

## Índice

1. Introducción.....	3
2. El Papel del Poliéster en el Sector del Calzado.....	3
3. Descripción Técnica del Proceso de Reciclado Químico.....	4
4. Descripción de las Fases del Proyecto.....	6
5. Impacto Medio Ambiental.....	10
6. Impacto Socio-Económico.....	12

LIFE-ECOTEX: Demostración del reciclado de residuos de calzado de naturaleza poliéster en nuevos productos textiles utilizando la tecnología de glicólisis catalítica



## 1. Introducción

El proyecto LIFE-ECOTEX (<http://www.life-ecotex.eu/index.php/es>) es la unión de innovación e industria para implementar la economía circular e impulsar el reciclaje de materiales hasta ahora desechados. Financiado por la Unión Europea en la convocatoria Life 2015 (LIFE15 ENV/ES/000658) en el topic 'Resource Efficiency, Green and circular economy – implementing the circular economy', el principal objetivo del consorcio formado por los centros tecnológicos GAIKER y CTCR, y las empresas Eko-REC, Logrotex y Beta Group, es revalorizar los residuos de PET del sector del calzado que actualmente no forman parte de ningún plan de reutilización ni de reciclado, por lo que son llevados a vertederos.

La fracción en la que se centra el proyecto LIFE-ECOTEX, dentro del gran espectro de materiales utilizados en la fabricación de calzado, es el poliéster, utilizado habitualmente y en varias partes del zapato, por lo que genera residuos en grandes volúmenes. Para poder volver a introducirlos en la cadena de producción, se ha optado por el reciclaje químico debido a la dificultad que presenta el material para ser reciclado mecánicamente y el bajo valor de los productos obtenidos (downcycling). Mediante el reciclaje químico se obtiene una granza de PET con las características necesarias para producir fibra de poliéster, posteriormente tejido no-tejido y finalmente, plantillas para calzado (upcycling).

Cerrando así el ciclo del residuo de poliéster, el reciclado químico se presenta como la solución para un residuo complicado. Gracias a este método, se consigue un producto de calidad y con infinitud de usos, no solo en el sector del calzado.

## 2. El Papel del Poliéster en el Sector del Calzado

El sector del calzado en España utiliza una gran variedad de materiales para la fabricación de su producto. Mayormente compuesto por material textil, los materiales más utilizados son el poliéster (47%), la poliamida (24%), la espuma de poliuretano (19%) y el algodón (8%). La diversidad de estas materias primas está estrechamente relacionada con las diferentes partes de un zapato y la función que debe desempeñar. Debido a esto, el poliéster es de los materiales más utilizados porque presenta una excepcional resistencia al plegado y tiene una gran capacidad de mantener su forma original, a la vez que es suave al tacto y presenta un mantenimiento sencillo para el

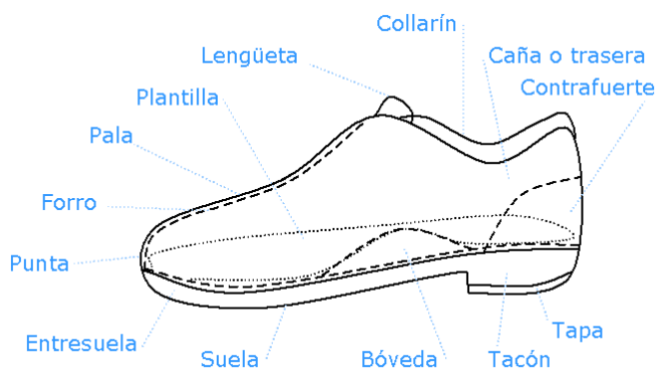


Imagen 1. Partes de un zapato

gran consumidor, lo que lo hacen idóneo para la mayor parte de las partes del calzado como el collarín, la lengüeta, la plantilla, la pala, el forro, la punta y la caña, como se muestran en la Imagen 1.

Directamente relacionado al aumento de la utilización de poliéster está el aumento del residuo generado de estas características. Gracias a los estudios del CTCR, se sabe que en España, a día de hoy, se generan 10.300tn/año de residuos en el sector del calzado. Un 30% se corresponde a materiales textiles, de los cuales un 11% son de poliéster.

Un 7% del poliéster utilizado en la producción de calzado se pierde en la fabricación de cada componente del zapato, generando residuos en forma de recortes. Su reutilización es complicada teniendo en cuenta que habitualmente este residuo se encuentra combinado con otros materiales, incluyendo colas o similares para adherirlos. Estas mismas razones impiden que se pueda reciclar mecánicamente, ya que este método no tiene gran efectividad a la hora de retirar ciertos contaminantes y reducen la calidad del producto final.

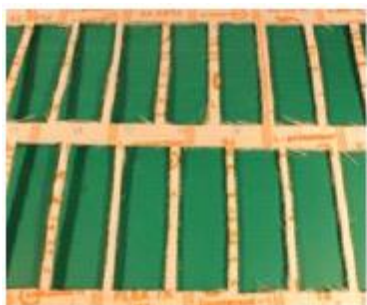


Imagen 2. Rechazos de plantillas de calzado

Pero el poliéster no solo se utiliza en el sector del calzado. Debido a sus características, la utilización del material en el sector textil es crucial. La elasticidad, la durabilidad, la resistencia a la abrasión, al moldeo y a la decoloración que presentan estas fibras, junto con la gran adaptación que poseen a la hora de ser mezcladas con fibras naturales, hacen del poliéster la segunda mayor familia de plásticos producidos en términos de cantidad. En la UE en 2009 se fabricaron 1,75Mt de poliéster textil divididos en el sector de la moda (43.5%), de interiorismo (33%) y de aplicación industrial (23.5%).

El proyecto LIFE-ECOTEX pretende demostrar a nivel semi-industrial que es posible reciclar químicamente estos residuos para obtener nuevas materias primas de suficiente calidad para reintroducirlas en el mismo sector, en el caso del textil, tan exigente. Para ello, el proyecto se centra en las 45tn/año producidas en la región autónoma de La Rioja, fuertemente influenciada por la producción de calzado, sirviendo como ejemplo práctico y transferible a otros sectores, con la finalidad de validar el método utilizado.

### 3. Descripción Técnica del Proceso de Reciclado Químico

Dependiendo de las características químicas de los residuos plásticos y de la finalidad de los productos de reacción, existen distintos procesos de reciclado químico. Dentro de estos procesos se puede distinguir entre: procesos térmicos de pirólisis y gasificación, y procesos de solvólisis.

El método de reciclaje químico utilizado en el proyecto LIFE-ECOTEX es el proceso de solvólisis. Este proceso se puede dividir en dos etapas: una despolimerización mediante solvólisis catalítica vía glicólisis de los residuos textiles de tipo poliéster y una posterior polimerización del monómero obtenido en el proceso inicial con el objetivo de conseguir finalmente PET con una calidad igual al del material virgen y muy superior a la obtenida en el reciclado mecánico.

La solvólisis es la despolimerización química del polímero por ruptura de las cadenas poliméricas mediante agentes químicos, generalmente en presencia de un catalizador, en unas condiciones de proceso controladas y es aplicable a los polímeros de condensación

como los poliésteres. Los polímeros son cadenas largas de monómeros unidos por los enlaces químicos que se pretenden romper con este método. En el caso del proyecto, el disolvente utilizado es un glicol, y un catalizador alternativo a las habituales sales de cinc. Debido a la utilización de etilenglicol como agente químico, la solvólisis se determina glicólisis, ya que también existe la posibilidad de utilizar otros agentes químicos y cambiando así el nombre del método, por ejemplo hidrólisis si se emplea agua o metanólisis si se emplea metanol.

En esta reacción de despolimerización de poliéster vía glicólisis se obtiene el monómero químico (bis-(2-hidroxietil)tereftalato (BHET). Para obtener un monómero de mayor pureza posible variables como la temperatura, el tiempo de reacción, la agitación y las relaciones residuo-disolvente-catalizador son importantes. Si estas no son las ideales, junto con los contaminantes que acompañarán al residuo inicial de poliéster, puede haber dímeros (dos monómeros unidos), trímeros (tres monómeros unidos) y oligómeros (cadenas cortas de monómeros). El conjunto de los productos de la reacción forman la mezcla de reacción, una mezcla de polvo fino blanco y etilenglicol.

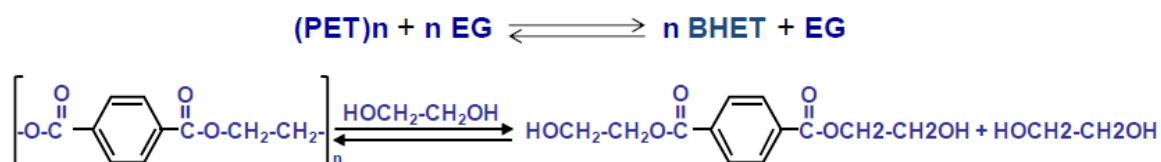


Imagen 3. Reacción química de glicólisis de poliéster

Para poder utilizar el monómero en la posterior polimerización del mismo y obtener un producto final de calidad es necesario purificarlo de los contaminantes. Este es un factor clave a la hora de comparar el proceso con el reciclado mecánico. También es de crucial importancia la recuperación del etilenglicol y el secado del monómero. La recuperación del disolvente permite que este sea reutilizado ya que como producto final de reacción, no se ve afectado, evitando la generación de grandes cantidades de residuos de difícil gestión.

Una vez el monómero BHET está purificado se procede a polimerizarlo por condensación en estado fundido. A una temperatura mayor de 250°C, con constante vacío, se polimeriza el BHET a PET. El etilenglicol generado se recupera para posteriores glicólisis. Una vez obtenida la viscosidad intrínseca deseada se detiene la reacción y se procede a la extrusión de granza de PET. En el caso del proyecto, teniendo en cuenta las características que debe cumplir el PET para la fabricación de fibra de poliéster, una vez obtenida la viscosidad intrínseca de 0,65 se ha detenido la reacción y se ha producido granza cristal de PET. Otro parámetro determinante para conocer la calidad del PET polimerizado, que está estrechamente relacionado con la viscosidad intrínseca, es el peso molecular de las cadenas de monómero obtenidas. Estos datos nos indican la efectividad de la polimerización, ya que al aumentar el número de monómeros unidos a la cadena, aumenta el peso molecular.



Imagen 4. BHET Purificado

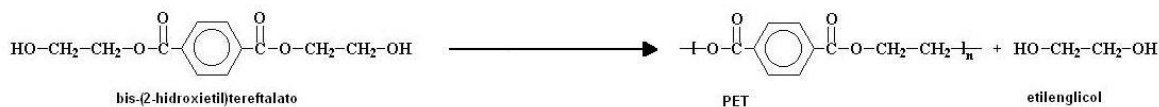


Imagen 5. Reacción de polimerización

Este método de reciclado presenta ciertas ventajas frente a otros procesos de reciclado tanto químico como mecánico. Por un lado, la pureza del PET obtenido es comparable a una granza virgen pudiendo ser utilizada en variedad de productos incluso de los sectores más exigentes, ya que no solo elimina contaminantes difíciles de separar por cualquier proceso mecánico, sino que da pie a polimerizar el monómero obteniendo el peso molecular deseado. Por otro lado, la utilización del monómero BHET no es exclusiva de la polimerización de PET, ampliando el abanico de polímeros que se pueden producir, como por ejemplo, poliuretanos o resinas insaturadas de poliéster.

#### 4. Descripción de la Fases del Proyecto

Basándose en la tecnología mencionada en el anterior apartado, en este proyecto se pretende demostrar la viabilidad tanto industrial como económica y social de este sistema de reciclado. Por ello, se parte de residuos complicados y que se conoce con certeza que actualmente no están siendo reutilizados ni reciclados debido a las características tan específicas que presentan. Gracias a la colaboración del CTCR, se ha obtenido acceso a 1 tonelada de residuos en forma de recortes de plantillas de seguridad, las cuales presentan poliéster como su principal componente. Pero para la introducción de estas materias primas en el reactor para ser despolimerizadas se requiere de un acondicionamiento previo.



Imagen 6. Planta piloto reactor

Los procesos que se ha seguido para que estos residuos se conviertan en materias primas han sido de transformación en su forma física. El primer paso ha consistido

en realizar un triturado de los recortes para obtener tamaños de materia prima menores y más uniformes, haciendo viable la alimentación al reactor. Por desgracia, los residuos son muy ligeros, por lo que el segundo paso a tomar ha sido la densificación de este residuo triturado para aportarle densidad y evitar problemas de atascos en la introducción del material en el proceso de reciclado.

Una vez realizado el acondicionamiento, el residuo se convierte en materia prima, dando paso al proceso de reciclado químico explicado con anterioridad. El proceso ha sido desarrollado en el centro tecnológico GAIKER-IK4 (Zamudio), líder del proyecto,

centrándose en la fase de despolimerización para la obtención de BHET, y la fase de polimerización ha sido llevada a cabo por el departamento de Ingeniería Química de la UPV-EHU (San Sebastián), en concreto el Grupo de Materiales + Tecnología, ambos contando con el apoyo del resto del consorcio. Como se ha especificado, el producto final a obtener es PET ya que es un polímero versátil en sus usos comerciales. En el marco del proyecto se ha pretendido presentar un ejemplo de economía circular de manera más estricta en su definición, por lo que se ha elegido el mismo producto de entrada y de salida en el ciclo, las plantillas de poliéster.



Imagen 7. Planta producción de fibra

Para poder obtener la plantilla primero es necesario fabricar fibra de poliéster corta. Parte de la actividad de Eko-REC (Andoain) es la producción de este tipo de fibra, pero actualmente partiendo de materias primas exclusivamente de reciclado mecánico. En el caso del proyecto se han realizado dos producciones distintas, incluyendo escama multicolor de botellas de PET, la materia prima utilizada habitualmente en la fabricación de fibra en la empresa.

La principal razón de mezclar la granza obtenida con escama de

botella es conseguir una materia prima con las características idóneas para la extrusión de la fibra. No partiendo de un método consolidado de reciclaje químico, a la hora de plantear el proyecto se decidió mezclar la granza con otro material que sí se sabe con certeza que cumple requerimientos de viscosidad y calidad para la producción de fibra, con el fin de asegurar la introducción de la granza en la producción industrial.

El proceso de producción de fibra comienza con el secado y la cristalización del material. Para ello, la mezcla de materia prima es introducida en un secador con corriente de aire caliente de dos a tres horas. Posteriormente es extruido en forma de hilos y estirado hasta obtener el diámetro de hilo deseado. Para poder estirar el hilo y que este no quede rígido los rodillos que realizan esta tarea se encuentran atemperados. Para evitar que los hilos calientes se unan entre sí se sumerge la fibra en un baño que contiene una mezcla de agua y ensimaje. Para poder transformarlo en tejido no-tejido es necesario rizar la fibra mediante un sellado en caliente. El último paso consiste en cortar la fibra a la longitud deseada. Para que el corte no modifique el rizado de la fibra esta se deja reposar hasta que la fibra se atempera. Tras el baño de ensimaje y en el proceso de reposo, la fibra se seca para retirar la humedad de la mezcla de ensimaje que pueda interferir en usos posteriores, o en este caso, la producción de no-tejidos.

Esta acción se lleva a cabo en las instalaciones de LOGROTEX en La Rioja. La demostración consistirá en transformar los diferentes tipos de fibra de poliéster que contienen PET químicamente reciclado, en tejidos no-tejidos y fieltros. Con la fibra se pretende fabricar dos prototipos: telas no-tejidas de 650-800 g/m<sup>2</sup> para la producción de plantilla de calzado y fieltro no-tejido de 1500 g/m<sup>2</sup> y 60 mm de espesor para la producción de paneles aislantes.

Basándose en el diseño de especificaciones de producto realizado por el consorcio, LOGROTEX combinará diferentes tipos de fibras (viscosa, algodón, lana, polipropileno, poliéster bi-componente, etc.) con los dos tipos diferentes de fibra de poliéster obtenidos en varios ratios. Se fabricará una pequeña serie previa de 5m de tejido para validar las

nuevas propiedades del material y permitir la producción de una serie completa de prototipos.

La tecnología utilizada para la producción de la tela destinada a las plantillas es el Punzonado. Esta tecnología permite unir mecánicamente la red de fibras sueltas por medio de agujas que aglutinan y entrelazan las fibras, formando una tela. Las agujas se mueven en sentido alternativo, subiendo y bajando a altas velocidades penetrando en la red y entrelazando las fibras. Esto se obtiene por que el perfil de las agujas no es regular si no que están provistas de unas espigas o salientes en dirección a su sentido de penetración, lo cual hace penetrar a las fibras sin llevárselas en su movimiento de retroceso. Adicionalmente, la máquina se ajustará considerando parámetros como resistencia a la flexión, carga de tracción máxima y extensibilidad, propiedades geométricas y fricción.



Imagen 8. Método de Punzonado

La tecnología Airlaid será utilizada para producir no-tejidos para luego transformarlos en prototipos de paneles de aislamiento. La tecnología Airlaid utiliza fibras termoplásticas para unir las fibras que forman una red, y así aumentar la resistencia y la integridad del tejido. La red debe contener fibras de unión sintética (generalmente de dos componentes con polietileno y polipropileno). Después de la compactación, la red se transporta a un horno que ablanda y funde el recubrimiento de las fibras hasta que se fusionan. Para finalizar el proceso, la red se ajusta al grosor correcto, se enfría y es transportada al sistema de corte/rebobinado.

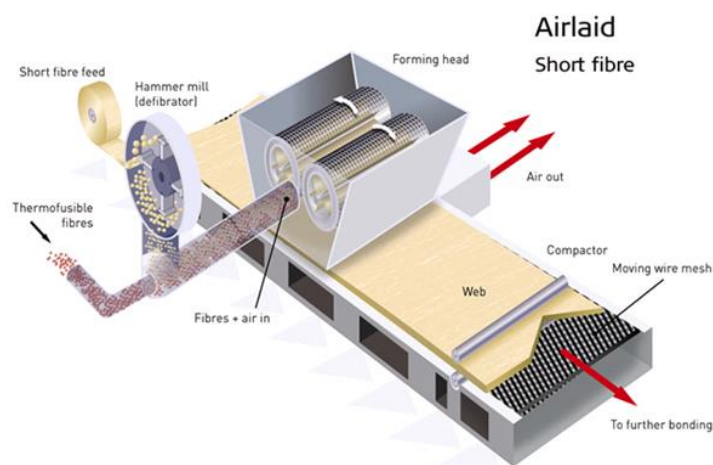


Imagen 9. Tecnología Airlaid

La validación industrial de los productos textiles consistirá en la realización de determinadas pruebas bajo los requerimientos legales para asegurar que las propiedades

finales alcanzadas cumplan con las regulaciones. Esta actividad se llevará a cabo entre España y Portugal.

Para validar las plantillas de calzado se realizarán pruebas de certificación de requisitos legales (resistencia eléctrica, absorción de energía, permeabilidad al vapor de agua, resistencia a la abrasión, absorción de agua y desorción de la plantilla y resistencia al desgarro).

En el caso de las plantilla, una vez fabricados los prototipos para nuevos tejidos no-tejidos, se fabricarán sus prototipos industriales. La validación implicará la fabricación de plantillas de calzado comercializables para integrarse como componente de un calzado comercial para cualquier tipo de zapato de hombre, mujer o niños. Dependiendo del material utilizado, estas pueden ser plantillas de dos componentes, que usan los nuevos fieltros en cuero/textil, o de tres componentes, siendo las tri-componente las plantillas más difíciles de producir.

Asimismo se realizarán las pruebas necesarias para la validación industrial del material de aislamiento: Ensayos de material acústico, conductividad térmica y pruebas de fuego.



Imagen 10. Gráfico Proyecto Life-ECOTEX

Tras la descripción de todas las fases del proyecto se puede determinar que las principales innovaciones son:

- Esquema de reciclaje de ciclo cerrado: el tratamiento de residuos de poliéster textil para obtener aplicaciones finales de poliéster textil, cerrando por completo las rutas de los ciclos de materiales de poliéster permitiendo que los materiales se reciclen para el mismo uso inicial, evitando el ciclo descendente y fomentando el reciclaje en el mismo nivel o incluso pensando en el up-cycling.



- Tratamiento de desechos textiles en el sector del calzado, poco explorado en comparación con el tratamiento de desechos de envases que es ampliamente conocido.
- Demostración de un proceso de glicólisis catalítica para los desechos teniendo en cuenta la textura y aspecto particular de las fibras, y la presencia de otros materiales naturales (algodón) o materiales sintéticos (poliamida, poliuretano, caucho).
- Glicólisis asistida por un catalizador ambientalmente aceptable que reemplaza a la sal de zinc tradicional más tóxico.
- El reciclaje de materiales para nuevas aplicaciones comerciales se prioriza en lugar de la recuperación de energía.

## 5. Impacto Medio Ambiental y Socio-Económico

El LIFE-ECOTEX es un proyecto de demostración alineado con los objetivos del área prioritaria de LIFE de Medio Ambiente y Eficiencia de los Recursos, 'el uso eficiente de los recursos y las materias primas o la movilización del conocimiento ambiental para la política, la industria y la sociedad'. El proyecto también está alineado con la estrategia Europea de economía circular, junto con los conceptos establecidos de gestión adecuada de los residuos considerada en el 7º Programa de Acción Ambiental (PEA).

El objetivo principal del proyecto es proporcionar una solución de reciclaje mejorada para los desechos textiles del calzado que contribuyan activamente a la evolución hacia una economía circular considerada tanto en la Directiva Europea relativa al Vertido de Residuos 1999/31/CE como en la Directiva Europea Marco de Residuos 2008/98/CE.

La Directiva 2008/98/CE establece los conceptos básicos y las definiciones relacionadas con la gestión de residuos. Esta legislación establece que el reciclaje tiene prioridad sobre la recuperación y la eliminación en la jerarquía de gestión de residuos. Sin embargo, en la actualidad, en España la mayoría de los rechazos de la industria textil de fabricación de calzado se disponen en vertederos o se queman en plantas de incineración de residuos. Pero la incineración, u otros procesos de recuperación de energía, producen una gran cantidad de cenizas que pueden contaminar aire, agua y suelo, debido a la presencia de cargas inorgánicas, además de presentar un riesgo para la salud humana.

Entre las estrategias de reciclaje, la más aceptable según los Principios de Desarrollo Sostenible es el reciclaje terciario o químico, ya que conduce a la obtención de las materias primas que forman el polímero.

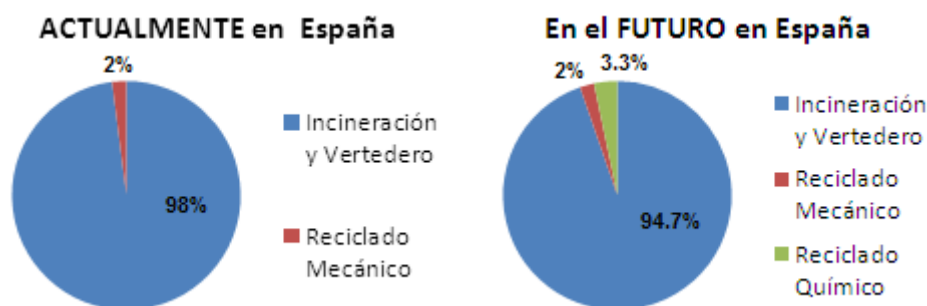


Imagen 11. Gráficos Comparativos con la Implantación del Proceso Life-ECOTEX

IHOBE y el Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja han apoyado la iniciativa tomada por los miembros del proyecto para aplicar la contratación pública verde relacionada principalmente con los nuevos materiales textiles. IHOBE es la Agencia de Rendimiento Público del País Vasco y su trabajo consiste en apoyar al gobierno vasco en el desarrollo de la planificación ambiental y los instrumentos impulsados por la demanda para fomentar la economía circular, transfiriendo los resultados a todos los municipios como secretarios de redes locales. El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de La Rioja es la entidad pública responsable de la ejecución de la legislación ambiental en La Rioja. Además, esta entidad tiene una gran experiencia en la implementación y el desarrollo de Directivas medioambientales y también tiene experiencia en la adaptación de los procedimientos administrativos a la legislación emergente.

Para demostrar los beneficios de la ruta de reciclaje químico se está realizando un análisis del ciclo de vida (ACV). Mediante este método podremos evaluar el impacto ambiental del reciclaje de residuos de poliéster mediante una técnica innovadora de solvólisis y compararlo con las opciones convencionales de reciclaje o eliminación para este tipo de residuos: incineración, gestión en vertederos y reciclaje mecánico. Es una herramienta analítica para evaluar los impactos ambientales y los recursos asociados con todas las etapas de un producto, proceso o vida útil, y una vez finalizado, permite identificar los principales impactos para definirlos y llevar a cabo las medidas para reducirlos.

## Huella de carbono

El LIFE-ECOTEX contribuirá a la reducción de emisiones de GEI. Los resultados anteriores de LCA informaron un GWP de 4,06 t de equivalentes de CO<sub>2</sub> por 1 t de fibra de PET reciclada en el caso de la fabricación de PET virgen, en contraste con los 2,59 obtenidos para el PET reciclado químicamente mediante la glicólisis.

La huella de carbono es una evaluación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GEI) expresados en equivalentes de CO<sub>2</sub>, de una población, sistema o actividad definida, considerando todas las fuentes relevantes dentro del límite espacial y temporal de la población, sistema o actividad de interés. Puede considerarse una medida de la contribución de las actividades diarias al calentamiento global en términos de la cantidad de GEI producidos.

Los gases de efecto invernadero se pueden emitir a través del transporte y la producción y el consumo de alimentos, combustibles, productos manufacturados, materiales, madera, carreteras, edificios y servicios. La mayoría de las emisiones de la huella de carbono provienen de fuentes "indirectas", es decir, combustible quemado para producir productos lejos del consumidor final. Ciertas estrategias simples pueden ayudar a reducir inmediatamente la huella de carbono, como seguir los principios de reducción, reutilización y reciclaje.

Los objetivos del proyecto tienen una incidencia directa en la "huella de carbono" de la industria de fabricación de calzado, ya que su objetivo es reducir simultáneamente la generación de desechos y, por lo tanto, eliminar la necesidad de incineración de desechos de poliéster textil.

## **6. Impacto Socio-Económico**

Los efectos socioeconómicos identificados del proyecto LIFE-ECOTEX no son solo los evidentes, asociados a los mercados de materiales técnicos, plantas de procesamiento químico, sector textil y la industria del calzado, sino los relacionados con la eco-industria

que afectan al mercado y responder a la demanda social de una adecuada gestión de residuos y uso de los recursos.

Existe un valor agregado del proyecto, ya que se evita el gasto generado en la gestión de vertederos, que representa un porcentaje del 10,2 del gasto anual total en la gestión de residuos realizado por las industrias regionales.

El proyecto contribuye a cumplir el objetivo de Europa 2020 de "promover una economía eficiente en el uso de los recursos". Los monómeros y materiales poliméricos recuperados después del proceso de reciclaje se incorporarán a la fabricación de nuevos productos, los productos originales y otros, reduciendo la cantidad de recursos necesarios y mejorando así la eficiencia de los recursos de la economía de la UE.

Según la encuesta que la Comisión de la UE llevó a cabo en junio de 2011, el cambio climático es el segundo problema más grave al que se enfrenta la población mundial, después de la pobreza, el hambre y la falta de agua (vistos como un solo problema). Debido a este problema, la industria textil y del calzado ha comenzado a producir productos menos contaminantes. El uso de materiales ECOTEX y prototipos demostrativos de tejidos textiles contribuirá a mejorar la percepción de la industria textil por parte de las personas, ya que el poliéster reciclado químico es un producto ecológico con un índice de contaminación mínimo.

Además, el consorcio pretende demostrar un modelo de negocio innovador basado en la glicólisis catalítica que podría replicarse fácilmente en la UE para impulsar productos rentables con una baja huella de CO<sub>2</sub>. Las actividades de explotación dentro del proyecto tienen la intención de considerar en detalle cómo se puede aplicar el IPR en otros sectores y se puede hacer más atractivo y adaptado a las necesidades de los otros sectores, así como la forma de replicar el proceso. Por ello, es muy importante para los miembros del consorcio mejorar la replicabilidad y la transferibilidad de los resultados mediante la comunicación. Simultáneamente, se pretende reducir la dependencia perjudicial de Europa de proveedores extranjeros en relación con un producto de una penetración extraordinaria en una sociedad ecológica, como el poliéster reciclado con productos químicos.

Asier Asueta, Fundación GAIKER Parque Tecnológico 202, 48170 Zamudio (España)  
[asueta@gaiker.es](mailto:asueta@gaiker.es)

Nekane González, Eko-REC Barrio Soravilla s/n, 20140 Andoain (España)  
[nekane@ekorec.net](mailto:nekane@ekorec.net)

Idoia Daqvad, Eko-REC Barrio Soravilla s/n, 20140 Andoain (España)  
[laboratorio@ekorec.net](mailto:laboratorio@ekorec.net)