida a través del consumo de energía y el flujo de materiales. Por lo tanto, el diseño ecológico se relaciona con la nueva asignatura interdisciplinaria de la ecología industrial. La ecología industrial significó ciertamente una herramienta conceptual emulando modelos derivados de los ecosistemas naturales y un marco para la conceptualización de los temas ambientales y técnicos (Barragan-Ferrer, Negny, Cortes-Robles, & Le Lann, 2012).

La integración de criterios ambientales han de tenerse en cuenta a la hora de tomar decisiones durante el proceso de desarrollo de productos (Brezet y Van Hemel, 1997; Byggeth y Hochschorner, 2006; Fuad-Luke, 2009), en las primeras etapas de desarrollo del producto, para lograr el objetivo de lograr un mayor grado de sostenibilidad (Karlsson & Luttrupp, 2006).

La necesidad de promover la aplicación del diseño ecológico a través de programas de formación en el ámbito de la empresa y a través de las acciones llevadas a cabo por los organismos nacionales ha sido destacada en el pasado (Brezet, 1997, Madge, 1997). Sin embargo, muchas empresas todavía no asumen que la parte eco en el diseño debe ser parte de su actividad diaria (O'Hare et al., 2010) y debe ser integrada en sus estrategias empresariales (Donnelly et al., 2006, Gold et al., 2010). Las organizaciones deben comunicar con claridad y eficacia a los equipos de proyectos así como a la alta dirección, cuál es el objetivo de las empresas mediante la inclusión de una sección dedicada a las repercusiones de los proyectos sobre el medio ambiente y la sostenibilidad (Petalá, 2010). Por otro lado, es muy sorprendente

te la falta de medidas de política industrial que no son promovidas por las instituciones estatales en este sentido (Santolaria et al., 2011, Ceschin y Vezzoli, 2010).

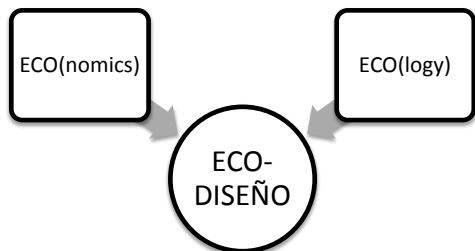
Como se entiende en realidad, el objetivo del eco-diseño es reducir el impacto medioambiental de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida. Por ciclo de vida entendemos todas las etapas de vida de un producto, desde la producción de componentes y materias primas para su producción, hasta la eliminación del producto una vez que se descarta. Una definición innovador fue hecho por Karlsson y Luttrupp (2006), poniendo de relieve los vínculos entre las empresas sociales, económicas y ambientales en el mapa lingüístico del eco-diseño (ver Figura 5) (Segarra-Oña & De Miguel-Molina, 2011).

Aunque el concepto ha sido ampliamente estudiado, en realidad, los principales desafíos que enfrentan las organizaciones en el siglo XXI, son tanto la necesidad de desarrollar productos sostenibles como generar beneficios de ellos y cómo esto afecta a su posición competitiva.

Varios autores han establecido que la competitividad es un proceso muy focalizado, sobre la base de grupos de empresas organizadas en torno a una o varias industrias afines que convergen (Porter, 1985, 1998, Grant, 1996, Mintzberg y Lampel, 1999). Otros afirman que la estrategia de una empresa debe estar basada en sus recursos y capacidades internas, y que estos factores deben prevalecer sobre el mercado (Grant, 1996).

De acuerdo con Grant (1996), las empresas deben ser competitivas basando su estrategia en los factores endógenos. La capacidad de respuesta de una empresa requiere un conocimiento profundo sobre el medio ambiente, así también sobre la función de la dirección y hasta qué grado la cultura de la organización afecta a la rentabilidad de la empresa y el retorno. Un uso correcto de las herramientas de diseño ecológico no sólo requiere de la disponibilidad de herramientas adecuadas, sino también una integración real de diseño ecológico en las operaciones operativas y comerciales (Dewulf y Duflou, 2004).

Figura 1.
Mapa lingüístico del eco-diseño.



Fuente: Elaboración propia

Los recursos y el enfoque de las capacidades (Wernerfelt, 1984; Peteraf, 1993; Hamel y Prahalad, 1994) surgen como una reinterpretación del entorno de la empresa, introduciendo el sistema de organización interna de la empresa, como aspectos a tener en cuenta al considerar las razones de la rentabilidad de una empresa. En esta línea, Plouffe et al. (2011) desenmarañaron las relaciones existentes entre los aspectos internos relacionados con la empresa, el concepto de diseño ecológico, entendido como una nueva filosofía y los aspectos económicos que representa.

En la mayoría de los casos, las cuestiones ambientales son vistas como ajenas a la empresa, como observaron Karlsson y Luttrupp, (2006), ya que estos dos enfoques, el externo o cuestión ambiental y el interno de la empresa, se han enfocado como alternativas diferentes para el estudio de la integración de diseños ecológicos, aunque otros autores piensan que ellos se complementan entre sí (Dewulf y Dufloy, 2004).

El proceso de globalización de la economía ha modificado la actividad productiva, mejorando el nivel de competitividad entre las empresas, lo que genera una reacción inmediata a fin de responder con éxito a esta nueva situación: la necesidad, para el sector industrial en una área específica, de mantener un alto nivel de competitividad, aunque en realidad poco se detalla el papel que desempeña el medio ambiente, las instituciones y las políticas económicas de un país en el éxito competitivo de algunos sectores, teniendo en cuenta la pro-actividad medioambiental y, de hecho, el diseño ecológico es un activo clave de diferenciación (Wimmer et al., 2004). El mantener conocimiento del final de vida de un producto es importante para reducir el impacto ambiental con la disposición final del producto y esto es en realidad un aspecto clave en la diferenciación en la competitividad al cual se deben centrar las empresas (Pigozzo et al., 2010, Schiavone et al., 2008).

La definición de competitividad ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Cohen, Teece, Tyson y Zysman (1984) afirman que la competitividad internacional se basa en la productividad y, por lo tanto, en la capacidad de una economía para mover productos hacia actividades con mayor productividad y un enfoque en la heterogeneidad existente

entre las empresas pertenecientes a la misma industria. Las empresas son realmente grupos de recursos y capacidades únicas que son la base de las ventajas competitivas (Penrose, 1959, Wernerfelt, 1984, Barney, 1991, Peteraf, 1993). En realidad, los aspectos relacionados con las cuestiones ambientales, y en especial las vinculadas con el diseño ecológico como reducción de costos, nuevos mercados y el lanzamiento de nuevos productos (Borchardt et al., 2011) se están convirtiendo en temas clave que no sólo dependen de los retos empresariales (Nidumolu et al., 2009), sino que afectan la detección de oportunidades de mercado con el proceso de desarrollo de nuevos negocios; esta afirmación es también una demanda de la sociedad actual (Hull y Rothenberg, 2008, Auger et al., 2010) y una declaración pública (Faber y Frenken de 2010, Juntti et al., 2009, Holzinger et al., 2008).

Incluso en la era de los medios de comunicación, todavía tenemos que considerar que la proximidad y la red social informal facilitan la transferencia de conocimiento tecnológico específico (Aufdretsch y Feldman, 1996, Baptista, 1998), el conocimiento acerca de las preferencias de los clientes (Von Hippel, 1988) y sobre los procesos (Helper, 1990, Saxennian, 1996). Todas estas variables que toman en cuenta también la orientación proactiva (Segarra et al., 2011) y el diseño ecológico (Santolaria et al., 2011) participan en la posición competitiva de una empresa. A su vez, las políticas públicas sobre el medio ambiente son capaces de afectar, al menos en parte, la tecnología, las condiciones del mercado y el marco regulatorio, mientras que las condiciones internas y otros aspectos inherentes de una empresa no son fácilmente influenciados directamente por las políticas públicas (Rubik, 2001).

Del Río et al. (2010) elaboró un marco integrado de políticas, incluidas las funciones de política y medidas concretas que se pueden implementar para mitigar las barreras a las innovaciones ecológicas que las empresas suelen enfrentar. En su opinión, la combinación de políticas ambientales y tecnológicas adaptadas a las diferentes barreras y características de las tecnologías podrían reforzar las acciones aisladas de las empresas.

La literatura científica ha identificado varias características distintivas en cuanto al efecto que el diseño ecológico tiene sobre las industrias. Borchardt et al. (2011) estudiaron la aplicación del eco-diseño en el sector del calzado en Brasil; se observó una reducción de costes del 10%, los materiales tóxicos fueron eliminados y también se notó una reducción en el consumo de energía. En el mismo tipo de estudio, Schiavone et al. (2008) llegaron a la conclusión de que la industria automotriz necesita de un análisis ambiental ampliado como fuente de información para identificar las mejores soluciones de diseño que traigan beneficio económico.

O'Hare et al. (2010) encontraron que la industria británica de aparatos eléctricos y electrónicos necesita adaptarse mejor a sus necesidades, y que la actual comprensión de las necesidades de los diseñadores de herramientas de diseño ecológico no puede ser directamente aplicable. En la misma línea, Dewulf y Duflou (2004) concluyeron que las iniciativas sectoriales pueden proporcionar incentivos para una mayor aplicación del eco-diseño en las empresas de hoy en día.

Otros autores que han estudiado aspectos específicos de la aplicación del diseño ecológico, por ejemplo Platcheck et al., (2008), se centran en la necesidad de contar con

una administración responsable industrial, donde todos los involucrados en el proceso tendrán obligaciones con la sostenibilidad.

Más estudios deben ser enfocados en el diseño ecológico dentro de la industria manufacturera y de sus necesidades para considerar una mejora en el comportamiento medioambiental a través del eco-diseño. Los beneficios de una actitud sostenible ecológica a través del eco-diseño han sido claramente identificados en el pasado, como son las mejoras de competitividad, reducción de costos, mejor imagen de las empresas y el desarrollo de nuevos productos atractivos al mercado. Lo que varios investigadores han señalado es que la industria necesita de herramientas de apoyo para la consecución de los objetivos de diseño ecológico. El diseño ecológico es un campo emergente en la investigación científica, que tiene como objetivo ayudar a las organizaciones a obtener un mejor rendimiento y coadyuvar en las decisiones públicas relacionados con el quehacer industrial.

Análisis del Ciclo de Vida

Dentro de este proceso de cambio en la dirección del desarrollo de productos, el análisis del ciclo de vida es una herramienta fundamental para lograr los beneficios reales de una acción sostenible y ecológica. Por lo tanto, es necesario desarrollar una metodología con el objetivo principal de evaluar los beneficios reales de la utilización de un análisis del ciclo de vida (LCA) simplificado en el proceso de diseño con respecto a las necesidades de las empresas, especialmente tipo PYME, como tiempo de salida al mercado y la calidad (Marco, Mandorli, y Germani; 2006). Ellos demostraron la mejora efectiva de los aspectos ambientales mediante la

sustitución del producto inicial con el uso de poliéster reciclado (RPET). La investigación demostró una interacción útil entre el LCA con la fase de diseño conceptual y una integración válida con los paquetes de software de diseño de soporte utilizados en el campo de moldeado por inyección.

Para un mejor análisis del ciclo de vida, investigaciones han sido conducidas utilizando modelos de proceso y de producto para la realización de LCA de los impactos ambientales de los materiales y productos, hecho estos a través de diferentes etapas de la fabricación, el uso y las opciones de fin de vida. Estos modelos han sido desarrollados como diagramas de flujo de procesos o como matrices de interacción de procesos (Hendrickson, Horvath y Joshi; 1998). La investigación demostró que en cualquiera de los modelos, el inventario de emisiones al medio ambiente y los recursos utilizados es comparable, siempre y cuando los modelos de procesos sean proporcionales en su naturaleza (cualquier aumento en la producción de productos produce una carga ambiental correspondiente). También se determinó que las representaciones de matrices son ventajosas si el costo de aplicación, el flujo de información o la velocidad de análisis es importante. Además, estas representaciones son útiles en conjunción con modelos integrales de equilibrio general, en el que los límites del sistema del problema que se analiza (por ejemplo, el LCA de un producto) están al nivel de la economía nacional (Hendrickson et al, 1998).

Ha habido esfuerzos recientes para la mejora de los análisis del ciclo de vida con el fin de mejorar los métodos de modelos ambientales en el diseño de productos. Esto se hace por:

- i. El cálculo de los factores de caracterización con modelos ambientales actualizados, y
- ii. Obtener una visión en la distribución de incertidumbre.

Los modelos ambientales actualizados y datos recolectados son necesarios para calcular los factores de caracterización que cubren una gran parte del medio ambiente mundial y que son de agregación entre las diferentes categorías de impacto. Van Zelm, Huijbregts, y van de Meent, (2007) establecieron una caracterización de nuevos factores para calcular la acidificación de los suelos forestales en Europa debido a las emisiones de amoníaco (NH₃), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂), así como para la salud de los habitantes europeos debido a las polución de partículas (PM₁₀) y el ozono. Fue establecido que el conocimiento de los rangos de incertidumbre de los datos de entrada para los factores de caracterización da una visión más clara de las posibilidades de aplicación y lagunas de información de factores de caracterización en los análisis de impacto del LCA.

En el desarrollo del concepto de evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida (LCSA), se reconocen las contribuciones hechas por investigaciones e iniciativas pasadas. Una de estas iniciativas ha sido la serie ISO 14040: Gestión ambiental - Evaluación del ciclo de vida - Principios y marco, que además de la ISO 26000: Norma de Responsabilidad Social Orientación, y la aportación de una serie de iniciativas internacionales han sido esencial para el desarrollo del LCSA. El ciclo de vida de un producto implica flujos de materia, energía y dinero. Sin embargo, la imagen no está completa a menos que se observen también los impactos de la producción y el

consumo a todos los actores a lo largo de la “cadena de valor” - los trabajadores, las comunidades locales, los consumidores y la sociedad misma (Valdivia y Sonnemann; 2011). Diferentes técnicas de evaluación del ciclo de vida permiten a las empresas evaluar el impacto de sus decisiones de compra y métodos de producción a lo largo de los diferentes aspectos de esta cadena de valor. Una evaluación ambiental del ciclo de vida (LCEA) examina los impactos potenciales al medio ambiente como resultado de la extracción de recursos, el transporte, la producción, uso, reciclaje y desecho de productos; el coste del ciclo de vida (LCC) se utiliza para evaluar las implicaciones del costo de este ciclo de vida y la evaluación social de ciclo de vida (LCA-S) examina las consecuencias sociales (UNEP, 2003). Sin embargo, con el fin de obtener el cuadro completo es vital para extender el pensamiento del ciclo de vida actual se deben abarcar los tres pilares de la sostenibilidad: (i) medio ambiente, (ii) economía y (iii) sociedad. Esto significa llevar a cabo una evaluación basada en los temas ambientales, económicos y sociales mediante la realización de una evaluación general del ciclo de vida sostenible (LCSA).

Para profundizar y maximizar los resultados de los LCA de productos, otras herramientas han sido desarrolladas como los análisis de cuna a tumba, cuna a portón y cuna a cuna; estos son métodos utilizados para reducir al mínimo el impacto ambiental de los productos mediante el empleo de una producción sostenible, funcionamiento y prácticas de eliminación de desechos, los tienen como objetivo incorporar la responsabilidad social en el desarrollo de productos. El análisis de los impactos de un producto desde el principio de sus procesos de recolección de fuentes de materias primas, hasta el final de su

vida útil, en donde la etapa de eliminación final de su vida útil para el producto puede ser una eliminación apropiada de los desechos o, de preferencia, el reciclado (Puettmann, y Wilson, 2005).

Sistemas de Circuito Cerrado de Reciclaje

La recolección y reciclado de los desechos de productos está también ganando interés en el mundo de los negocios y la investigación. La creciente preocupación ecológica y el avance de la gestión en la cadena de suministro verde (GrSCM, por sus siglas en inglés), sus conceptos y prácticas hacen que sea más relevante. Srivastava (2008) propuso una red de IL compuesta de centros de acopio y dos tipos de instalaciones de reproceso creados por fabricantes de equipos originales para algunas categorías de devoluciones de productos bajo diversas restricciones de servicios estratégicos, operativos y de atención al cliente en el contexto de la India. Un marco conceptual holístico integrado fue establecido, combinando un modelo descriptivo con técnicas de optimización a nivel metodológico (Srivastava, 2008).

Es ampliamente aceptado que las devoluciones de productos en la mayoría de categorías siguen siendo inferiores a la escala de las operaciones necesarias para alcanzar la “masa crítica” para convertir la re-manufactura económicamente viable. Kroon y Vrijens (1995) consideraron un amplio dominio de GrSCM en un contexto sencillo de reciclado de recipientes vacíos. Jayaraman, Guide & Srivastava (1999) consideraron los costos por unidad de re-manufactura y las limitaciones de almacenamiento de las instalaciones en su modelo de cadena de suministro de circuito cerrado. Jayaraman, Patterson & Rolland (2003) consideraron las capacida-

des de re-manufactura de las instalaciones en su modelo de IL. Srivastava (2008) consideró variables y parámetros hasta la primera etapa de reacondicionamiento para optimizar el diseño de instalaciones; así, el modelo desarrollado decide incluso la decisión de disposición para un grado particular de producto en un lugar determinado durante un período de tiempo particular, integrando la RL y la recuperación del valor del producto.

Una metodología que recientemente ha tomado fuerza es la del sistema de circuito cerrado de cadenas de suministro (CLSC, por sus siglas en inglés), que se centran en recolectar productos de los consumidores y recuperar el valor agregado mediante la reutilización de la totalidad del producto y/o algunos de sus módulos, componentes y partes. En los últimos 15 años, las cadenas de suministro de circuito cerrado han ganado una considerable atención en la industria y el mundo académico. Hoy en día se define el CLSC como:

El diseño, control y operación de un sistema para maximizar la creación de valor a lo largo del ciclo de vida completo de un producto con una dinámica de recuperación de valor de los diferentes tipos y volúmenes de los rendimientos a lo largo del tiempo. (Guide, & Van Wassenhove, 2009).

Además, existe una atención cada vez mayor de desarrollar estrategias de gestión ambiental para las cadenas de suministro. La literatura reporta diferentes trabajos investigativos de los factores involucrados en la creación de sistemas de circuitos cerrados de reciclaje (CLRS, por sus siglas en inglés), el diseño de estos sistemas y los retos que las compañías han tenido que enfrentar. Se

ha analizado y evaluado que las empresas pueden agregar valor a su operación estableciendo CLRS en asociación con organizaciones ecológicas comunitarias sin fines de lucro (Kumar & Malegeantz, 2006). Ellos demostraron que este tipo de operaciones puede mejorar la competitividad de las empresas y mejorar su rentabilidad, como lo demuestran las experiencias de compañías como Xerox, Mercedes Benz, Phillips, Volkswagen, IBM, Genco, entre otras.

En relación a las industrias de textiles y de confección, la gestión de los desechos y el reciclaje es uno de los problemas actuales más importantes. Millones de toneladas de textiles, incluyendo prendas de vestir desechadas, son llevadas a los vertederos cada año, mientras que parte de estos desechos y productos podrían ser reutilizables (Anyiko, Kalumba, & Bagampadde, 2011). Frente a estos problemas, es importante desarrollar estrategias y crear herramientas que reduzcan no sólo la contaminación sino también el consumo y los residuos textiles. Desechos de textiles han aumentado significativamente debido al crecimiento rápido de una moda muy cambiante, y que se desarrolla conforme con los estándares de calidad y bajo precio. Este proceso anima a los consumidores a tener una gran cantidad de ropa y descartarlas rápidamente. Estas, a su vez, se van a los vertederos porque ya no están de moda, están dañadas o no se venden, convirtiéndose en recursos desperdiciados si no se reciclan. Pero el reciclaje de prendas u otros artículos textiles no es en absoluto tan simple. Su complejidad se inicia en las etapas implícitas de planificación y logística de este proceso, los cuales son: 1) Recolección y transporte, 2) identificación y separación, 3) desmontaje y aplastado, 4) lavado o limpieza, y 5) pre-producción de ma-

terias primas secundarias (Morais, Carvalho & Broega, 2000).

En ese esfuerzo por reciclar textiles, Anyiko et al (2011) investigaron la idoneidad de residuos de alfombras fibroso como un material de refuerzo de suelos. Concluyeron que la inclusión de fibras de la alfombra dentro de las muestras de tierra da una mayor cohesión al suelo hasta en un 27%. También determinaron que la cohesión del suelo aumenta con la longitud de la fibra y la concentración de fibra, aunque la fibra del soporte de la alfombra presenta un mayor aumento de la cohesión del suelo que la fibra de la alfombra en sí. Además recomendaron que este método de refuerzo del suelo pudiera ser empleado para mejorar la capacidad de soporte de lechos de cimentación tales como bases de carreteras y terraplenes, y que la reutilización de los residuos de alfombra también pudiera reducir los volúmenes de materiales destinados a vertederos.

Demanda de Mercado de Productos Textiles Ecológicos Sostenibles

Para que las empresas textiles puedan establecer un viraje en el desarrollo de productos dentro de parámetros sostenibles y ecológicos, es imprescindible no solo determinar los impactos ambientales reducidos con esta nueva política de desarrollo, sino también los beneficios económicos que la introducción al mercado de estos productos le pueda producir.

La sostenibilidad ha estado en el centro de cada campaña de comercialización durante muchos de los pasados años (Malhotra, 2010). Así también, los consumidores conscientes han mostrado su disposición a pagar mayores precios por productos sostenibles.

El concepto de producción ética y responsable, así como el consumo se ha convertido en una parte integral de las políticas económicas y sociales de los gobiernos en muchos países. Los sectores textil y de la confección, debido a su impacto ambiental y social son un objetivo preciso del movimiento de la sostenibilidad (Pandey et al, 2010). Como la demanda de productos ecológicos ha evolucionado de una manera muy importante en el mercado (Cone, 2008; Memon, 2010), los fabricantes de prendas de vestir, textiles y los minoristas están tratando de satisfacer esta necesidad a través de productos textiles amigables al medio ambiente en América del Norte, Europa y Asia. El objetivo principal es reducir los efectos de la huella de carbono' que la humanidad entera ha producido sobre el planeta, incluyendo el uso de fibras y tejidos ecológicos, tintes naturales y productos acabados no tóxicos (Malhotra, 2010).

El debate sobre los productos ecológicos se inició en 1970 con un enfoque en procesos de producción industrial, como el suministro de energía, y en temas como la contaminación del aire (Adria, 2011). En la década de 1980, una visión más integral surgió, abarcando los productos y su impacto ambiental durante su ciclo de vida, es decir, la extracción de materias primas, la fabricación, uso y disposición final (Adria, 2011). Muchos países han adoptado normas y requisitos ambientales que restringen el uso de productos químicos nocivos en la producción de textiles y prendas de vestir - éstas son obligatorias e impuestas por leyes y reglamentos.

Ciertamente, los consumidores son cada vez más conscientes de los efectos negativos de la contaminación y enfermedades

relacionadas con los textiles. Así se reporta en la literatura un aumento considerable en la aceptación de los productos ecológicos en el sector textil, registrado por parte de los consumidores (Broshdahl & Carpenter, 2010). La creciente demanda de productos eco ambientales ha llevado a los fabricantes a adoptar el proceso de la etiqueta ecológica, sobre todo en la industria textil. Un área importante de preocupación práctica en los productos textiles y prendas de vestir ha sido cómo pueden los productos sustentables distinguirse y reconocerse con claridad. Las etiquetas textiles sostenibles (también conocidos como etiquetas ecológicas) se han desarrollado para informar a los consumidores sobre las condiciones ambientales y sociales en que se produjeron, para que ellos puedan tomar una decisión informada. Por otra parte se proporcionan a los productores un incentivo para diseñar y comercializar textiles sostenibles (Dod et al, 2012). Etiquetas de sostenibilidad son, por lo tanto, no sólo un medio para reducir los impactos ambientales y sociales de los textiles, sino también una herramienta de marketing, cuyo uso eficaz de los cuales conduce a un mejor acceso a los mercados de exportación. Por lo general, estas etiquetas son elegidas y utilizadas para la comercialización de los productos sobre la base de las propiedades amigables con el medio ambiente. Las etiquetas ecológicas son comúnmente emitidas por los Gobiernos u organismos independientes una vez que el producto ha sido aprobado por el cumplimiento de los criterios establecidos por ellos. Los criterios para las etiquetas ecológicas se basan principalmente en la investigación del ciclo de vida del producto (Dodd et al, 2012).

La mayoría de las etiquetas “definen a un textil ecológico en el proceso de cuna a

tumba (cradle to grave), en la que el enfoque se centra en el producto (su impacto y eliminación) y el proceso (ciclo de vida del producto)”. Estos se traducen en términos reales en fibras textiles, procesos y productos químicos, el uso del producto y los aspectos sociales de producción. La mayoría de las etiquetas ponen especial atención a la calidad del producto y varían según la naturaleza o del uso de la ropa (Sawhney & Frtzshe, 2008).

Sin embargo, no está claro si la preocupación declarada por el medio ambiente se traduce directamente en el comportamiento de compra real de productos ecológicos entre los consumidores. Parece que la preocupación por el medio ambiente por sí sola no puede ser suficiente para motivar a los consumidores a buscar productos ecológicos (Broshdahl & Carpenter, 2010). Mientras que el conocimiento de los impactos ambientales de los productos textiles y de la confección no afecta directamente el comportamiento de consumo respetuoso del medio ambiente, el conocimiento influye en la preocupación ambiental. Por lo tanto, la preocupación por el medio ambiente sirve de mediador entre el conocimiento y el comportamiento (Broshdahl & Carpenter, 2010).

Los consumidores son la clave para decidir el éxito de los productos de sostenibilidad (Cooper, 2010). Hay una brecha entre lo que los consumidores dicen que están dispuestos a pagar por productos sostenibles y lo que en realidad pagan, motivados por el escepticismo que existe acerca de las declaraciones medioambientales engañosas y sin verificar. En esta situación, las etiquetas precisan de fortalecer la confianza en los productos, mejorar la simetría de información

entre productores y consumidores, y en última instancia pueden conducir a precios más altos de productos sostenibles ecológicos. La creciente conciencia ambiental de los consumidores es un factor fundamental para ofrecer productos textiles ecológicos en los mercados de exportación y domésticos. Los consumidores rigurosamente juzgan a los textiles por el impacto ambiental y social causado por su consumo (Pandey et al, 2010).

Los consumidores quieren precisamente ver una sostenibilidad real en el caso de la producción de productos textiles. Esto se traduce en procesos de producción que no contaminen, empleando sustancias químicas menos dañinas, consumiendo menos energía y teniendo prácticas éticas de trabajo (Staff, 2009). Características adicionales y relacionadas con la sostenibilidad en el caso de los productos textiles son que las materias primas sean de materiales reciclables. No obstante, conviene no olvidar que la calidad de estampado, color y textura siguen siendo también válidos en la elección de los consumidores por productos textiles. Por otra parte, hay que tener en mente que los consumidores estarán más dispuestos a pagar precios más altos por textiles sostenibles que tienen una reputación de marca en el mercado (Nieminen-Kalliala, 2003).

Los incentivos para obtener etiquetas sostenibles son enormes para los actores vinculados a la cadena de valor textil (Sawhney & Frtzshe, 2008). Si el mercado se desarrolla para la venta y consumo de textiles sostenibles, las perspectivas de rentabilidad de la inversión son muy seguras. La respuesta favorable en los mercados podría llevar a contratos de suministro de productos sostenibles de alta calidad a largo plazo; los

acuerdos con proveedores preferidos son un ejemplo a este respecto. Las tendencias del mercado de destacar las perspectivas positivas de las etiquetas de sostenibilidad están en aumento. Los fabricantes que adoptan las etiquetas ecológicas tienen beneficios adicionales tanto externos (cuota de mercado, por ejemplo) e internos (por ejemplo, ahorro de costes, aumento de la calidad del producto, reducción de los impactos ambientales, entre otros. El poder de mercado atribuido a los productores con etiquetas ecológicas (por ejemplo, si un producto puede tener un precio más alto o más cuota de mercado) es un indicador de éxito.

La eliminación del sistema de cuotas en el marco de la OMC en 2005, dio lugar a un aumento de la demanda con normas ambientales más estrictas en el mercado global. Los productores que deseen mantener su existencia y expansión en los mercados internacionales se ven obligados a adoptar eco-etiquetas para su gama de productos textiles y prendas de vestir para lograr la aceptación de sus productos por los consumidores internacionales. El Acuerdo Multilateral de Fibra (MFA) fue el marco legal bajo el cual algunos países desarrollados impusieron restricciones como las cuotas, por volumen o valor, a las importaciones de textiles y prendas de vestir a los países de origen. El MFA fue puesto inicialmente en vigor el 1 de enero 1974 durante cuatro años. Sin embargo, continuó hasta 1994 hasta que se dio la Ronda de Negociaciones Comerciales Multilaterales del Acuerdo sobre Textiles y Vestuario (ATV) en Uruguay. El ATV trató de eliminar todas las restricciones de cuotas a los textiles en cuatro fases repartidas en un período de diez años, entre enero de 1995 y el 1 de enero de 2005. El 1 de enero de 2005 marcó el fin de las restricciones de

cuotas para todos los países en desarrollo con excepción de China, que enfrentó restricciones de cuotas hasta enero del 2008 (Staff, 2008).

Como resultado del levantamiento de las restricciones de cuotas, los países en desarrollo han superado a Europa y EE.UU. en las exportaciones de textiles. Europa y los EE.UU. tienden a importar más textiles creando un déficit comercial para ellos - una tendencia que sigue en aumento hoy en día. La penetración de las importaciones ha aumentado considerablemente, pasando del 12 por ciento en 1990 al 23 por ciento en 1999 para los textiles, y del 30 por ciento en 1990 al 46 por ciento en 1999 para la ropa. De 1995 a 2005, las importaciones de productos textiles de la Unión Europea (UE-27) aumentaron de 16 mil millones de euros a 30 mil millones de euros, representando un 2,2 por ciento del valor total de las importaciones. En general, las importaciones europeas de productos textiles y prendas de vestir aumentaron un 11,3 por ciento entre 2002 y 2005, compensado por una disminución en las exportaciones de la UE. El valor de las importaciones totales se incrementó en un 1,4 por ciento entre 2001 y 2004 para los textiles y el 15 por ciento para la ropa (Staff, 2008).

Después de China, la UE es el segundo mayor exportador en el mundo de productos textiles en términos de valor, y sigue dominando los mercados mundiales para los productos textiles de alta calidad. Suiza es el mercado de exportación más importante (12,3% del total exportado), seguido por los EE.UU. (10,0%), Rusia (9,4%), Turquía (6,8%) y Túnez (4,9%). En lo que respecta a las importaciones, los principales proveedores de la UE en 2010 en términos de valor fueron Chi-

na (41,8%), seguida por Turquía (13,3%), India (7,8%), Bangladesh (7,2%) y Túnez (3,1%) (Staff, 2008).

Según IMPRO (2009), el consumo total de los textiles en la UE-27 en términos de peso fue estimado en 9, 547,000 toneladas de productos textiles de los cuales 6, 754,000 toneladas fueron de ropa y textiles, y 2,793,000 toneladas fueron de textiles para interiores. El consumo total corresponde a una media de 19,1 kg por ciudadano y año (Staff, 2008).

El 71% son textiles prendas de vestir: tops, pantalones y ropa interior son los elementos más importantes que cubren más del 78% del mercado de ropa. El 29% son textiles para el hogar, de los cuales revestimientos de suelos claramente dominan el mercado (38%).

La demanda de textiles ecológicos ha crecido rápidamente en los últimos 2-3 años, ya que los nombres de marcas reconocidas han establecido especificaciones de protección ambiental, seguridad laboral, salud y saneamiento. El blanqueo y los acabados químicos, que representan el 80% de los procesos de producción de textiles, así como la eliminación de residuos requieren de inspección o verificación del país de origen. Bajo esta perspectiva, los productos usados que son degradables a los 2-3 años son considerados verde.

Dentro de este marco de consumo de textiles ecológicos, ha sido reportado un incremento del 19.4% en el consumo de algodón orgánico, basado en los datos reportados por los usuarios de algodón orgánico los cuales fueron superiores en el 2010 y 2011. Así también, se reporta que para el 2012 se

pronosticó un incremento del 32% en el uso de algodón orgánico y sus productos. Es de hacer notar que el 69 por ciento del crecimiento proviene de tres de los principales consumidores de algodón orgánico (McCloskey et al, 2012).

Aunque el suministro de productos y los precios al detalle siempre varían al estimar el tamaño de mercado, basado en las tasas de crecimiento, las ventas al detalle en el 2011 alcanzaron un estimado de \$6.8 mil millones de dólares americanos. Si el crecimiento continúa a la misma velocidad, el mercado alcanzará la cifra de más de \$9 mil millones (McCloskey et al, 2012) en el 2013. Esto es una prueba visible de que el sector eco-textil ha crecido impresionantemente en los últimos diez años.

Sin embargo, dos aspectos deben ser evaluadas hoy en día: Mientras que la mayoría de las empresas procesadoras de algodón orgánico quieren seguir desarrollando el sector ecológico, las zonas de cultivo en los países productores están disminuyendo. El 81% de las empresas que participaron en una encuesta realizada por la organización Textile Exchange está pensando en ampliar su producción de algodón orgánico. Es de hacer notar, por otro lado, que la cantidad de zonas cultivadas en 2011 cayó por primera vez en un apreciable 37%. El factor decisivo fue probablemente precios de producción inadecuados, los cuales no han recompensado suficientemente los esfuerzos de los agricultores y el trabajo adicional implicado, el cual es sustancial. La producción, por lo tanto, sólo se aumentará cuando más empresas productoras de textiles estén de acuerdo en pagar un precio más justo, y así estar a favor de un incremento de precios a nivel de los productores (McCloskey et al, 2012).

Conclusiones

Esta revisión de literatura ha mostrado que existe actualmente un creciente interés a nivel de consumidores, organizaciones civiles y gubernamentales para el desarrollo de productos textiles sostenibles ecológicos. Pese a la crisis económica global que ha afectado las economías europeas y norte americanas, el mercado de productos orgánicos, eco-productos, y otras denominaciones con las que estos nuevos textiles son etiquetados ha visto un desarrollo sostenible en los últimos años.

Las empresas textiles y de confección tienen a su disposición una gama extensa de posibilidades para la transformación de la industria hacia nuevos paradigmas sostenibles y ecológicos. Dentro de estas herramientas se encuentran el eco-diseño que puede ser utilizado en combinación con el diseño funcional, nuevas prácticas de ingeniería de procesos con enfoque ecológico, reciclaje, amplia oferta de insumos orgánicos, no tóxicos para el consumo humano y amigable al medio ambiente.

Un aspecto importante que reporta la literatura es la posibilidad de implementar programas de reciclaje de residuos textiles para lograr la sostenibilidad del medio ambiente. El reciclaje de los residuos textiles puede servir como un medio de proporcionar soluciones para muchos problemas económicos y ambientales, tales como el alto costo de la eliminación de residuos y la disminución de los recursos naturales (Cuc & Vidovic, 2011). Hay beneficios para los tres aspectos que definen la sostenibilidad: económicos, sociales y ambientales, pero también hay

aspectos negativos que tratar. El reciclaje de los residuos puede proporcionar enormes beneficios, especialmente en la solución de los numerosos problemas ambientales y fortalecer la economía de un país (McGill, 2009). Para cuantificar los posibles beneficios ecológicos y los efectos económicos del reciclaje de residuos textiles, se ha propuesto un marco de referencia para el modelaje que hace equilibrio entre los costos de la IL y CLRS de los desechos textiles, y sus efectos en el consumo de materias vírgenes, la reducción de uso de la tierra, aumento del empleo y las ganancias de textiles re-usables (McGill, 2009).

En conclusión, las empresas textiles y de confección están en la posibilidad de dar un viraje de 180° en sus métodos de diseño y producción de productos textiles para alejarse del estigma de unas industrias contaminadoras, cuya falta de sostenibilidad ha sido reportada en la literatura reciente por el uso de materias primas de recursos no renovables, consumo excesivo de agua y uso de químicos altamente contaminantes. El mercado de productos textiles sostenibles ecológicos está en franco desarrollo, y la conciencia ecológica de los consumidores está en incremento en la medida que se observan los daños causados por el cambio climático.

Notas

*José A. González, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Francisco Gavidia, San Salvador, El Salvador. Correo electrónico: Betio.Gonzalez@gmail.com.

1. A measure of the total amount of carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) emissions of a defined population, system or activity, considering all relevant sources, sinks and storage within the spatial and temporal boundary of the population, system or activity of interest. Calculated as carbon dioxide equivalent (CO₂e) using the relevant 100-year global warming potential (GWP₁₀₀) (Wright, Kemp, and Williams, 2011)

Bibliografía

Adria, O. (2011). Guide to Sustainability Labelling and Certification in Textile and Fashion (Guía para el Etiquetado de Sostenibilidad y Certificación en Textiles y Moda). Wuppertal, Germany: UNEP/Wuppertal Institute Collaborating, Centre on Sustainable Consumption and Production (CSCP).

Anyiko, F., Kalumba, D., & Bagampadde, U. (2011). Investigation of the suitability of recycled carpet fibre as a soil reinforcement material (Investigación de la aptitud de la fibra de alfombra reciclada como material de refuerzo de suelos). En Recopilación de Ponencias de la 2da. Conferencia Internacional en Avances en Ingeniería y Tecnología (pp. 388-395). Del 30 al 31 de enero de 2011. Entebbe, Uganda: Universidad de Makerere.

- Aufdretsch, D. and Feldman, M. (1996). R&D spillovers and the geography of innovation and production (Derrames de I&D y la geografía de innovación y producción). *American Economic Review*, 86 (3), 630-640.
- Auger, P., Devinney, T. M., Louviere, J. J. and Burke, P. F. (2010). The importance of social product attributes in consumer purchasing decisions: A multi-country comparative study (La importancia de los atributos de productos sociales en las decisiones de compra de los consumidores: un estudio comparativo de varios países). *International Business Review*, 19 (2), 140-159.
- Azar, C., Holmberg, J. & Lindgren, K. (1996). Socio-ecological indicators for sustainability (Indicadores socio-ecológicos para sostenibilidad). *Ecological Economics*, 18, 89-112.
- Baptista, R. (1998). Clusters, innovation and growth: a survey of the literature (Clusters, innovación y crecimiento: una revisión de la literatura), in Swann, Prevezer y Stout, Ed., *The dynamics of industrial clustering*. Oxford University Press.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage (Recursos firmes y ventaja competitiva sostenida). *Journal of Management*, 17, 99-120.
- Barragan-Ferrer, J., Negny, S., Cortes-Robles, G., and Le Lann, J.M. (2012). Eco-innovative design method for process engineering (Eco-método de diseño innovador en ingeniería de procesos). *Computers and Chemical Engineering*, 45, 137-151.
- Borchardt, M., Wendt, M. H., Pereira, G. M. and Sellitto, M. A. (2011). Redesign of a component based on eco-design practices: environmental impact and cost reduction achievements (Rediseño de un componente basado en las prácticas de diseño ecológico: impacto ambiental y los logros de reducción de costos). *Journal of Cleaner Production*, 19, 49-57.
- Bossel, H. (2001). Assessing viability and sustainability: a systems-based approach for deriving comprehensive indicator sets (La evaluación de la viabilidad y sostenibilidad: un enfoque basado en sistemas para derivar conjuntos integrales de indicadores). *Conservation Ecology*, 5 (2): 12. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol5/iss2/art12/>
- Brezet, H. (1997). Dynamics in ecodesign practice (Dinámicas en la práctica de eco-diseño). *Industry and environment*, 20, (1-2), 21-4.
- Brezet, H. and Van Hemel, C. (1997): Ecodesign: A promising approach to sustainable production and consumption (Eco-diseño: Un enfoque prometedor para la producción y el consumo sostenibles). UNEP. <http://www.unepie.org/home.html>.
- Broshdahl, D.J.C., & Carpenter, J.M. (2010). Consumer knowledge of the environmental impact of textile and apparel production, concern for the environment, and environmentally friendly consumption behavior (Conocimiento del consumidor del impacto ambiental de la producción textil y de prendas de vestir, la

- preocupación por el medio ambiente y el comportamiento de consumo amigable al medio ambiente). *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 6 (4), 1-9.
- Burger, J.R., Allen, C.D., Brown, J.H., Burnside, W.R., & Davidson, A.D. (2012). The macroecology of sustainability (La macroecología de la sostenibilidad). *PLoS Biology*: e1001345. doi:10.1371/journal.pbio.1001345.
- Byggeth, S. and Hochschorner, E. (2006). Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement (Manejo de las compensaciones en las herramientas de diseño ecológico para el desarrollo sostenible de los productos y la contratación). *Journal of Cleaner Production*, 14 (15-16), 1420-1430.
- Ceschin, F. and Vezzoli, C. (2010). The role of public policy in stimulating radical environmental impact reduction in the automotive sector: the need to focus on product-service system innovation (El papel de las políticas públicas para estimular la reducción radical del impacto ambiental en el sector del automóvil: la necesidad de centrarse en la innovación del sistema producto-servicio). *International Journal of Automotive Technology and Management*, 10 (2-3), 321-341.
- Childs, T., Agouridas, V., Barnes, C., & Henson, B. (2006). Controlled Appeal Product Design: a Life Cycle Role for Affective (Kansei) Engineering (Diseño de producto de atracción controlada: Una función de ciclo de vida para ingeniería afectiva (Kansei). En *Recopilación de Ponencias del 13avo. Simposio Internacional en Ingeniería de Ciclo de Vida* (pp. 537-542). Del 31 de mayo al 2 de junio de 2006. Leuven, Bélgica.
- Cohen, S.; Teece, D.; Tyson, L.; Zysman, L. (1984). Competitiveness in global competition. The new reality, vol. II (La competitividad en la competencia global. La nueva realidad, vol. II). Working Papers of the President's Commission on Industrial Competitiveness.
- Comisión Mundial en Medio Ambiente y Desarrollo (1987). *Our Common Future -The Brundtland Report* (Nuestro Futuro Común). New York: United Nations. Report transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 - Development and International Cooperation: Environment.
- Cooper, W.D. (2010). Textile and apparel supply chain for the 21st Century (Textiles y la cadena de suministro en el Siglo XXI). *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 6 (4), 1-10.
- Cuc, S., & Vidovic, M. (2011). Environmental Sustainability through Clothing Recycling (Sostenibilidad del medio ambiente a través del reciclaje de ropas). *Operations and Supply Chain Management*, 4, (2/3), 108-115.
- Dawson, T. (2011). Progress towards a greener textile industry (Progreso hacia una industria textil más ecológica). *Coloration Technology*, 128, 1-8. DOI: 10.1111/j.1478-4408.2011.00346.x
- Del Rio, P., Carrillo-Hermosilla, J. and Konnola, T. (2010). Policy Strategies to

- Promote Eco-Innovation (Estrategias políticas para promover la innovación ecológica). *Journal of Industrial Ecology*, 14 (4), 541-557.
- Dewulf, W. and Duflou, J. R. (2004). Integrating eco-design into business environments. A multi-level approach (La integración de eco-diseño en el ámbito empresarial. Un enfoque multi-nivel), in Talabo, D. and Roche, T. (Eds.), *Product Engineering*, 55-76. Springer.
- Dodd, N., Cordella, M., Wolf, O., Waidløw, J., Stibolt, M., & Hansen, E. (February 2012). Revision of the European Ecolabel and Green Public Procurement Criteria for Textile Products (La revisión de la etiqueta ecológica europea y criterios verdes para la Contratación Pública de Productos Textiles). Sevilla, Spain: European Commission (Preliminary Report DG JRC (IPTs) 2012).
- Donnelly, K., Beckett-Furnell, Z., Traeger, S., Okrasinski, T. and Holman, S. (2006). Eco-design implemented through a product-based environmental management system (Eco-diseño aplicado a través de un sistema de gestión ambiental basado en el product). *Journal of Cleaner Production*, 14, 15-16.
- Ehrenfeld, J.R. (2004). Can Industrial Ecology be the “Science of Sustainability”? (¿Puede la ecología industrial convertirse en la ciencia de la sostenibilidad?) *Journal of Industrial Ecology*, 8 (1/2), 1-3.
- Esty, D.C., & Porter, M.E. (1998). *Industrial ecology and competitiveness (Ecología industrial y competitividad)*. Faculty Scholarship Series. Paper 444. http://digitalcommons.law.yale.edu/fss_papers/444 (Descargado el 21/01/2013)
- Faber, A., Frenken, K. (2010). Models in evolutionary economics and environmental policy: Towards an evolutionary environmental economics (Los modelos de la economía evolutiva y la política de medio ambiente: Hacia una economía ambiental evolutiva). *Technological Forecasting and Social Change*, 76 (4), 462-470.
- Fleischmann, M. (2000). *Quantitative models for reverse logistics (Modelos cuantitativos para la logística inversa)*. Disertación doctoral. Rotterdam, Holanda: Erasmus University Rotterdam.
- Frosch, R.A. (1992). *Industrial ecology: A philosophical introduction (Ecología industrial: Una introducción filosófica)*. *Proceedings of the National Academy of Science*, 89, 800-803.
- Fuad-Luke, A. (2009): *The Eco-Design Handbook: A Complete Sourcebook for the Home and Office*, 3rd ed. London: Thames & Hudson.
- Gleich, V.A., Haum, R. & Petschow, U. (2004). Guiding principles for sustainability (Principios rectores para la sostenibilidad). *Ökologisches Wirtschaften*, 5, 29-30.
- Gleick, P. H. (2000). *The World's Water, the Biennial Report on Freshwater Resources (El agua del mundo, el reporte bienal en los recursos de agua fresca)*. Island, Washington, DC.

- Economic History, 19, 153-162.
- Gold, S., Seuring, S. and Beske, P. (2010). Sustainable Supply Chain Management and Inter-Organizational Resources: A Literature Review (Sustainable Supply Chain Management y entre organizaciones Recursos: una revisión bibliográfica). *Corporate Socially Responsible Environmental Management*, 17, 230-245.
- Grant, R. M. (1996). Toward a knowledge based theory of the firm (Hacia una teoría basada en el conocimiento de la empresa). *Strategic Management Journal*, 17, 109-122.
- Guide, V.D., & Van Wassenhove, L.N. (2009). The evolution of closed-loop supply chain research (La evolución de la investigación de la cadena de suministro de circuito cerrado). *Operations Research*, 57 (1), 10-18.
- Gunderson, L. H., Pritchard, L. (2002). Resilience and the behavior of large-scale systems (Resiliencia y comportamiento de sistemas de larga escala). Island, Washington, DC.
- Hamel, G. and Prahalad, C.K., (1994). Competing for the future (Compitiendo por el future). *Harvard Business Review*, 72 84), 122-128.
- Helper, S. (1990). Comparative supplier relations in the U.S. and Japanese auto industries: An exit voice approach (Relaciones comparativas de proveedores en los EE.UU. y las industrias japonesas de automóviles: un enfoque vocal saliente). *Business Economic History*, 19, 153-162.
- Hendrickson, C., Horvath, A., & Joshi, S. (1998). Economic Input-Output Models for Environmental Life-Cycle Assessment (Modelos económicos de entrada/salida para la evaluación del ciclo de vida medioambiental). *Policy Analysis*, 32 (7), 184-191.
- Hertin, J., Turnpenney, J., Jordan A., Nilsson, M., Russel, D. & Nykvist, B. (2009). Rationalising the policy mess? Ex ante policy assessment and the utilization of knowledge in the policy process (¿Racionalizar el lío de políticas? Ex ante la evaluación de políticas y la utilización del conocimiento en el proceso de políticas). *Environment and Planning A*, 41, 1185-1200.
- Holzinger, K., Knill, C. and Sommerer, T. (2008). Environmental policy convergence: The impact of international harmonization, transnational communication, and regulatory competition (Convergencia política ambiental: El impacto de la armonización internacional, la comunicación transnacional, y una competencia regulatoria). *International Organization*, 62, 553-587.
- Hsiao, S., & Chou, J. (2004). A creativity-based design process for innovative product design (Una creatividad basada en proceso de diseño para el diseño de productos innovadores). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34, 421-443.
- Hull, C. E. and Rothenberg, S. (2008). Firm performance: the interactions

- of corporate social performance with innovation and industry differentiation (Desempeño de la empresa: la interacción entre el rendimiento social de la empresa con la innovación y la diferenciación de la industria). *Strategic Management Journal*, 29,
- Hussey, C., Sinha, P., & Kelday, F. (2009). Responsible design: Re-using/recycling of clothing (Diseño responsable: Reutilización/reciclaje de ropas). En *Recopilación de Ponencias de la 8va. Conferencia de la Academia Europea de Diseño*, del 1 al 3 de abril de 2009. Aberdeen, Escocia: Universidad Robert Gordon.
- Jayaraman, V., Guide, V.D.R., & Srivastava, R. (1999). A closed-loop logistics model for remanufacturing (Un modelo de logística de circuito cerrado para la re-fabricación). *Journal of the Operational Research Society* 1999,50 (5), 497–508.
- Jayaraman V., Patterson R.A., & Rolland E. (2003). The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures (El diseño de las redes de distribución de reversa: modelos y procedimientos de soluciones). *European Journal of Operational Research*, 150 (1), 128–49.
- Jelinski, L.W., Graedel, T.E., Laudise, R.A., McCall, D.W., & Patel, C.K.N. (1992). Industrial ecology: Concepts and approaches (Ecología industrial: Conceptos y enfoques). *Proceedings of the National Academy of Science*, 89, 793-797.
- Juntti, M., Russel, D. and Turnpenny, J. (2009). Evidence, politics and power in public policy for the environment (Evidencia, política y poder en las políticas públicas para el medio ambiente). *Environmental Science & Policy*, 12, 3, 207-215.
- Karlsson, R. and Luttrupp, C. (2006). EcoDesign: what's happening? An overview of the subject area of EcoDesign and of the papers in this special issue (Ecodiseño: ¿qué está pasando? Una visión general del área de diseño ecológico y de los artículos de este número especial). *Journal of Cleaner Production*, 14, 1291-1298.
- Kates, R.W., Clark, W.C., Corell, R., Hall, J.M., Jaeger, C.C., Lowe, I., McCarthy, J.J., Schellnhuber, H.J., Bolin, B., Dickson, N.M., Faucheux, S., Gallopin, G.C., Gruebler, A., Huntley, B., Jäger, J., Jodha, N.S., Kaspersen, R.E., Mabogunje, A., Matson, P., Mooney, H., Moore III, B., O'Riordan, T. & Svedin, U. (2000). *Sustainability Science. Research and Assessment Systems for Sustainability* (Ciencia de la sostenibilidad. Sistemas de investigación y evaluación para la sostenibilidad). Program Discussion Paper 2000-33. Cambridge, MA: Environment and Natural Resources Program, Belfer Center for Science and International Affairs, Kennedy School of Government, Harvard University [Research Working Paper RWP00-018].
- Kroon, L., & Vrijens, G. (1995). Returnable containers: an example of reverse logistics (Envases retornables: Un ejemplo de la logística inversa). *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25 (2), 56–68.

- Kumar, S., & Malegeant, P. (2006). Strategic alliance in a closed-loop supply chain: A case of manufacturer and eco-non-profit organization (Alianza estratégica en la cadena de suministro de circuito cerrado: Un caso de un fabricante y una organización sin fines de lucro y ecológica). *Technovation*, 26, 1127-1135.
- Lin, M., Wang, C., & Chen, T. (2006). A strategy for managing customer-oriented product design (Una estrategia de gestión orientada al cliente en diseño de producto). *Concurrent Engineering*, 14 (3), 231-244.
- Mace, G.M. (2012). The limits to sustainability science: Ecological constraints or endless innovation? (Los límites de la ciencia de la sostenibilidad: ¿Restricciones ecológicas o innovación sin fin?) *PLoS Biology*, 10 (6), 1-2
- Madge, P. (1997). Ecological design: A new critique (Ecological Design: una nueva crítica). *Design Issues*, 13 (2), 44-54.
- Malhotra, N. (2010). Sustainable textiles for sustainable development (Textiles sostenibles para desarrollo sostenible). New Delhi, India: All India Artisans and Craftworkers Association (AIACA), India. Project Progress Sheet.
- Marco, R., Mandorli, F., & Germani, M. (2006). LCA as eco-design tool to support the development of injection moulded products (LCA como una herramienta de eco-diseño para apoyar el desarrollo de productos moldeados por inyección). En *Recopilación de Ponencias del 13avo. Conferencia Internacional en Ingeniería de Ciclo de Vida* (pp. 645-650). Del 31 de mayo al 2 de junio de 2006. Leuven, Bélgica.
- Matthews, J.H. & Boltz, F. (2012). The shifting boundaries of sustainability science: are we doomed yet? (Los límites cambiantes de la ciencia de la sostenibilidad: ¿Estamos ya condenados?) *PLoS Biology* 10: e1001344. doi:10.1371/journal.pbio.1001344.
- McCloskey, H., Walker, S., & Truscott, L. (2012). 2011 Organic Cotton Market Report (Reporte del Mercado de algodón orgánico 2011). Bristol, UK: Textile Exchange (downloaded on 13/03/2013).
- McGill, M. (2009). Carbon footprint analysis of textile reuse and recycling (Análisis de la huella de carbono en la reutilización y el reciclado textil). Tesis de Maestría en Ciencias. Londres, GB: Imperial College London, Faculty of Natural Sciences, Centre for Environmental Policy.
- Memon, N.A. (2010). Textile finishing: Increased demand for Eco-friendly products (Acabados textiles: demanda incrementada por productos amigables al medio ambiente). *Pakistani Textile Journal*. 58 (4), 46-47.
- Mintzberg, H. and Lampel, J. (1999). Reflecting on the strategic process (Reflexionando sobre el proceso estratégico). *Sloan Management Review*, 40 (83), 21-30.
- Morais, C., Carvalho, C., & Broega, C. (2000). Methodology of eco-design in the fashion cycle: Reuse and recycling of wasted clothing (Metodología de eco-diseño en el ciclo de la moda: Reutilización y reciclaje de desechos de ropas). En *Recopilación de Ponencias*

- del Sexto Congreso Internacional de Investigación en Diseño. Del 10 al 12 de octubre de 2011. Lisboa, Portugal: Fundación Calouste Gulbenkian.
- Nidumolu, R., Prahalad, C. K. and Rangaswami, M. R. (2009). Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation (¿Por qué la sostenibilidad es ahora el principal motor de la Innovación). *Harvard Business Review*, 87 (9), 56-64.
- Nieminen-Kalliala, E. (2003). Environmental indicators of textile products for ISO (Type III) environmental product declaration (Indicadores ambientales de productos textiles para la ISO (tipo III) declaración ambiental de producto). *AUTEX Research Journal*, 3 (4), 206-218.
- O'Hare, J., Dekoninck, E., McMahon, C. and Turnbull, A. (2010). Adapting innovation tools to the eco-innovation requirements of industry: case study results (Adaptación de herramientas de innovación a los requisitos de eco-innovación de la industria: los resultados de un caso de estudio). *International Journal of Design Engineering*, 3 (2), 172-194.
- Palmer, M. et al (2004). Ecology for a crowded planet (Ecología para un mundo sobrepoblado). *Science*, 304 (May 28), 1251-1252.
- Pandey, B., Mathur, N., Khanna, T., & Trikha, D. (2010). Sustainable textiles for sustainable development. Market research study – India (Textiles sostenibles para un desarrollo sostenible. Estudio de investigación de mercado – India). New Delhi, India: Traidcraft Exchange, All India Artisans and Craftworkers Association (AIACA), and Consortium of Textile Exporters (COTEX).
- Penrose, E.T. (1959). The theory of the growth of the firm (La teoría del crecimiento de la empresa). New York: John Wiley.
- Petala, E., Wever, R., Dutilh, C. and Brezet, H. (2010). The role of new product development briefs in implementing sustainability: A case study (El papel de los nuevos alegatos de desarrollo de productos en la aplicación de la sostenibilidad: un estudio de caso). *Journal of Engineering and Technology Management*, 27 (3-4), 172-182.
- Peteraf, M. A. (1993). The cornerstone of competitive advantage: A resource based-view (La piedra angular de la ventaja competitiva: un punto de vista basado en recursos). *Strategic Management Journal*, 14, 179-191.
- Pigosso, D., Zanette, E. T., Filho, A. G., Ometto, A. R. and Rozenfeld, H. (2010). Ecodesign methods focused on remanufacturing (Métodos de diseño ecológico centrado en remanufactura). *Journal of Cleaner Production* 18, 21-31.
- Platcheck, E.R., Schaeffer, L. Kindlein Jr., W. and Candido, L.H.A., (2008). Methodology of ecodesign for the development of more sustainable electro-electronic equipments (Metodología de ecodiseño para el desarrollo de equipos electro-electrónicos más sostenibles). *Journal of Cleaner Production*, 16, 75-86.
- Plouffe, S., Lanoie, P., Berneman, C. and Vernier, M. F. (2011). Economic

- benefits tied to ecodesign (Beneficios económicos atados al eco-diseño). *Journal of Cleaner Production*, 19 (6-7), 573-579.
- Porter, M. (1985). *Competitive advantage (Ventaja competitiva)*, The Free Press, New York, USA.
- Porter, M. (1998). *Clusters and the new economics of competition (Clusters y la nueva economía de la competencia)*. *Harvard Business Review*, 76 (6), 77-90.
- Princen, T. (2003). *Principles for sustainability: From cooperation and efficiency to sufficiency (Principios para la sostenibilidad: De cooperación y eficiencia a la suficiencia)*. *Global Environmental Politics*, 3 (1), 33-50.
- Puettmann, M.E., & Wilson, J.B. (2005). *Life-cycle analysis of wood products: Cradle-to-gate LCI of residential wood building materials (Análisis del ciclo de vida de los productos de madera: Análisis LCI cuna-a-puerta de materiales residenciales de madera de construcción)*. *Wood and Fiber Science*, 37, 18-29.
- Remmen, A., Jensen, A., & Frydendal, J. (2007). *Life cycle management: A business guide for sustainability (Gestión de ciclo de vida: Una guía de negocios para la sostenibilidad)*. Copenhagen, Dinamarca: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).
- Rubik, F. (2001). *Environmental sound product innovation and Integrated Product Policy (Innovación de productos adecuados al medio ambiente y política de productos integrada)*. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1, 219-232, 2001
- Santolaria, M., Oliver-Solà, J., Gasol, C. M., Morales-Pinzón, T. and Rieradevall, J. (2011). *Eco-design in innovation driven companies: perception, predictions and the main drivers of integration. Spanish example (Eco-diseño en las empresas basadas en la innovación: la percepción, las predicciones y los motores principales de la integración. Ejemplo español)*. *Journal of Cleaner Production*, doi: 10.1016/j.jclepro.2011.03.009
- Sawhney, P., & Fritzsche, K. (2008). *Market information and suggested roadmap for the successful placing on the European market of eco-labelled textiles from India (Información de mercado y plan de trabajo propuesto para la consolidación en el mercado europeo de etiqueta ecológica textil de la India)*. Discussion paper at the national Workshop on Eco-labelling held in Jaipur, India on 23-24 June 2008.
- Saxenian, A. (1996). *Regional advantage: Culture and competition in Silicon Valley and Route 128 (Ventaja regional: Cultura y competición en el Valle del Silicón y la Ruta 128)*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Schiavone, F., Pierini, M., Ecker, V. (2008). *Strategy-based approach to eco-design: An innovative methodology for systematic integration of ecologic/economic considerations into product development process (Enfoque basado en estrategia hacia el eco-diseño: una metodología innovadora para la integración sistemática de*

- las consideraciones ecológicas/económicas en el proceso de desarrollo de productos). *International Journal of Sustainable Design*, 1 (1), 29 – 44.
- Segarra-Oña, M. & De Miguel-Molina, M. (2011). A review of the literatura on eco-design in the manufacturing industry (Una revision de literature sobre el eco-diseño en la industria manufacturer). *Review of Business Information Systems*, 15 (5), 61-67.
- Segarra-Oña, M., Peiró-Signes, A., Albors-Garrigós, J. and Miret-Pastor, L. (2011). Impact of Innovative Practices in Environmentally Focused Firms: Moderating Factors (Impacto de las prácticas innovadoras en empresas ambientalmente enfocadas: Moderación de los factores). *International Journal of Environmental Responsibility*, 5(2), 425-434.
- Srivastava, S.K. (2008). Network design for reverse logistics (Diseño de redes de logística inversa). *The International Journal of Management Science*, 36, 535-548.
- Staff (September 2009). Stakeholders Consultation on Eco-friendly and Sustainable Textiles (Consulta de partes interesadas sobre textiles sostenibles y eco-amigables). New Delhi: India International Centre.
- Staff (2008). Textiles: Background product report (Textiles: Reporte de product de fondo). Brussels, Belgium: European Commission, DG Environment. Toolkit developed for the European Commission by ICLEI - Local Governments for Sustainability.
- UNEP (2003). Evaluation of environmental impacts in life cycle assessment (Evaluación de los impactos ambientales en la evaluación del ciclo de vida). Paris, France: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). Reporte de Reuniones: Bruselas, Bélgica, 29-30 de noviembre de 1998, y Brighton, UK, 25-26 de mayo de 2000.
- Valdivia, S., & Sonnemann, G. (2011). Towards a life cycle sustainability assessment. Making informed choices on products (Hacia una evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida. Haciendo decisiones informadas sobre los productos). Copenhagen, Dinamarca: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (ISBN: 978-92-807-3175-0, Número de Trabajo: DTI/1412/PA).
- Vander Ryn, S. & Cowan, S. (1996). *Ecological Design (Diseño ecológico)*. Island Press, Washington, DC, p.18.
- Van Zelm, R., Huijbregts, M., & van de Meent, D. (2007). LCA: Improvement of environmental modeling methods in Life-Cycle Impact Assessment (LCA: Mejora de los métodos de modelado ambiental en la evaluación del impacto del ciclo de vida). SETAC Globe, 11 (Julio-Agosto), 23-25.
- Von Hippel, E. (1988): "The sources of innovation". Cambridge; Cambridge University Press.
- Wang, Y. (2007). Carpet fiber recycling technologies (Tecnologías del reciclado de fibras de alfombras). En Youjiang Wang (Ed.), "Recycling in Textiles." Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.

- Wernerfelt, B. (1984). A resource – based view of the firm (Un punto de vista basado en recursos de la compañía). *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.
- Wimmer, W., Züst, R., Kun-Mo, L. (2004). *Ecodesign Implementation. A Systematic Guidance on Integrating Environmental Considerations into Product Development (Implementación de eco-diseño. Una guía sistemática sobre consideraciones ambientales integrativas dentro del desarrollo de productos)*. Springer, Alliance for Global Sustainability Bookseries, Vol. 6.
- Woolard, R. (2009). *Logistical Model for Closed Loop Recycling of Textile Materials (Modelo logístico para el reciclaje de circuito cerrado de materiales textiles)*. Tesis de Maestría en Ciencias. Raleigh, NC: Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSU).
- Wright, L., Kemp, S., & Williams, I. (2011). Carbon footprinting: Towards a universally accepted definition (Huella de carbono: hacia una definición universalmente aceptada). *Carbon Management 2 (1)*: 61–72. doi:10.4155/CMT.10.39.