



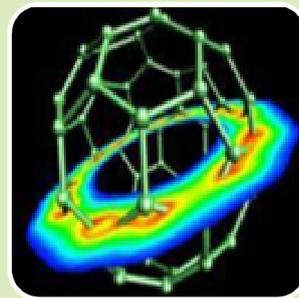
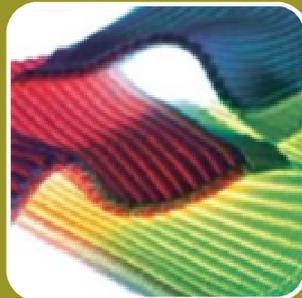
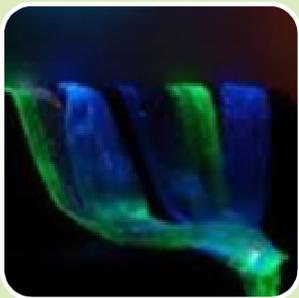
XUNTA  
DE GALICIA



BIOFORO: TENDENCIAS Y SOLUCIONES  
BIOTECNOLÓGICAS PARA LA INNOVACIÓN  
Y EL EMPRENDIMIENTO EN GALICIA

BIOTEJIDOS TEXTILES:  
BIOFIBRAS, MATERIALES  
BIODEGRADABLES Y  
TEXTILES INTELIGENTES

CON LA COLABORACIÓN DE:



INFORME DE  
CONCLUSIONES  
DE LA MESA DE  
EXPERTOS



galicia



## EQUIPO TÉCNICO

### GRUPO DE EXPERTOS (FOCUS GROUP)

**DIRECTOR DEL PROYECTO:** PEDRO FIGUEROA DORREGO

(Grupo Investigación G4+ Universidade de Vigo)

**COORDINADOR DEL PROYECTO:** JOSÉ A. TELLERÍA COUÑAGO

(Estratexia Plus, S.L.)

**ALEJANDRO PAN/SERGIO FIGUEIRAS**

(International Iberian Nanotechnology Laboratory)

**HELDER ROSENDO/JOSÉ MORGADO**

(Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal)

**VALENTÍN CAMAÑO/CLARA GONZÁLEZ ABELLEIRA**

(Monsardi-Gonzabell S.L.)

### PERSONAL DE APOYO

MIGUEL GONZÁLEZ LOUREIRO

ANTONIO MONTEAGUDO CABALEIRO

ALBA VALDÉS RODRÍGUEZ

ROCÍO RODRÍGUEZ CONCHOUSO

MARGARITA VILLAVERDE LORENZO

ANA OTERO LIMA

DANIEL GALLEGO ORTIGUEIRA

### IGAPE, BIC GALICIA Y OTROS COLABORADORES

GUILLERMO VIÑA GONZÁLEZ (IGAPE NOVA)

JACOBO GARCÍA DURÁN (BIC GALICIA)

NOEMÍ IGLESIAS RODRÍGUEZ (BIC GALICIA)

ANA GIRÁLDEZ RIVEIRO (BIC GALICIA)

ALBERTO ROCHA (COINTEGA, EUROCLUSTEX, AIPCLOP)



## Tabla de contenido

<b>1 MARCO GENERAL DEL BIOFORO.....</b>	<b>7</b>
1.1 ANTECEDENTES: PROYECTO BIOEMPRENDE. ....	7
1.2 BIOTECNOLOGÍA COMO CAMPO DE DESARROLLO DE NUEVAS OPORTUNIDADES DE NEGOCIO EN GALICIA. ....	8
<b>2 PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA. ....</b>	<b>10</b>
2.1 JUSTIFICACIÓN DE LAS TEMÁTICAS DEL BIOFORO. ....	10
2.2 METODOLOGÍA Y SECUENCIACIÓN DE LOS TRABAJOS DEL BIOFORO.....	12
<b>3 ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INDUSTRIA TEXTIL Y LA APLICACIÓN DE BIOTEJIDOS TEXTILES: BIOFIBRAS, MATERIALES BIODEGRADABLES Y TEXTILES INTELIGENTES.....</b>	<b>15</b>
3.1 LA CADENA DE VALOR DE LA INDUSTRIA TEXTIL-CONFECCIÓN -MODA EN GALICIA. ....	15
3.2 PERSPECTIVA GENERAL DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y PLANTEAMIENTO SOBRE ÁMBITOS DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA EN ESTAS ACTIVIDADES. ....	17
<b>4 BIOTECNOLOGIA – UMA TECNOLOGIA EMERGENTE NO PROCESSAMENTO TÊXTIL .....</b>	<b>23</b>
4.1 MELHORIA DAS VARIEDADES DE PLANTAS USADAS NA PRODUÇÃO DE FIBRAS TÊXTEIS E DAS SUAS PROPRIEDADES FIBROSAS. EX.: ....	25
4.2 MELHORIA DAS FIBRAS DERIVADAS DOS ANIMAIS (MODIFICAÇÃO DOS ANIMAIS, NOMEADAMENTE A OVELHA E O BICHO DA SEDA, DE FORMA A PROMOVER A PRODUÇÃO DE FIBRAS DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS). EX.: ....	26
4.3 NOVAS FIBRAS À BASE DE BIOPOLÍMEROS E MICROORGANISMOS GENETICAMENTE MODIFICADOS (QUITINA E QUITOSANOS, COLAGÊNIO; ALGINATOS, CELULOSE BACTERIANA, PLA; PHA; PLLA, PCL, PGA, ETC.). EX. ....	27
4.4 SUBSTITUIÇÃO/REDUÇÃO DOS PROCESSOS QUÍMICOS E MECÂNICOS TRADICIONAIS, QUE NA SUA MAIORIA UTILIZAM AGENTES MUITO AGRESSIVOS E REQUEREM ELEVADOS GASTOS DE ENERGIA E ÁGUA, POR ENZIMAS. ....	28
4.5 DESENVOLVIMENTO DE NOVAS ENZIMAS PARA OS PROCESSOS DE ENOBRECIMENTO TÊXTIL. ....	41
4.6 DESENVOLVIMENTO DE DETERGENTES PARA CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DOS TÊXTEIS, BASEADOS EM ENZIMAS. EX.: ....	42
4.7 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CORANTES BASEADOS NA BIOTECNOLOGIA (CORANTES ÍNDIGO (BACTÉRIAS), PIGMENTOS (FUNGOS)); ....	42
4.8 NOVAS FERRAMENTAS PARA CONTRARIAR A CONTRAFACÇÃO, DETECTAR ADULTERAÇÃO DOS PRODUTOS E CONTROLAR A QUALIDADE DOS TÊXTEIS. EX. ....	43
4.9 FUNCIONALIZAÇÃO DOS TÊXTEIS (ALTERAÇÃO SUPERFICIAL, NOVOS EFEITOS DE MODA, AUTO-LIMPEZA, ETC.); ....	43
4.10 TRATAMENTO DOS EFLUENTES RESIDUAIS GERADOS PELAS EMPRESAS TÊXTEIS. ....	43
<b>5 BIOFIBRAS Y BIONANOCOMPOSITES.....</b>	<b>45</b>
5.1 INTRODUCCIÓN. ....	47
5.2 BIOFIBRAS: ORIGEN Y CLASIFICACIÓN. ....	47
5.3 MODIFICACIÓN DE LAS BIOFIBRAS NATURALES ....	52
5.4 INCORPORACIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA A LAS BIOFIBRAS. TEXTILES INTELIGENTES. .	55
5.5 CONCLUSIÓN.....	57

<b>6 NUEVAS TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA COMO EJE DE INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL. ....</b>	<b>59</b>
6.1 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN EL ÁMBITO DE LA EMPRESA TEXTIL DE GÉNEROS DE PUNTO. ....	61
6.2 DE LA MODA TRADICIONAL A LA INNOVACIÓN Y TEJIDOS TÉCNICOS. ....	63
6.3 EL CASO DE MONSARDI-GONZABELL, S.L. LA DIVERSIFICACIÓN HACIA NUEVAS LÍNEAS DE NEGOCIO. ....	65
6.4 IMPACTO DE LA BIOTECNOLOGÍA EN EMPRESAS DE FABRICACIÓN TEXTIL Y TEXTILES INTELIGENTES.....	67
6.5 CONCLUSIONES SOBRE LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICOS APLICABLES A TEJIDOS TEXTILES. ....	73
<b>7 CONCLUSIONES Y RESULTADOS DE LA MESA DE TRABAJO. ....</b>	<b>75</b>
7.1 ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA MESA DE TRABAJO.....	75
7.2 SÍNTESIS DE CONSIDERACIONES Y COMENTARIOS REALIZADOS POR LOS ASISTENTES A LA MESA DE TRABAJO DURANTE EL DEBATE/ COLOQUIO. ....	78
7.3 VALORACIONES SOBRE NECESIDADES DE INNOVACIÓN, HORIZONTE TEMPORAL Y RECURSOS Y CAPACIDADES EXISTENTES EN GALICIA RELACIONADAS CON APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS EN LA INDUSTRIA TEXTIL. ....	80
<b>8 ANEXO: RECURSOS Y CAPACIDADES EXISTENTES EN GALICIA RELACIONADOS CON LOS BIOTEJIDOS TEXTILES. ....</b>	<b>85</b>

# 1 MARCO GENERAL DEL BIOFORO.

## 1.1 Antecedentes: Proyecto Bioemprende.

El Proyecto Bioemprende forma parte del Programa de Cooperación Transfronteriza España-Portugal 2007/2013 (POCTEP), financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y ha sido desarrollado entre los años 2009 y 2011 por el BIC-GALICIA, organismo dependiente de la Consellería de Economía e Industria (Xunta de Galicia).

El objetivo fundamental del Proyecto Bioemprende era la promoción de vínculos entre todos los agentes implicados en el sector biotecnológico de la Eurorregión Galicia-Norte de Portugal para mejorar su capacidad emprendedora, identificar oportunidades de negocio y generar sinergias que favoreciesen la consolidación de un tejido empresarial biotecnológico como motor de crecimiento económico.

Para explotar el gran potencial biotecnológico de la Eurorregión, difundir sus potencialidades y cubrir el déficit de capacitación en gestión empresarial de las personas bioempendedoras, BIOEMPRENDE ha desarrollado a lo largo de los años 2009, 2010 y 2011 un amplio número de actividades agrupadas en cuatro grandes líneas de acción (para mayor detalle sobre el proyecto consultar la página web [www.bioemprende.eu](http://www.bioemprende.eu)):

**Figura 1: Líneas de trabajo del proyecto Bioemprende**



Fuente: BIC Galicia

## 1.2 Biotecnología como campo de desarrollo de nuevas oportunidades de negocio en Galicia.

Tal como aparece recogido en el Plan Estratégico Galicia 2010-2014, la biotecnología es uno de los sectores estratégicos de futuro dentro del área de la Economía del Conocimiento. Asimismo, el Plan Gallego de Investigación y Crecimiento 2011 -2015 la incluye como una de las principales áreas de conocimiento en las que apoyar la investigación de calidad para superar los principales retos sociales, económicos, ambientales e industriales que afronta Galicia en los próximos años.

Teniendo en cuenta esas directrices estratégicas, en el plan operativo del BIC Galicia para el año 2011-2012 se contempla el apoyo al sector con la puesta en marcha de servicios orientados a la consolidación de empresas biotecnológicas, a través de la innovación y la búsqueda de nuevos mercados.

Por otro lado, la biotecnología además de ser en sí misma un área para el desarrollo de nuevas iniciativas empresariales, constituye un ámbito de apoyo y soporte para una importante cantidad de proyectos empresariales en el ámbito de sectores estratégicos de la economía gallega, como pueden ser la industria agroalimentaria (incluyendo agricultura, ganadería y pesca) o la industria textil, entre otros. Así, un gran número de empresas de dichas ramas de actividad pueden verse notablemente favorecidas por la incorporación de soluciones biotecnológicas en sus modelos de negocio como vía para incrementar el valor añadido de sus productos/servicios y lograr un posicionamiento diferenciado en el mercado.

Dentro del proyecto Bioemprende, tal como se recoge en la figura siguiente, ya se analizaron las oportunidades de negocio derivadas de la aplicación de la biotecnología a lo largo de toda la cadena de valor de 6 sectores específicos con un importante peso y potencial de desarrollo en el conjunto del tejido empresarial de Galicia: industria cárnica, vitivinicultura, industria láctea, biomasa forestal, conservas y precocinados de productos del mar y tratamiento y gestión de residuos. Para cada una de dichas actividades se celebró una mesa sectorial y se elaboró una guía de oportunidades de negocio vinculadas con aplicaciones biotecnológicas en dichos ámbitos empresariales.



<http://www.bioemprende.eu>



Equipo G4plus de  
Análisis, Diagnóstico  
y Diseño Estratégico

MESAS  
SECTORIALES Y  
GUÍAS DE  
OPORTUNIDADES  
DE NEGOCIO

• DIAGNÓSTICO  
• MAPA DE RECURSOS  
• MESAS SECTORIALES  
• GUÍAS DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIOS  
• ...

LÍNEA 1: RECURSOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE NEGOCIO EN EL ÁMBITO DE LA BIOTECNOLOGÍA

LÍNEA 2: RECURSOS DE CAPACITACIÓN PARA BIOEMPREENDEDORES Y BIOEMPRESARIOS

• TALLERES Y SEMINARIOS CREACIÓN/GESTIÓN BIOEMPRESAS  
• FORMACIÓN EN INTERNACIONALIZACIÓN, VIGILANCIA COMPETITIVA, ...  
• VIVERO DE EMPRESAS  
• ...

• UNIDAD DE PROMOCIÓN Y DESARROLLO  
• GUÍA DE VALORACIÓN ECONÓMICO-FINANCIERA DE PROYECTOS  
• SERVICIO DE VIGILANCIA COMPETITIVA  
• ...

LÍNEA 3: RECURSOS PARA LA MEJORA COMPETITIVA DE BIOEMPRESAS

LÍNEA 4: RECURSOS PARA POTENCIAR LA IMAGEN DE LA EUROBIORREGIÓN

• OBSERVATORIO DE INNOVACIÓN BIOTECNOLÓGICA  
• FORO TRANSFRONTERIZO DE BIOTECNOLOGÍA  
• PLATAFORMA WEB BIOEMPRENDE



## 2 PLANTEAMIENTO Y METODOLOGÍA.

### 2.1 Justificación de las temáticas del Bioforo.

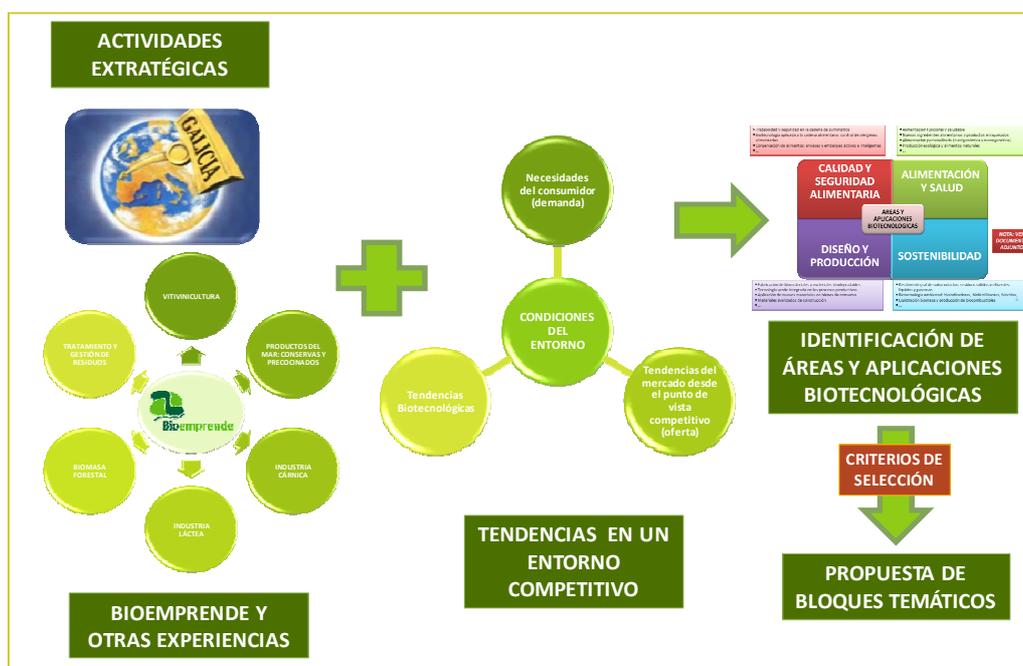
El planteamiento inicial para el desarrollo de este Bioforo es ir un paso más allá y evitar perspectivas generales que consideran toda la cadena de valor de un determinado sector empresarial, “focalizando” el análisis sobre el potencial de aplicación de la biotecnología en áreas más concretas de dichos procesos a nivel industrial. Así, el objetivo prioritario del Bioforo es el que se recoge en la figura siguiente:

**IDENTIFICAR TENDENCIAS Y SOLUCIONES BIOTECNOLÓGICAS CON IMPACTO EN LAS ACTIVIDADES EMPRESARIALES, PROFUNDIZANDO EN SU CONOCIMIENTO Y POSTERIOR DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA AL SISTEMA EMPRESARIAL DE GALICIA, PARA EL DESARROLLO DE LA INNOVACIÓN EN LAS EMPRESAS ACTUALES Y EL IMPULSO DEL EMPRENDIMIENTO**

Bajo este enfoque, el proceso metodológico para concretar las áreas temáticas donde centrar el desarrollo de estos bioforos comienza tomando como punto de partida el conjunto de actividades empresariales consideradas como estratégicas en el ámbito geográfico de Galicia y las conclusiones relacionadas con la aplicación de la biotecnología para el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio, derivadas tanto del proyecto Bioemprende como de otras experiencias previas en esa misma línea de trabajo. A partir de ahí, es necesario tener en cuenta la evolución del actual marco competitivo y de las condiciones del entorno, tanto desde el punto de vista de las tendencias de la demanda (necesidades del consumidor), como desde la perspectiva de la oferta y del desarrollo tecnológico.

La visión integrada de ambos planteamientos permite identificar una serie de áreas y aplicaciones biotecnológicas de interés sobre las que profundizar en su conocimiento y difusión para permitir mejorar el posicionamiento competitivo del tejido empresarial gallego en base al desarrollo de soluciones biotecnológicas que incrementen su capacidad para diferenciarse e incrementar el valor añadido de sus productos y servicios.

Una vez definidas esas grandes áreas temáticas donde las aplicaciones biotecnológicas tienen especial relevancia dentro de la estructura del sistema empresarial gallego, teniendo en cuenta además la evolución de las condiciones del entorno, deben aplicarse unos determinados criterios de selección para determinar cuales son los bloques temáticos de mayor interés para incluir en el desarrollo de este proyecto.



Como conclusión de todo este proceso detallado anteriormente, se han concretado 4 grandes áreas temáticas que engloban la posible celebración de 8 bioforos durante 2011 y 2012 (2 bioforos por cada una de esas áreas), tal como se recoge gráficamente en la figura siguiente:



## 2.2 Metodología y secuenciación de los trabajos del Bioforo.

En el desarrollo de un bioforo se pueden diferenciar tres eventos principales, tal como se representa gráficamente en la figura siguiente.

En primer lugar, se celebrará una reunión de un **grupos de expertos o Focus Group**, que estará compuesto además de los representantes del equipo técnico del grupo G4Plus, por expertos de contrastada experiencia en la temática seleccionada para cada uno de los bioforos, tratando de buscar **perspectivas complementarias** desde el punto de vista de la **investigación aplicada**, del **desarrollo tecnológico** y desde el **ámbito empresarial y de mercado**, permitiendo obtener una visión integral de las posibles soluciones biotecnológicas con potencial de desarrollo en el ámbito geográfico gallego.

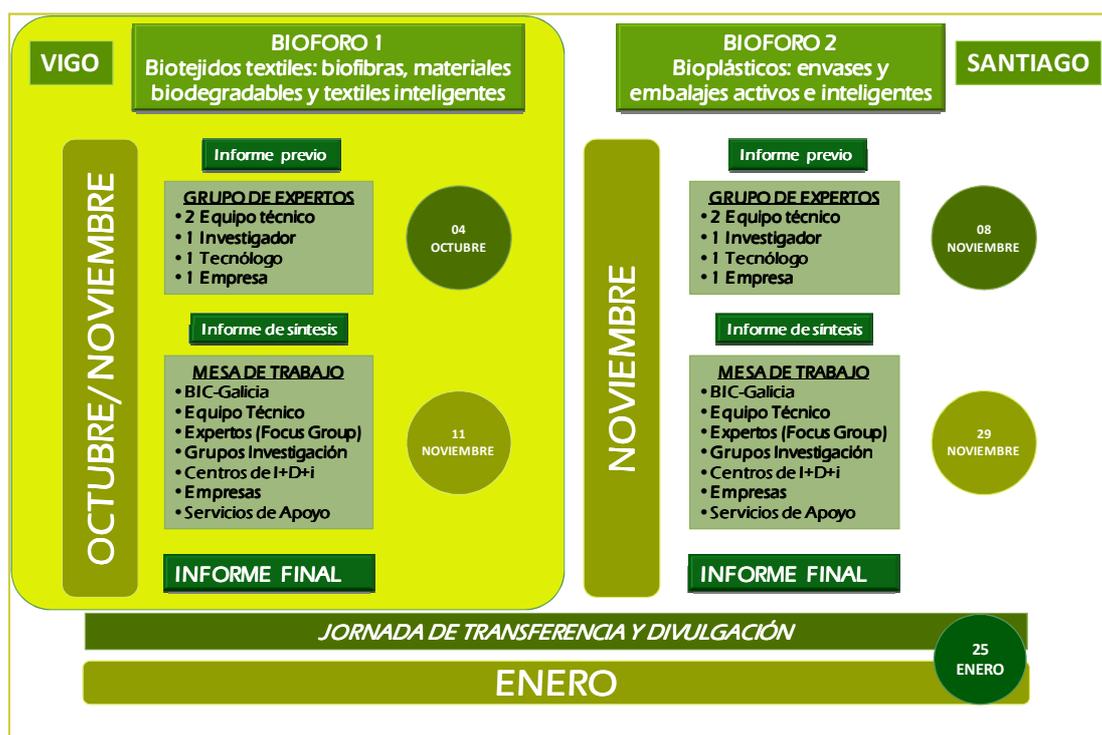
Con posterioridad, las principales conclusiones derivadas del Focus Group se presentarán en una **Mesa de Trabajo** en la que, además de los miembros del grupo de expertos, participarán diferentes representantes de grupos de investigación y entidades de apoyo a la I+D+i, plataformas y centros tecnológicos, empresas y entidades de representación colectiva del sector empresarial (asociaciones, clusters, agrupaciones de interés,...).



Como conclusión, se celebrará una **Jornada de Transferencia y Divulgación** en la que se presentarán conjuntamente los resultados de los dos bioforos integrados en una misma área temática (ej.- Jornada de divulgación sobre Biomateriales, en la que se integrarán los biotejidos textiles y los bioplásticos). Dicha jornada tendrá carácter abierto y en ella podrán participar todos los agentes económicos, empresariales, sociales y educativos interesados en las áreas de conocimiento tratadas en dichos bioforos, contribuyendo así a lograr un mayor grado de difusión sobre el potencial de las soluciones biotecnológicas como línea para la mejora competitiva del sistema empresarial de Galicia.

Por último se presenta de forma esquemática la planificación integrada para la celebración en el cuarto trimestre de 2011 de todos los eventos vinculados con el área temática de los bioplásticos, que incluye la celebración de dos bioforos:

- Biotejidos textiles: biofibras, materiales biodegradables y textiles inteligentes.
- Bioplásticos: envases y embalajes activos e inteligentes.





### 3 ASPECTOS GENERALES SOBRE LA INDUSTRIA TEXTIL Y LA APLICACIÓN DE BIOTEJIDOS TEXTILES: BIOFIBRAS, MATERIALES BIODEGRADABLES Y TEXTILES INTELIGENTES.

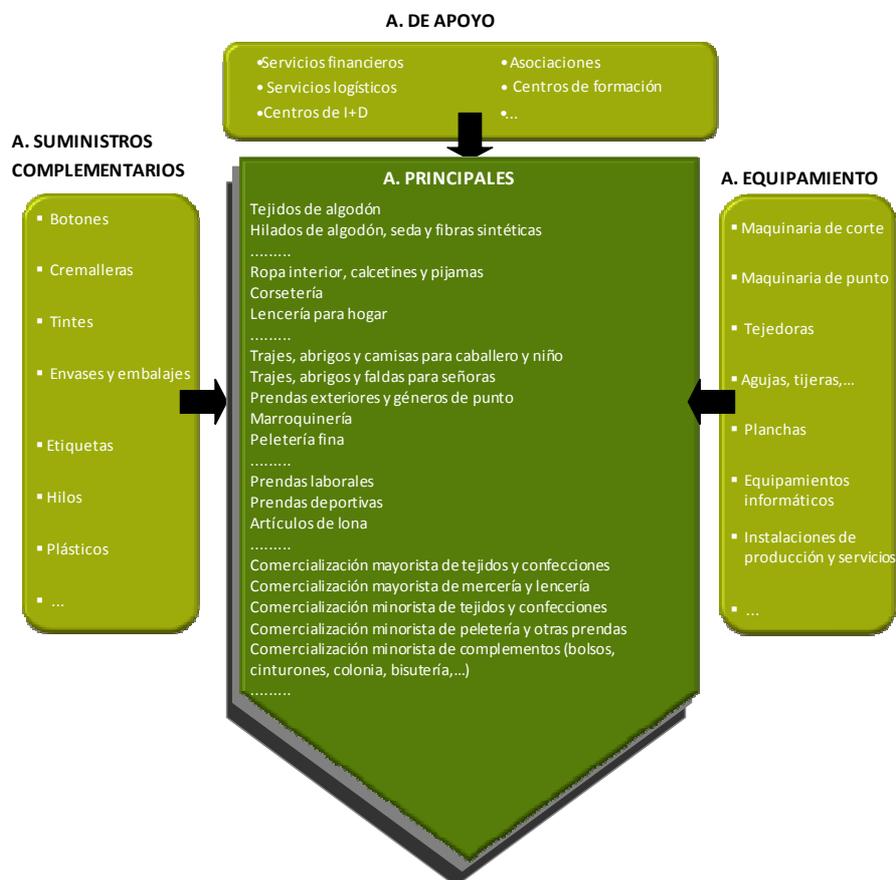
#### 3.1 La cadena de valor de la industria textil-confección -moda en Galicia.

Como marco de referencia general para el desarrollo de la temática sobre la que se centra este bioforo de biotejidos textiles se debe tomar en consideración la cadena de valor de la industria textil en Galicia. Una visión desde una perspectiva más amplia de esta industria es la que ofrece el enfoque metodológico de cadenas de actividades empresariales, diferenciando los siguientes bloques de actividades: las Actividades Principales, las Actividades de Suministros Complementarios, las Actividades de Equipamiento y las Actividades de Apoyo.

- Las Actividades Principales son aquellas que comprenden las actividades extractoras/productoras de materias primas, los transformadores intermedios, los creadores de producto y los comercializadores.
- Las Actividades de Suministros Complementarios son aquellas que abastecen de inputs a las actividades principales, diferentes de los anteriores pero imprescindibles para la transformación.
- Las Actividades de Equipamiento comprende maquinaria, equipos, instalaciones y otros instrumentos necesarios para el desarrollo de la actividad principal.
- Las Actividades de Apoyo favorecen el desarrollo eficiente de las actividades principales, a través de servicios a empresas, formación de investigadores, transporte, entre otros.

Las Actividades de Suministros, Equipamiento y Servicios de Apoyo, cumplen funciones laterales y de apoyo al conjunto, que implican el reforzamiento del grupo principal en cuanto a potenciar su competitividad.

Bajo ese enfoque, la cadena de la industria textil-confección-moda en Galicia se puede presentar gráficamente tal y como se recoge en la siguiente figura, detallando las principales actividades que integrarían cada uno de esos eslabones que componen el conjunto de la cadena.



**Fuente: “Foro Caixanova de estrategias empresariales: Cadena de actividades de Textil-confección-moda”. González Gurriarán, J.; Figueroa Dorrego, P. et al (2004)**

La cadena de la industria textil-confección está integrada por un conjunto de actividades interrelacionadas que comprenden desde la producción y fabricación de fibras hasta la comercialización de todo tipo de tejidos, manufacturas textiles, prendas de confección y géneros de punto.

Si bien, la utilización principal de los biotejidos textiles se orienta a su aplicación en actividades de la industria textil-confección, se debe tener en cuenta que también existen potenciales aplicaciones de soluciones biotecnológicas relacionadas con los biotejidos textiles en otros ámbitos de actividad y usos industriales, en los cuales los biotejidos pueden constituir un input en el proceso de producción de otros sectores industriales (construcción, automoción,...).

### 3.2 Perspectiva general de la industria textil y planteamiento sobre ámbitos de aplicación de la biotecnología en estas actividades.

Desde comienzos del siglo XXI el sector textil-confección europeo, se ha visto inmerso en un profundo proceso de reestructuración, notablemente condicionado por factores como el proceso de globalización de la economía y la liberalización de los mercados a nivel mundial (favorecida por la eliminación de las cuotas de importación y otras barreras arancelarias), la creciente competitividad de países emergentes, especialmente del sudeste asiático, así como los procesos de deslocalización de la producción y el desarrollo tecnológico o los procesos de concentración de la distribución, entre otros. A todo ello se debe unir el efecto provocado en el sector por la actual situación de crisis económica y financiera internacional y el elevado grado de incertidumbre sobre la futura evolución de la coyuntura económica en el marco de la UE en general y de España en particular (caída de la demanda, dificultades de acceso a fuentes de financiación, redimensionamiento de plantillas,...).

El sector textil-confección tradicionalmente ha tenido un importante peso en la industria manufacturera europea y ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo económico y social de numerosas regiones de la UE-27. Sin embargo, en los últimos años, ha venido manteniendo una negativa evolución en número de empresas, así como en empleos generados y volumen de negocio, tal como se recoge en la tabla siguiente.

**Figura 2: Principales variables de la industria textil-confección en la UE**

	2007	2010	Variación 2007/2010 (%)
Empresas (número)	218.000	127.000	-41,74%
Empleo (millones)	2,3	1,9	-17,39%
Volumen negocio (millones)	198.000	171.800	-13,23%

**Fuente: Euratex (European Apparel and Textile Confederation)**

Según los últimos datos estructurales disponibles, en el año 2010 había en el conjunto de la UE unas 127 mil empresas en el sector, que daban empleo a 1,9 millones de personas y generaban una facturación de casi 172 mil millones de euros. Los mayores productores de la industria textil y de la confección son los cinco mercados con mayor población de la Unión Europea: Italia, Francia, Reino Unido, Alemania y España, los cuales concentran aproximadamente una tercera parte de la producción total europea.

Al igual que sucede a nivel global en la UE, la industria de textil-confección en España, que había sido uno de los pilares en el proceso de industrialización, viene experimentando en los últimos años un profundo proceso de cambio para adaptarse, entre otros factores, a la creciente globalización de sus actividades, impulsadas desde 2005 por la liberalización de los intercambios textiles internacionales.

Con todo ello, en las últimas décadas la industria de textil-confección ha ido perdiendo posiciones en el contexto industrial de español, debido a que la tendencia de crecimiento no ha sido tan positiva como la experimentada por otros sectores industriales en la evolución reciente de la economía española. Así, en términos cuantitativos, al analizar la evolución de la industria textil en España en los últimos años, se constata una progresiva pérdida de protagonismo en relación con el conjunto de la actividad industrial española en cuanto a contribución al PIB, peso en el VAB industrial generado, porcentaje de empleos en la industria (a pesar de ser una actividad intensiva en mano de obra), entre otras variables. Actualmente, la industria textil-confección constituye la décima actividad industrial por importancia en la generación de VAB, suponiendo apenas el 3% del total de la industria (cuando en 1985 representaba casi el 9%).

Las cifras de la industria textil-confección en 2010 muestran un punto de inflexión con la tendencia general de la última década, en la que se venían sucediendo progresivos recortes en el volumen de facturación. Así, el volumen de negocio en 2010 alcanzó los 8.700 millones de €, un 2% superior al año 2009, pero más de un 16% inferior con respecto a la facturación de 2008. En cambio, el número de empleos continuó con la tendencia decreciente de los últimos años, experimentando en 2010 una caída interanual respecto a 2009 de un 8% (y casi un 42% acumulado respecto a los puestos de trabajo de esta industria en 2003).

Por lo que respecta a la evolución de la balanza comercial en los últimos años, el efecto de la crisis económico-financiera internacional se dejó sentir especialmente en el año 2009, tanto en el volumen de importaciones como en el de exportaciones, siendo el año 2010 un ejercicio de repunte en ambas variables. La mejor evolución de las exportaciones comparativamente con las importaciones en los últimos tres años ha propiciado una leve mejora de la balanza comercial de la industria textil española, si bien todavía mantiene un saldo negativo en 2010 superior a los 4.700 millones de euros.

**Figura 3: Principales variables de la industria textil-confección en España**

	2008	2009	2010	Variación 2008/2010 (%)
Volumen negocio (millones €)	10.390	8.520	8.700	-16,27%
Empleados	182.300	163.400	150.300	-17,55%
Exportaciones (millones €)	8.020	7.821	8.544	6,53%
Importaciones (millones €)	13.682	11.795	13.305	-2,76%
Balanza comercial (millones €)	-5.662	-3.974	-4.761	-15,91%

**Fuente: Centro de Información Textil y de la Confección (CITYC)**

Por lo que respecta a la caracterización de la industria textil-confección-moda en Galicia, tal como se recoge en la Figura 4, en la actualidad ésta se compone fundamentalmente de pequeñas empresas y medianas empresas que conviven con grandes grupos empresariales de referencia a nivel nacional e internacional, como Inditex, Adolfo Domínguez o Sociedad Textil Lonia, entre otros. Con una facturación global conjunta de casi 12 mil millones de euros (de los cuales 10.400 millones corresponden a Inditex), esta industria está compuesta por aproximadamente 550 empresas que generan un número de empleos próximo a los 106 mil (de los cuales 86 mil están vinculados con las empresas del Grupo Inditex). Atendiendo al ratio de volumen de negocio por empleado, el segmento que presenta un mayor grado de eficiencia productiva es el de aquellas empresas que facturan entre 5 y 15 millones de euros anuales, con una productividad media anual por empleado de casi 129 mil euros. También el grupo de 13 empresas con volumen de negocio entre 15 y 50 millones anuales mantienen unos índices de productividad por empleado superiores a los del Grupo Inditex o del bloque formado por Adolfo Domínguez y Sociedad Textil Lonia.

**Figura 4: Principales variables de la industria textil-confección en Galicia**

Tramos facturación (millones €)	de Entre 0,3 y 1	Entre 1 y 5	Entre 5 y 15	Entre 15 y 50	STL+AD	ITX
Facturación conjunta	189	331	218	302	396	10.407
Número empresas	344	160	29	13	2	
Empleados	4.589	3.726	1.962	2.508	4.025	89.112
Facturación/ empleado (miles €)	40,35	88,85	128,54	124,44	98,5	117
Plantilla media	13,28	23,29	70,25	261,75	2.012,5	

STL: Sociedad Textil Lonia (Carolina Herrera y Purificación García)

AD: Adolfo Domínguez

ITX: Grupo Inditex

**Fuente: Plan Textil Moda. Visión 2020 (Cointega - Cluster Textil Moda)**

Con este nuevo marco competitivo en perspectiva, es preciso que la industria textil gallega adopte una nueva estrategia empresarial en el ámbito de estas actividades basada en nuevos factores que le permitan mejorar su capacidad competitiva y su posicionamiento en el mercado internacional, enfocándose en la innovación y la diferenciación para generar un mayor valor añadido tanto en procesos como en productos. Así, la industria textil y de la confección gallega debe incidir en la modernización de sus procesos de producción, concentrándose en aspectos más relacionados con la calidad, el diseño y la aplicación de nuevas soluciones tecnológicas para mejorar la competitividad del sector textil gallego, impulsando nuevas líneas de investigación y desarrollo de productos innovadores (nuevos productos textiles, nuevos campos de aplicación de materiales basados en textiles,...).

Con este nuevo modelo se trata de conseguir que la I+D+i sea considerada un recurso clave dentro de la planificación estratégica de las empresas, contribuyendo a mejorar la eficacia productiva de las industrias y mejorar la capacidad competitiva de las empresas para alcanzar un mejor posicionamiento de la empresa textil gallega.

Dentro de las líneas estratégicas de investigación de la Plataforma Galega do Têxtil (<http://www.ptgtextil.org/>) se especifican:

- Nuevas fibras especializadas y compuestas para productos textiles innovadores.
- Funcionalización de materiales textiles y procesos relacionados.
- Biomateriales, biotecnologías y procesos respetuosos con el medioambiente.
- Nuevos productos textiles para aplicaciones técnicas (transporte, construcción, geotextiles,...).
- Nuevos productos textiles para mejora de la actividad humana.
- Personalización de productos textiles para el cliente para su fabricación masiva.
- Nuevos conceptos y tecnologías para mejorar el proceso de diseño y desarrollo del producto.
- Ciclo de vida de los productos textiles y de confección. Gestión de su calidad.

Además de detallarse una línea estratégica específica para los biomateriales y la biotecnología, lo cierto es que las soluciones biotecnológicas suponen una posibilidad para el desarrollo de innovaciones aplicables en cualquiera de las demás líneas estratégicas definidas. Entre otras, en la siguiente figura, se detallan algunas de las posibles aplicaciones de la biotecnología en el ámbito de los procesos de la industria textil.

## BIOTECNOLOGÍA EN EL PROCESAMIENTO TEXTIL

Mejora de la variedad de plantas usadas como materia prima en la producción de fibras

Mejora de las fibras de origen animal

Nuevas fibras a base de biopolímeros y microorganismos modificados genéticamente

Sustitución de tratamientos químicos agresivos

Tejidos con propiedades biocidas y bioestáticas

Uso de enzimas para tratamientos de acabados textiles

Herramientas de diagnóstico para detección de adulteración y control de calidad de textiles

Textiles inteligentes

...

Partiendo de este planteamiento, en los próximos epígrafes se recogen las valoraciones de los expertos que integran el Focus Group, tratando de abordar desde distintas áreas de conocimiento complementarias (visión de la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y el mundo empresarial) las posibilidades de innovación en el ámbito de la industria textil basadas en la aplicación de soluciones biotecnológicas a partir del uso de biotejidos textiles, biofibras, materiales biodegradables y textiles inteligentes.





## 4 BIOTECNOLOGIA – UMA TECNOLOGIA EMERGENTE NO PROCESSAMENTO TÊXTIL

HELDER ROSENDO (Subdirector Geral – Technology & Engineering Manager)

JOSÉ MORGADO (Coordenador das Unidades de Tecnologias Têxteis)

Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal (CITEVE)



Centro Tecnológico das Indústrias  
Têxtil e do Vestuário de Portugal



As grandes alterações sociais, o aumento crescente da consciência ambiental, a escassez de recursos naturais, assim como as restrições legais, que se prevêem num futuro próximo, tornam urgente o desenvolvimento de produtos e processos de transformação têxtil alternativos ambientalmente amigáveis. Neste contexto emergem as aplicações de Biotecnologia na indústria têxtil.

A colaboração entre o bio e a química dos têxteis tem vindo a intensificar-se sempre com o intuito de conceber métodos biológicos mais específicos e adaptados à indústria têxtil.

Além do carácter inovador dos processos que envolvem a aplicação da biotecnologia no processamento têxtil, é facilmente comprovado que é possível melhorar a qualidade global de um substrato têxtil sem degradar substancialmente a sustentabilidade do ecossistema terrestre.

A primeira aplicação biotecnológica no processamento têxtil foi a maceração do linho, há mais de 2.000 anos. O crescimento de microorganismos no linho era usado para a separação das fibras dos caules da planta.

#### PRINCIPAIS APLICAÇÕES:

A primeira aplicação da biotecnologia no processamento têxtil foi o maceramento do linho, há mais de 2000 anos - a aplicação de microorganismos no linho era usada para a separação das fibras dos caules da planta, mas muitas outras aplicações foram entretanto desenvolvidas das quais destacamos:

#### 4.1 Melhoria das variedades de plantas usadas na produção de fibras têxteis e das suas propriedades fibrosas. Ex.:

- a) Algodão biológico



- b) Algodão transgénico colorido



c) Algodão híbrido



#### 4.2 Melhoria das fibras derivadas dos animais (modificação dos animais, nomeadamente a ovelha e o bicho da seda, de forma a promover a produção de fibras de diferentes características). Ex.:

a) Fibras a partir dos filamentos das teias de aranha (4x forte que o aço)

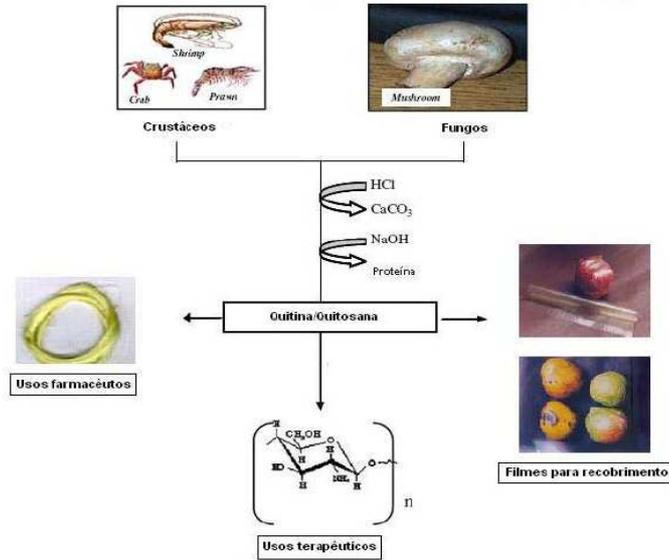


b) Modificação genética de animas para melhorar as propriedades da lã

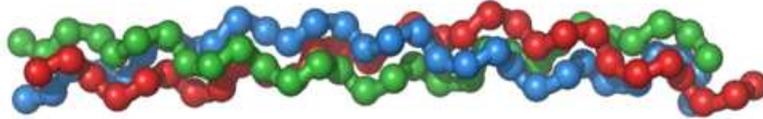


### 4.3 Novas fibras à base de biopolímeros e microorganismos geneticamente modificados (quitina e quitosanos, colagénio; alginatos, celulose bacteriana, PLA; PHA; PLLA, PCL, PGA, etc.). Ex.

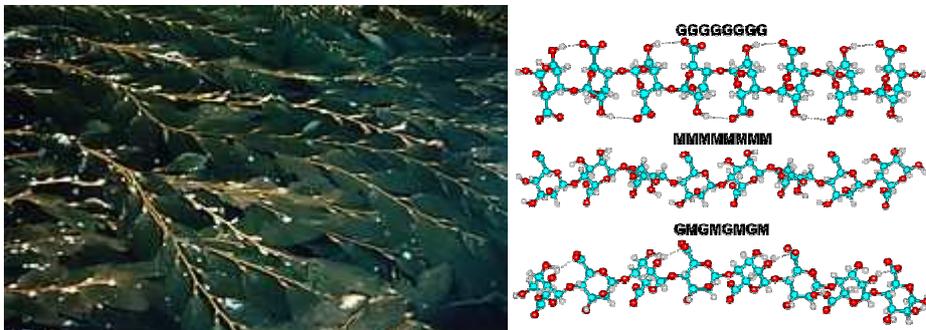
#### a) Quitina e quitosanos



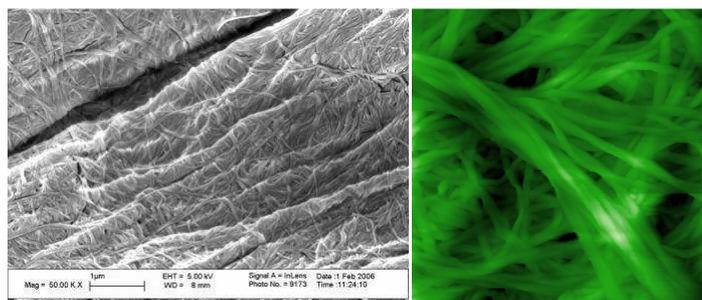
#### b) Colagénio



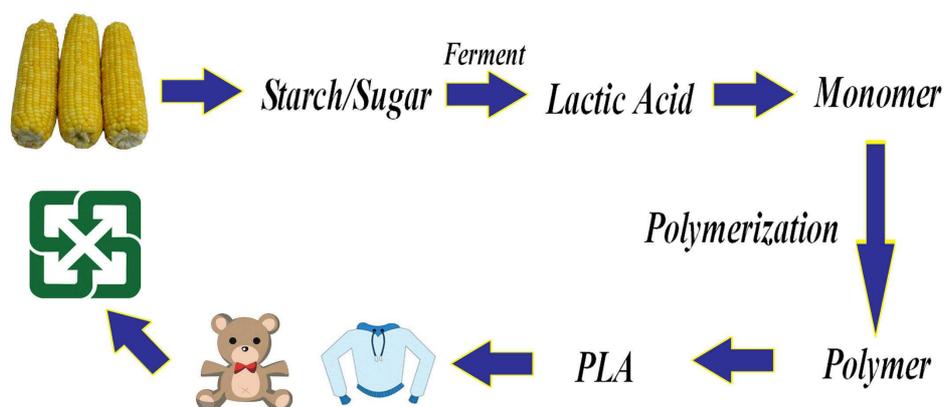
#### c) Alginatos



d) Celulose bacteriana



e) Outros biopolímeros – PLA; PHA; PLLA, PCL, PGA, ...proteínas, aminoácidos etc.



**4.4 Substituição/redução dos processos químicos e mecânicos tradicionais, que na sua maioria utilizam agentes muito agressivos e requerem elevados gastos de energia e água, por enzimas.**

A aplicação de enzimas na indústria têxtil só teve início por volta de 1857, quando o extracto de malte foi usado para remover os encolantes à base de amido utilizados na encolagem (também conhecida com engomagem) de teias. Em 1900, a empresa alemã Diaman Co., de Munique, apresentou a Diastafor, que mostrou eficiente na desengomagem do amido. Em 1919, as rapidases - enzimas que promoviam a transformação do amido em compostos solúveis em água, foram introduzidas no mercado.

As enzimas mais utilizadas a nível industrial são obtidas por processos de fermentação, ou seja, a partir de culturas microbianas. A sua utilização tem vindo a crescer devido aos avanços no campo da microbiologia e ainda pelo facto de a sua produção não estar condicionada por questões sazonais ou geográficas e pela possibilidade de se usarem matérias-primas pouco dispendiosas. Seleccionando as estirpes e optimizando os meios de cultura, é possível obter elevados rendimentos e enzimas com

propriedades e especificidades bem determinadas. Relativamente à aplicação específica a cada fibra verificamos que a aplicação de enzimas são frequentemente utilizadas no processamento do algodão, lã e seda

#### 4.4.1 Tratamento Enzimático de Algodão.

A fibra de algodão tem uma única célula com uma estrutura constituída por várias camadas do exterior para o interior: cutícula, parede primária, parede secundária e lúmen. Estas camadas são quimicamente e estruturalmente diferentes: a cutícula é composta por ceras, proteínas e pectinas, representa 2,5% do peso da fibra e é amorfa; a parede primária também representa cerca de 2,5% do peso da fibra, tem um índice de cristalinidade de 30%, e é composta por celulose; e o lúmen é composto por resíduos protoplasmáticos. Adicionalmente, são adicionados encolantes e sujidades que podem representar cerca de 20% do peso da fibra. Tradicionalmente, a hidrofiliidade do algodão é melhorada por fervura alcalina e o grau de branco é melhorado por branqueamento oxidativo. A investigação que tem sido desenvolvida abre perspectivas interessantes para o uso das enzimas na remoção das impurezas sem uso de alcali e com menor degradação mecânica. [S.R. Karkamar, Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

Existem inúmeros parâmetros importantes quando se lida com enzimas. As enzimas são normalmente muito específicas, sendo que a sua acção catalítica depende das condições do processo.

#### Limitações de utilização de enzimas em alguns processos da indústria têxtil.



**M. Pintado, F. X. Malcata, J. Morgado, A. Vieira, "Biotecnologia: Um desafio na Indústria Têxtil", Perfil 15/16, 2003**

O ponto mais importante a ter em conta é que as enzimas necessitam, em geral, de condições suaves para a sua actuação (temperatura 40-60°C, pH 4-8 e pressão atmosférica) e actuam tipicamente apenas sobre substratos específicos. Portanto, a escolha da enzima adequada para a obtenção de um produto desejado, assim como as condições tecnológicas da sua aplicação não podem ser seleccionadas ao acaso, sob

risco de colapso do proceso. [M. Pintado, F. X. Malcata, J. Morgado, A. Vieira, "Biotecnología: Um desafio na Indústria Têxtil", Perfil 15/16, 2003].

As principais enzimas usadas nas indústrias têxtil e dos detergentes incluem-se em dois grandes grupos: as hidrolases e as oxirredutases e várias têm sido investigadas e muitas delas existem já em formulações comerciais com aplicação na indústria têxtil. O grupo das celulases é sem dúvida aquele que está melhor estudado, e além disso o que consegue intervir em mais passos do processamento do algodão. Outra aplicação destas enzimas é a indústria dos detergentes, que possui muitos pontos em comum com a indústria têxtil. Assim sendo, apresentam-se na tabela seguinte, os vários tipos de enzima e as suas principais aplicações na indústria têxtil e dos detergentes, muitas delas já comercializadas por várias companhias (p.ex. Genencor, Novozymes Bioindustries, Dyadic, Bayer, Ciba, Clariant, e Rudolf, entre outras). [M. Pintado, F. X. Malcata, J. Morgado, A. Vieira, "Biotecnología: Um desafio na Indústria Têxtil", Perfil 15/16, 2003]

**Tabela - Enzimas na Biotecnologia têxtil e dos detergentes.**

ENZIMAS	FUNÇÃO	APLICAÇÃO
<b>CELULASES</b>		
Celulases e hemicelulases	Remoção de impurezas das camadas externas das fibras de algodão	<i>Bioscouring</i> dos artigos de algodão
Celulase, de preferência neutra e rica em endoglucanase	Desgaste do corante índigo nos tecidos denim e amaciador de artigos de algodão sem danificação excessiva das fibras	<i>Biostoning</i> dos tecidos denim, com obtenção de acabamentos nos denim de alta qualidade e obtenção de detergentes de elevada qualidade e ambientalmente correctos
Celulase alcalina	Remoção de pequenas fibrilas para melhorar a superfície dos tecidos	Formulação de detergentes para tratamento cuidadoso das superfícies dos tecidos
Celulase, de preferência ácida e rica em endoglucanase	Remoção do excesso de microfibrilas da superfície de tecidos de algodão	<i>Biopolishing</i> de tecidos de algodão
Celulase, de preferência rica em endoglucanase	Obtenção de toque e brilho das cores em artigos de algodão	Produção de tecidos de alta qualidade.
	Desfibrilação do <i>lyocell</i> com melhoramento do aspecto e toque, e diminuição da propensão para o aparecimento do borboto e manchas	Acabamento de tecidos ou vestuário 100% Lyocell, ou misturas com algodão e linho.
Em mistura com pectinases	Remoção de material celulósico presente nos lotes da fibra de lã, por hidrólise da celulose e outros materiais lenhosos	Carbonização de lã antes do tingimento.
<b>PECTINASES</b>		
Em condições ácidas ou alcalinas	Remoção de impurezas, com aumento da capacidade de absorção do material têxtil	<i>Bioscouring</i> dos tecidos de algodão, com reduzido dano para as fibras de celulose
	Decomposição da pectina das cascas e libertação das fibras e remoção de gomas naturais da juta, linho, cânhamo, rami. em substituição da fervura alcalina	Maceração da juta, linho, cânhamo, rami. em substituição dos métodos tradicionais usados, mostrando vantagens significativas no processo
<b>AMILASE</b>		
	Remoção de encolantes por forma a facilitar o posterior branqueamento	Desencolagem dos tecidos de algodão
(oxidativamente estável quando em formulações com lixívia)	Eliminação de manchas de amido	Obtenção de detergentes de elevado poder de actuação sobre manchas de chocolate, papas, etc.
	Preparação de soluções viscosas e estáveis de encolagem	Obtenção de encolantes
<b>PROTEASES</b>		
Geralmente alcalina (e oxidativamente estável em formulações com lixívia)	Remoção de impurezas de algodão	Limpeza do algodão no processo <i>bioscouring</i> .
	Remoção das manchas com substâncias proteicas	Componente dos detergentes para remoção de manchas de sangue, leite, tomate, ovo, etc.
	Remoção das cutículas superficiais das fibras de lã	Acabamento de tecidos de lã fornecendo propriedades anti-feltrantes e estabilidade dimensional melhoradas
Proteases/transglutaminases	Actividade proteolítica sobre superfície da lã	Redução da tendência feltrante, melhoramento da brancura e suavidade, da elasticidade, redução do borboto, melhoramento das características de tingimento, e aumento da estabilidade dimensional
	Modificação proteolítica da fibroína, principal componente dos têxteis de seda	Tratamento para a integridade de artefactos de seda de arte ou tecelagem
	Remoção da goma da seda.	Desengomagem da seda, em substituição do método químico tradicional
<b>LIPASES</b>		
	Remoção de manchas de gordura	Acção detergente
	Remoção de impurezas do algodão	<i>Bioscouring</i>
<b>CATALASES</b>		
	Remoção do peróxido de hidrogénio, por forma a prevenir problemas na fase seguinte de tingimento	Fase terminal do branqueamento
<b>PEROXIDASE</b>		
	Catalisa a oxidação de corante hidrolisado	Remoção do excesso de corante de tecidos coloridos e impedindo-os de manchar outros tecidos. Incorporação em detergentes
<b>LACASES</b>		
	Degradação de corantes, por oxidação nomeadamente o índigo	Envelhecimento de vestuário Denim, com o objectivo de obter várias tonalidades diversas
<b>OXIDASES</b>		
	Gerar peróxido de hidrogénio, na presença de oxigénio usando a glicose (que pode ser proveniente da desencolagem com $\alpha$ -amilase) como substrato	Produção <i>in situ</i> de peróxido de hidrogénio, a utilizar posteriormente no branqueamento do algodão

Das enzimas referidas na tabela anterior, verificamos que as aplicações mais frequentes são na desencolagem, a fervura/branqueamento, neutralização do peróxido de hidrogénio e amaciamento/acabamento têxtil.

#### 4.4.1.1 *Desencolagem Enzimática*

O extracto do malte foi originalmente usado para a desencolagem de encolantes amiláceos dos tecidos. Mais tarde, cerca de 1900, Diastafor demonstrou que a enzima ( $\alpha$ -amilase) é mais eficiente para desencolagem de amido. A enzima rapidase ( $\alpha$ -amilase) foi introduzida no mercado em 1919 e utilizada para a promoção da liquefacção do amido em compostos solúveis em água. Actualmente, a utilização destes produtos generalizou-se existindo uma grande variedade destes produtos disponíveis comercialmente, baseados em enzimas amilopécticas. Estas enzimas não danificam a celulose e são eficientes numa gama variada de temperaturas desde 20°C até 115°C. [N. E. Welker and L. Leon Campbell, Department of Microbiology, University of Illinois, Urbana, Illinois 61801, Journal of Bacteriology, Oct. 1967, p. 1124-1130, American Society for Microbiology, Vol. 94, No.4]

Hoje em dia está a ser dada especial atenção ao desenvolvimento do processo de desencolagem e fervura enzimática em simultâneo num meio alcalino, como forma de substituição do processo convencional baseada em duas etapas. De referir ainda os desenvolvimentos em curso, com o objectivo de permitir as amilases tenham maior resistência à temperatura, melhor resistência oxidativa e actividade independente dos iões  $\text{Ca}^+$ , etc.

#### 4.4.1.2 *Branqueamento/Fervura Enzimática*

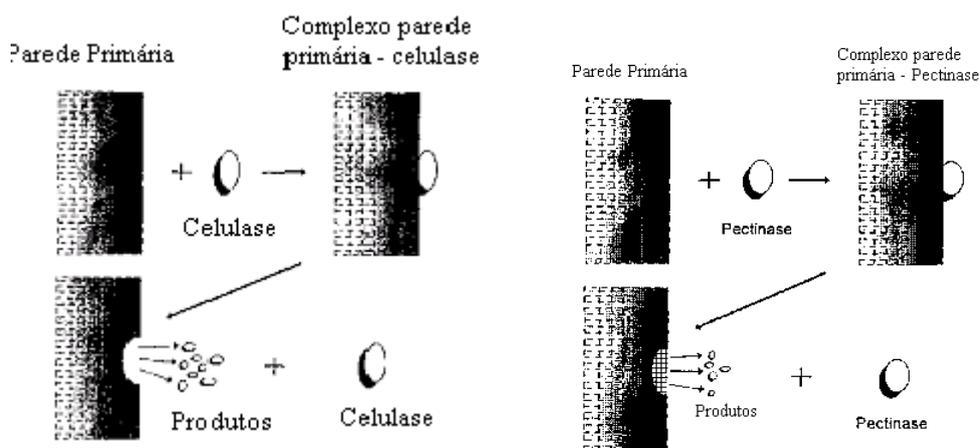
Para promover uma boa hidrofiliidade do algodão, por remoção das sujidades, encolantes e impurezas naturais, é usualmente utilizada uma operação denominada por fervura alcalina.

De forma a promover processos mais económicos e ecológicos estuda-se actualmente a aplicação de tratamentos enzimáticos em artigos de algodão, utilizando-se para tal enzimas do tipo pectinases, celulases, proteases, lipases e outras.

As celulases são especialmente apropriadas para a “bio-fervura” de artigos de algodão, uma vez que o grau de branco que é obtido é apenas cerca de 8-10% mais baixo do que grau de branco obtido por fervura alcalina convencional. De forma a promover a degradação enzimática das pectinas aderentes ao algodão, podem usar-se as pectinases. Desta forma, explica-se a maior eficácia das celulases e das pectinases, quando comparadas com proteases e lipases.

A hidrofiliidade, explicada pela capacidade de absorção da água por parte de substratos de algodão, é facilmente catalisada por pectinases, celulases ou suas

misturas. As pectinases conseguem destruir a estrutura da cutícula por digestão da sua camada interna das pectinas, enquanto que as celulases conseguem destruir a estrutura da cutícula por digestão da parede primária da celulose imediatamente por baixo da cutícula do algodão. Combinando a bio-fervura (tratamento simultâneo com pectinase e celulase) ou a fervura alcalina convencional com um branqueamento alcalino com peróxido de hidrogénio, o grau total de branqueamento é superior na combinação com o tratamento enzimático (bio-fervura). A celulase quebra as ligações próximas da celulose e a pectinase quebra as ligações próximas da cutícula. O resultado desta sinergia é uma bio-fervura mais eficaz quer em termos de velocidade da operação, quer na uniformidade do tratamento.



Ataque da celulase e pectinase à parede primária da celulose. [J. N. Eters, "Cotton Preparation with Alkaline Pectinase: An Environmental Advance", Athens, University of Georgia]

Os pigmentos naturais presentes no algodão são responsáveis pelo tom amarelado do substrato antes do branqueamento. Existem em curso alguns projectos, por exemplo o Synbleach, em que os substratos celulósicos são branqueados com peróxido de hidrogénio seguido de tratamento enzimático. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

As enzimas celulases, xilanases e pectinase têm um enorme efeito no processamento de substratos celulósicos mais lenhosos como o linho ou a juta. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

Os estudos realizados, permitem verificar que a realização do tratamento enzimático antes do branqueamento melhora o grau de branco, visto que se este tratamento for realizado depois do branqueamento o grau de branco diminui e o índice de amarelecimento aumenta. A fervura de substratos celulósicos mais lenhosos como a

juta, provoca uma perda maior de hemicelulose originando uma estrutura aberta e conseqüentemente provoca uma maior área de superfície de lenhina acessível para actuação do peróxido de hidrogénio, resultando assim num grau de branco mais elevado.

O processo de aplicação de “fervura biológica” consiste num tratamento efectuado a temperaturas próximas da fervura, com recurso a enzimas em substituição ou diminuição dos produtos químicos tradicionalmente utilizados. O resultado pretendido é a melhoria da hidrofiliidade do substrato em processamento, sendo o grau de branco um parâmetro não muito importante.

No caso de se pretender um bom grau de branco e não só uma melhoria de hidrofiliidade, também é possível a aplicação de enzimas, sendo posteriormente adicionados os produtos de branqueamento convencionais (por exemplo: peróxido de hidrogénio, hidróxido de sódio, carbonato de sódio) mas em quantidade muito inferior.

Em termos de resultados obtidos, destacam-se as poupanças ambientais e a menor danificação da estrutura físico-mecânica das fibras celulósicas.

#### **4.4.1.3 Neutralização do peróxido de hidrogénio**

Após o branqueamento efectuado com o peróxido de hidrogénio, é necessário efectuar a sua neutralização de forma a evitar posterior reacção com os vários produtos que serão aplicados posteriormente (corantes, produtos auxiliares, produtos químicos, produtos de acabamento, constituintes da água, etc.).

O uso de catalases na neutralização do branqueamento - processo realizado a 40 °C, durante 20 minutos - é sem dúvida outra área de aplicação das enzimas em franca expansão, possibilitando a quebra das ligações do peróxido de hidrogénio evitando futuros problemas de danificação catalítica acentuada (devido à reacção dos resíduos do peróxido de hidrogénio com os iões de ferro presentes na água ou na fibra em processamento) e manchamentos do tingimento, com a vantagem acrescida da possibilidade de utilização do mesmo banho como banho de tingimento, diminuindo o consumo de água, de energia e do tempo do ciclo produtivo.

A taxa de reacção desta enzima é extremamente elevada - sob condições óptimas pode decompor 500 milhões de moléculas de peróxido de hidrogénio em apenas um minuto. Esta tecnologia, quando comparada com a tradicional, para além de muito simples, tem conduzido a produtos de alta qualidade e à redução da quantidade de

água residual. [M. Pintado, F. X. Malcata, J. Morgado, A. Vieira, "Biotechnologia: Um desafio na Indústria Têxtil", Perfil 15/16, 2003]

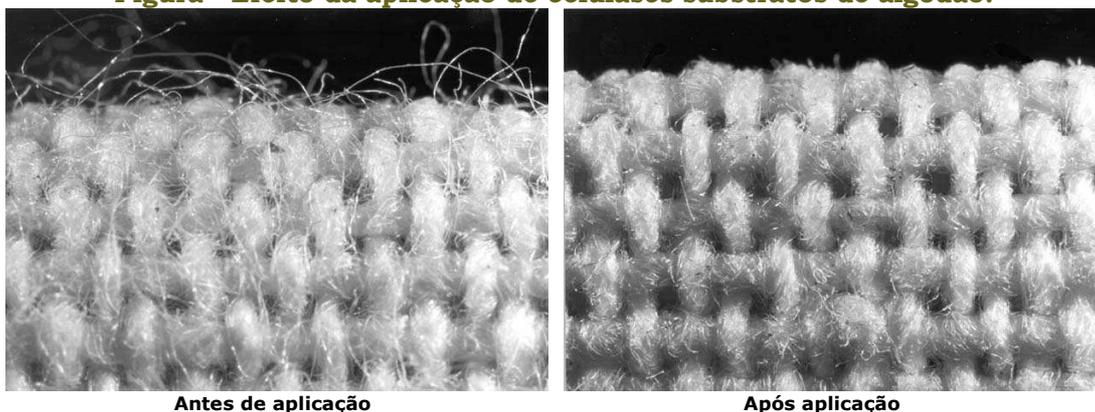
#### 4.4.1.4 Amaciamento Enzimático

O amaciamento com celulases (bio-polishing) consiste na modificação superficial de artigos celulósicos com o objectivo de conferir-lhes uma superfície mais limpa/uniforme, obtendo-se um toque mais frio e macio, maior resistência à formação de borboto e cores luminosas mais brilhante. Este tratamento pode ser aplicado a malhas/tecidos celulósicos tais como algodão, viscose e linho e suas misturas. A eliminação superficial das microfibrilas da fibra de algodão através da acção de celulases é obtida por hidrólise controlada da celulose deixando a superfície das fibras livre e conferindo um aspecto mais uniforme. Esta melhoria na suavidade e alisamento do artigo é permanente em contraste com os amaciadores químicos aplicados na superfície da fibra.

Apesar de o bio-amaciamento poder ser efectuado em qualquer fase do processamento a húmido, é útil realiza-lo após o branqueamento. Os artigos podem ser tratados quer em malha/tecido quer em peças confeccionadas e o tratamento pode ser combinado com outro processo.

O tratamento controlado com celulases otimiza as propriedades da superfície dos artigos mas diminui a resistência à tracção. Os processos comerciais apontam para 3-6% de perda de peso após hidrólise e uma perda de resistência de 10 % é considerada aceitável. As relações perda de resistência/peso obtidos em substratos de rami e do linho diferem das do algodão e da viscose.

**Figura - Efeito da aplicação de celulases substratos de algodão.**



Deve ainda ser referido que esta operação é também frequentemente aplicada numa fase posterior ao tingimento. Neste caso é necessário ter em consideração os corantes aplicados, pois os corantes aniónicos tais como os corantes directos e reactivos e os surfactantes catiónicos e aniónicos inibem apreciavelmente a reacção catalítica da

celulase, resultando num decréscimo da perda de peso, contudo corantes não-iónicos tais como corantes de cuba e surfactantes não-iónicos não apresentam inibição significativa. O grau de inibição depende da classe e da concentração do corante. O efeito inibitório pode dever-se à interacção iónica entre a celulase e corantes aniónicos com grupos sulfonatos, da capacidade de reticulação dos corantes bifuncionais ou da estrutura grande e plana da molécula dos corantes de cuba.

#### 4.4.2 Tratamento Enzimático da Lã.

As fibras proteicas, onde pode ser aplicado o tratamento prévio enzimático são a lã e à seda. É possível remover resíduos de pele, gorduras e matéria vegetal da lã com um método de degradação enzimático. Além disso, é possível modificar a superfície da lã impedindo-a de feltrar melhorando simultaneamente o lustro e o toque dos substratos de lã por tratamento enzimático. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417].

As duas maiores partes morfológicas na estrutura da lã são a cutícula e o córtex. A epicutícula das fibras de lã que reveste cada cutícula, é constituída aproximadamente por um-quarto de peso de ácidos gordos e três-quartos de peso de proteína. A epicutícula hidrófoba actua como uma barreira aos corantes que entram na fibra de lã entre as células de cutícula através do complexo da membrana celular (CMC) altamente reticulada. Em contraste com a acção catalítica da enzima no algodão, que é confinada apenas à superfície e à região amorfa da fibra, as enzimas que actuam na lã podem difundir-se para o interior da fibra e hidrolizar partes da endocutícula e de proteínas no CMC, danificando completamente a fibra se o tratamento não for controlado. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

Enzimas tais como as proteases, lipases, lipases lipoproteicas e enzimas proteolíticas derivadas da bactéria *Streptomyces fradie* (conhecida por SFP) são capazes de atacar a queratina natural, hidrolizando algumas ligações peptídeas. Contudo as proteases são amplamente usadas. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417].

##### 4.4.2.1 Carbonização da Lã

A matéria vegetal da lã é normalmente removida por um processo conhecido como carbonização. A carbonização da lã com ácidos inorgânicos, além de não se mostrar

ambientalmente favorável, pode causar alguma degradação da fibra. A substituição da carbonização pela aplicação de enzimas, tais como celulasas, lenhinasas, hidrolases, liases e oxido-reductases tem vindo a ser estudada. Também está a ser estudada uma alternativa bioquímica usando uma combinação complexa de enzimas para o processo químico de carbonização com ácido sulfúrico. A quantidade de ácido sulfúrico necessária para a carbonização pode ser reduzida por acção de enzimas celulolíticas e pectinolíticas. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

A aplicação de celulasas, provoca o enfraquecimento da coesão entre as impurezas naturais da lã tais como matéria vegetal e flocos de pele ou mesmo promover a sua modificação de modo a facilitar a sua remoção. Para a degradação da lenhina das rebarbas na lã, podem ser utilizadas enzimas lenhina-peroxidases. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417].

#### **4.4.2.2 Branqueamento da Lã**

O branqueamento da lã é necessário para melhorar a sua brancura e lustre. Usando somente enzimas proteolíticas (proteases) sozinhas ou em combinação com peróxido de hidrogénio, o grau de branco e a hidrofiliidade das fibras aumenta em comparação com o tratamento oxidativo utilizado isoladamente. A serina-protease é estável ao peróxido de hidrogénio, tem actividade em meio alcalino e o aumento no nível de peróxido de hidrogénio potencia a sua actividade.

O aumento do índice de branco é causado pela acção de descoloração promovida pela enzima, nos corantes naturais presentes na fibra de lã. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417].

#### **4.4.2.3 Anti-feltragem da lã**

As fibras de lã têm tendência para feltrar e encolher devido à sua estrutura característica baseada em escamas, pois o efeito de fricção diferencial (EFD) leva a que a fibra se movimente na direcção da sua raiz quando se aplica acção mecânica em húmido provocando a sua feltragem.

Geralmente tenta-se evitar o encolhimento acentuado da lã é efectuado por métodos oxidativos, redutivos e/ou por aplicação de resinas. O tratamento anti-feltragem normalmente usado para modificar as escamas das fibras de lã é efectuado por utilização de cloro, pelo que, têm sido levadas a cabo várias tentativas para substituir este processo por um processo enzimático amigo do ambiente. Neste contexto, o uso

de proteases para reduzir o toque espinhoso e melhorar a suavidade da lã deve ser estudada. [C. J. Marinho da Silva, *"Enzymatic treatment of wool with Modified Proteases"*, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2005]

Têm sido feitas pesquisas acerca do uso de proteases para diminuir a tendência de feltragem da lã desde 1900, mas os resultados obtidos até agora apresentam uma elevada variância e na maioria dos casos, resultados inferiores quando comparado com o método químico clássico. Consequentemente o bio-tratamento da lã ainda não é um processo frequentemente implementado à escala industrial. [C. J. Marinho da Silva, *"Enzymatic treatment of wool with Modified Proteases"*, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2005]

De todos os tratamentos enzimáticos desenvolvidos para a lã, poucos são processos puramente enzimáticos, sendo o tratamento prévio mecânico e químico frequentemente combinado com o tratamento enzimático.

As enzimas que mais aplicação têm nas fibras de lã, são as proteases (tripsina ou papaína), no entanto as proteases bacteriais alcalinas do tipo das usadas nos detergentes de lavagens também começam a ser utilizadas. De referir ainda a aplicação de proteases neutras resistentes ao calor para a remoção das escamas, conseguindo-se ainda conjugar este efeito com a obtenção de um toque macio, do tipo caxemira. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

O uso de proteases pode provocar a da hidrólise da lã, pois o facto de se tratar de uma fibra proteica proporciona o ataque aleatoriamente pelas proteases de acção hidrolítica não específica. Genericamente falando, se as proteases forem aplicadas a níveis em que origem suficiente resistência ao encolhimento durante as lavagens, as fibras de lã são danificadas em níveis inaceitáveis e o tratamento não é uniforme nem regular. [C. J. Marinho da Silva, *"Enzymatic treatment of wool with Modified Proteases"*, Escola de Engenharia da Universidade do Minho, 2005].

Este facto faz com que os mais recentes estudos para o tratamento da lã com proteases sejam direccionados para a melhoria da resistência ao encolhimento e não para a obtenção de um efeito anti-feltragem comparável com aquele que se obtém com o processo comercialmente usado. Contudo, os estudos continuam e têm vindo a ser desenvolvidas técnicas que permitam modificar as proteases, aumentando o seu peso molecular e restringindo, deste modo, o seu ataque à superfície da fibra, removendo apenas a cutícula.



#### 4.4.3 Desengomagem enzimática da seda

O processo de desengomagem enzimática foi introduzido no mercado há muito tempo, no entanto, não é tão largamente usado como o processo tradicional com o sabão Marselha. Este processo não danifica a fibroína da seda e é recomendada para tecidos de seda delicados e luminosos. Por outro lado, este processo não é tão eficaz para tecidos de seda grossos.

Este processo consiste na remoção da sericina através de uma fervura com sabão, alcali, ácido e enzimas (proteases).

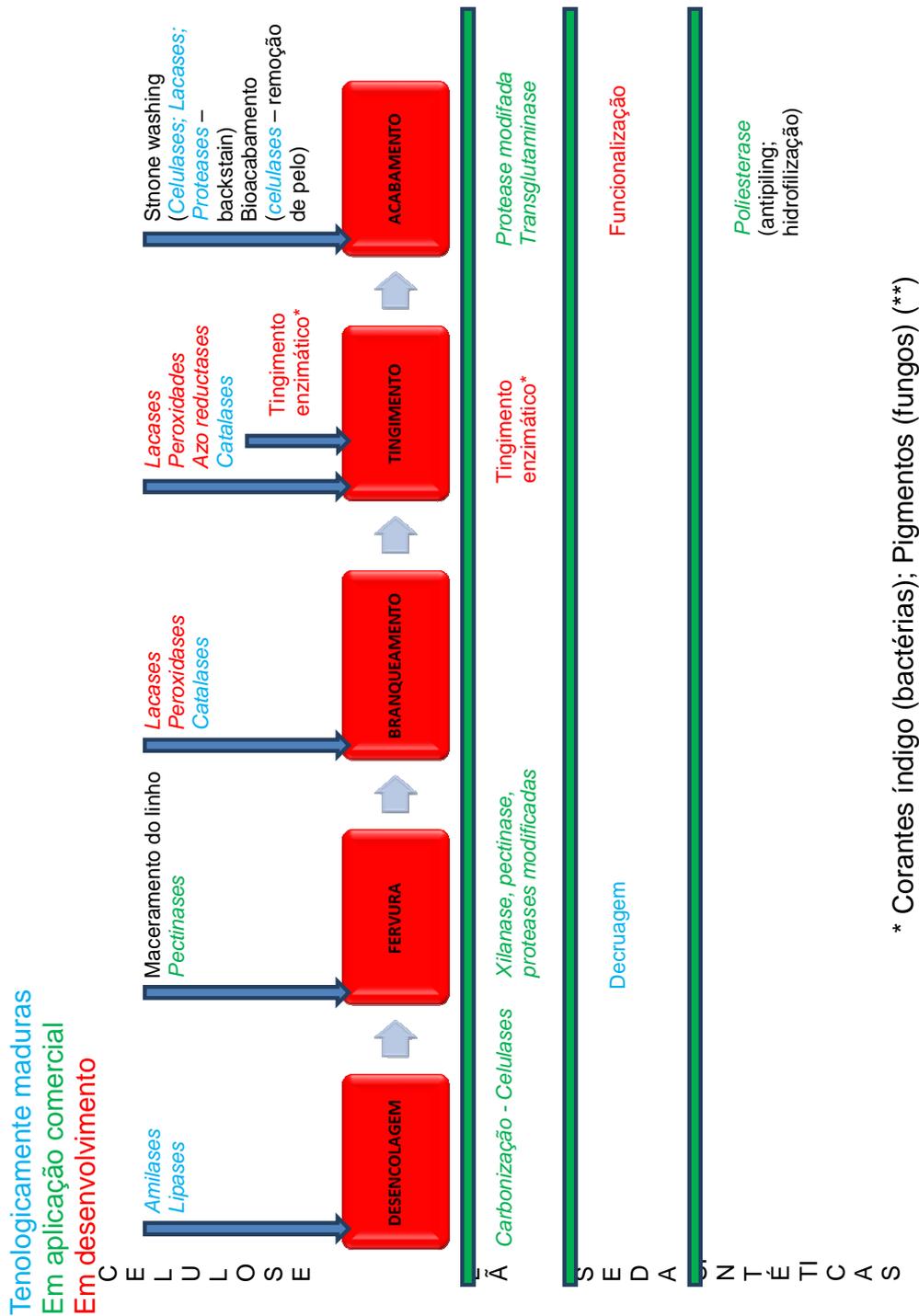
A enzima que pode hidrolisar a sericina é classificada como enzima proteolítica, que provoca a quebra das ligações peptido/amida e convertendo-as em aminoácidos. Existem principalmente três tipos de enzimas proteolíticas tais como proteases de zinco (por exemplo, carboxi peptidase A), serina-protease (quimotripsina, tripsina, trombina) e tiol-proteases (agem como um resíduo de cistina na proteína). A actividade das enzimas proteolíticas e conseqüentemente a eficácia da desengomagem depende do pH do banho, sendo a que actividade óptima é registada a diferentes pH para diferentes enzimas.

Usualmente a desengomagem enzimática da seda é um processo de duas etapas. Na etapa de pré-desengomagem, os artigos são tratados com uma solução contendo carbonato de sódio (usualmente 1g/l) a 95 °C, durante 20 minutos e numa relação de banho de 1:30. Numa segunda etapa, a desengomagem é realizada por tratamento numa solução contendo uma enzima proteica (0,06-0,1 g/l), detergente não-iónico (1g/l) durante 30 minutos a 55-60 °C. Um tratamento de curta duração num terceiro banho contendo carbonato de sódio ou sabão pode ser efectuado para a remoção da sericina restante. [S.R. Karkamar, *Chemical Technology in the Pre-treatment Processes of Textiles*, Textiles Science and Technology, Elsevier, 1999, pages: 395-417]

Usualmente é impossível obter a desengomagem completa da seda através de enzimas.

## 4.5 Desenvolvimento de novas enzimas para os processos de enobrecimento têxtil.

Após o sucesso da aplicação das enzimas na desengolagem, muitas outras foram sendo introduzidas no processamento têxtil, como podemos verificar no esquema seguinte:



(\*\*) Fonte: adaptado de BIOTEX - Cooperation between Industrial Biotech and Textile - European Textile Technology Platform conference - 31st March 2011

Em resumo, as principais vantagens do uso de enzimas são:

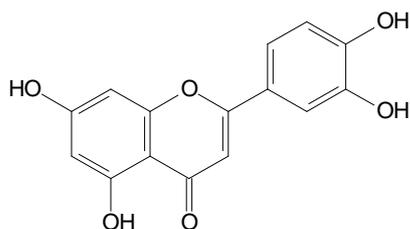
- I. Baixo consumo de energia: poupança até 120 kg de CO<sub>2</sub> / ton de têxteis produzidos;
- II. Redução do uso da água até 19.000 l / ton de branqueamento de têxteis;
- III. Economia da energia;
- IV. Produtos químicos menos agressivos;
- V. Melhora a qualidade;
- VI. Processo totalmente biodegradáveis

#### 4.6 Desenvolvimento de detergentes para conservação e limpeza dos têxteis, baseados em enzimas. Ex.:



- a) Amilases (Remoção de amido, chocolate, cremes)
- b) Celulases (Agente amaciador, brilho das cores, remoção de sujidade)
- c) Catalases (Remoção de sujidade)
- d) Lipases (Remoção de molhos manteiga e colas)
- e) Proteases (Remoção de sangue, ovo, manchas de suor)

#### 4.7 Desenvolvimento de novos corantes baseados na biotecnologia (Corantes índigo (bactérias), pigmentos (fungos));



#### 4.8 Novas ferramentas para contrariar a contrafacção, detectar adulteração dos produtos e controlar a qualidade dos têxteis. Ex.



#### 4.9 Funcionalização dos têxteis (alteração superficial, novos efeitos de moda, auto-limpeza, etc.);



#### 4.10 Tratamento dos efluentes residuais gerados pelas empresas têxteis.

##### Constrangimento tecnológicos

Apesar das inúmeras propriedades e mais valias apresentadas pela biotecnologia existem ainda alguns constrangimentos tecnológicos a considerar, nomeadamente:

- a) Desempenho das enzimas;
- b) Necessidade de uma abordagem global do sistema (processo de engenharia, cadeia de fornecimentos, o custo, a ACV ...);
- c) Aceitação do mercado e legislação adequada;
- d) Scale-up industrial



## 5 BIOFIBRAS Y BIONANOCOMPOSITES.

ALEJANDRO PAN (Director Technology Transfer & industrial liaison)

SERGIO FIGUEIRAS GÓMEZ (Vigilance Technology Unit)

International Iberian Nanotechnology Laboratory (INL INTERNATIONAL)





## 5.1 Introducción.

La introducción de biofibras con nuevas funcionalidades es imprescindible para mantener el liderazgo de la industria textil europea y en particular la competitividad del sector en España y Galicia. Además de la incorporación de nuevos usos y experiencias para el consumidor final, una buena parte del valor añadido de estos materiales debe estar relacionado por la compatibilidad y respeto por el medio ambiente. La incorporación de fibras de origen natural y de materiales reciclables o renovables es por tanto clave para el sector. Al mismo tiempo sobre estas biofibras naturales pueden incorporarse nanoestructuras y nanosistemas para la fabricación de materiales textiles autolimpiables, más duraderos, resistentes a la radiación ultravioleta o al fuego e incluso capaces de responder a estímulos externos a través de dispositivos basados en nanoelectrónica.

## 5.2 Biofibras: origen y clasificación.

A pesar de que las fibras de origen natural tienen una larga tradición, éstas se han visto desplazadas a mediados del siglo pasado por nuevos materiales sintéticos derivados del petróleo que resultaron en su día mucho más baratos, resistentes y versátiles. Sin embargo, en los últimos años se ha recuperado el interés por las fibras de origen natural y biodegradables. También ciertas políticas encaminadas a la sostenibilidad, conservación del medio ambiente y desarrollo de nuevos modelos de negocio en países con un sector primario muy fuerte han impulsado la búsqueda de estos materiales. En la actualidad, existe una gran variedad en cuanto a biofibras. Satyanayramara<sup>1</sup> y colaboradores clasifican las diferentes biofibras existentes en el mercado o en fase de comercialización en cuatro grandes grupos dependiendo de la materia prima de origen y los procesos de fabricación (ver tabla1).

---

<sup>1</sup> Kestur G. Satyanarayana, Gregorio G.C. Arizaga, Fernando Wypych. *Progress in Polymer Science* 34, **2009**, 982–1021

**Tabla 1. Clasificación de las Biofibras.**

BIOFIBRAS BIODEGRADABLES			
PROCEDENTES DE FUENTES RENOVABLES	SINTETIZADAS QUÍMICAMENTE	SINTETIZADAS POR MICROORGANISMOS	MEZCLAS GRANULADAS
Polisacáridos (celulosa, quitosano, maíz, patata, mandioca, algodón, madera, pectina, quitina, etc.)	Poli-ácidos	Polihidroxicarboxilatos	Almidón de patata, maíz, arroz, etc.
Proteínas (caseína, colágeno, gluten, etc.)	Poli(vinil)alcoholes	Celulosa bacteriana	Mezclas de poliésteres
Lípidos	Aromaticpoliester, Polialifaticpoliester	Curdlan, pullutan	Mezclas de caseinatos
Glicéridos entrecruzados	Poliestaramidas		Colágeno, /PVA

De la clasificación anterior destacan los polisacáridos por su abundancia a nivel global, principalmente con origen en de celulosa, quitosano y patata. También son muy importantes los Polihidroxicarboxilatos que presentan propiedades excelentes para ser incorporados a materiales textiles y que son sintetizados por la acción de microorganismos o las biofibras basadas en el almidón. A continuación vamos a describir con un poco más de detalle las principales biofibras de estos grandes grupos.

### 5.2.1 Fibras procedentes de Polisacáridos

Las fibras procedentes de polisacáridos suelen estar formadas por celulosa, lignina, y hemicelulosa. La celulosa es un polímero natural formado por unidades del monómero D-anidroglicosa ( $C_6H_{11}O_5$ ) unidas a través de enlaces glucosídicos entre las posiciones  $C_1$  y  $C_4$ . Su grado de polimerización (DP) se aproxima a los 10.000 y presenta un grado de empaquetamiento y autoensamblaje elevado por los múltiples enlaces de hidrógeno que se establecen a partir de los grupos hidroxilo presentes en el monómero de glucosa. El grado de empaquetamiento influye directamente en su elevado grado de cristalinidad y sus propiedades físicas y químicas. La celulosa es por tanto resistente a medios básicos y agentes oxidantes pero hidrolizable en ciertas condiciones ácidas. En las fibras naturales la celulosa, habitualmente aparece asociada a la Hemicelulosa. Se trata de un material menos homogéneo, compuesto por polisacáridos de anillos 5 y 6 miembros. La Hemicelulosa no es cristalina y presenta un

mayor número de ramificaciones en su estructura. Su grado de polimerización es entre 10 y 100 veces menor que el de la celulosa y es menos estable en condiciones ácidas y básicas. Otro componente muy importante de las fibras naturales celulósicas es la lignina. A diferencia de los anteriores, la lignina no pertenece a la familia de los polisacáridos sino que se trata de un polímero hidrocarbonado formado por grupos aromáticos y alifáticos. Presenta reducida homogeneidad, factor que parece resultar clave en la estabilidad y resistencia de las biofibras que incorporan lignina (biofibras lignocelulósicas). Habitualmente las biofibras formadas a partir de celulosa proceden de hojas de palmeras y plataneros, plantaciones de algodón o pulpa de madera. Se usan habitualmente en combinación con agentes plastificantes no biodegradables para la mejora de sus propiedades físicas y químicas. En este sentido, existe un amplio número de investigaciones que tienen como objetivo el desarrollo de “biocomposites” resultado de la combinación de materiales de origen celulósico con otro tipo de aditivos más respetuosos por el medio ambiente. Una parte de estos aditivos se desarrollan a escala “nano” mejorando considerablemente las características del producto final al mismo tiempo que reducen el uso de materiales no biodegradables.<sup>2</sup>

Otro material de la familia de los polisacáridos que está atrayendo mucha atención por parte de la industria textil es el Quitosano. Se trata de una fibra no tóxica, con alto grado de biocompatibilidad cuando es incorporado al cuerpo humano y que presenta ciertas propiedades bactericidas y fungicidas.<sup>3</sup> Además, el quitosano ocupa el segundo lugar en cuanto a abundancia en la familia de los polisacáridos, al ser obtenido, por procesos de de-acetilización de residuos de quitina (la segunda biofibra más abundante después de la celulosa).<sup>4</sup> Con estas premisas no es extraño que el Quitosano sea un material idóneo para materiales textiles y fibras con aplicaciones biomédicas e incluso como material de partida para el desarrollo de terapias utilizadas en la regeneración de tejidos.

---

<sup>2</sup> Chakraborty, A., Sain, M., & Kortschot, M. *Cellulose microfibrils as reinforcing agents for structural materials*. In K. Okzman, & M. Sain, *Cellulose nanocomposites: Processing, characterization, and properties ACS Symposium Series*, **2006**, 169–186)

<sup>3</sup> d’Ayala, G., Malinconico, M., & Laurienzo, P. (2008). Marine derived polysaccharides for biomedical applications: Chemical modification approaches. *Molecules*, *13*, 2069–2106.

4 Aranz, I., Mengibar, M., Harris, R., Panos, I., Miralles, B., Acosta, N., et al. (2009). Functional characterization of chitin and chitosan. *Current Chemical Biology*, *3*, 203–230.

### 5.2.2 Biofibras sintetizadas por Microorganismos.

Este grupo de biofibras resulta especialmente interesante por los últimos avances experimentados por la biotecnología. En principio, se trata de poliésteres naturales producidos por bacterias y otros microorganismos.<sup>5</sup> Estos organismos vivos fabrican los poliésteres como reserva de carbono y energía. En muchas ocasiones la materia prima sobre la que actúan los microorganismos son residuos agrícolas o restos de biomasa. La posibilidad de transformar residuos o despojos de los montes en materiales biodegradables con múltiples aplicaciones resulta muy atractiva desde el punto de vista económico y medioambiental.

Entre estos biopolímeros y biofibras de esta familia destaca el PHB (poli(3-hidróxido de Butirato)) y el PHA (Polihidroxicanoato).<sup>6</sup> En ambos casos nos encontramos con materiales con buenas propiedades para su aplicación en la fabricación de materiales textiles cuando son combinados con otros aditivos. Por eso la investigación con estos materiales se centra en la mejora de sus propiedades a través de la combinación de PHB y PHA con otros biopolímeros y aditivos. Significativos avances se han llevado a cabo en este campo con la utilización de combinaciones de PHA y PHB con fibras celulósicas o derivadas del almidón.

Por otra parte este tipo de biofibras está despertando un enorme interés en la comunidad científica por las enormes posibilidades que ofrece la biotecnología. Microorganismos y plantas pueden ser sometidas a modificaciones genéticas con el objetivo de mejorar no solo las biofibras resultantes sino también para conseguir métodos de producción más rápidos, eficaces y económicos que permitan el aprovechamiento de todo tipo de residuos agrícolas y forestales.

### 5.2.3 Biofibras sintetizadas químicamente.

Posiblemente, el hecho de ser un grupo de biofibras con larga tradición en la industria de los plásticos, convierte a estos materiales en productos menos atractivos en los foros de innovación. La realidad es que las fibras sintetizadas químicamente como el PLA,<sup>7</sup> (a

---

<sup>5</sup> Scholz C, Gross RA. Poly(\_-hydroxyalkanoates) as potential biomedical materials: an overview. In: *Polymers from renewable resources*. Washington: American Chemical Society; **2000**. p. 328–34.

<sup>6</sup> Lenz RW, Marchessault RH. Bacterial polyesters: biosynthesis, biodegradable plastics and biotechnology. *Biomacromol* **2005**, 1–8.

<sup>7</sup> Yu L, Dean K, Li L. Polymer blends and composites from renewable resources. *Progr Polym Sci*, **2006**; *31*, 576–602.

partir de ácido láctico), o el PVA<sup>8</sup> (a partir de alcohol vinílico) pueden ser considerados dentro del grupo de las biofibras porque sus monómeros proceden de residuos naturales de origen animal o vegetal.

El proceso de fabricación comienza con una materia prima de origen natural (normalmente maíz o azúcar de caña) que se someten a procesos biotecnológicos y técnicas de purificación que terminan, en un primer paso, con la obtención de un monómero (ácido láctico, alcohol vinílico, etc.). A continuación, el monómero se somete a los habituales procesos de polimerización de la industria de los plásticos hasta llegar al producto final (PLA, PVA, etc.).

Con frecuencia en la fabricación de estas biofibras se incorporan aditivos que son decisivos en la estructura del material sintetizado y que por tanto afectan no solo a las propiedades físicas y químicas del producto sino también a las aplicaciones y usos del material. Una buena parte de estos procesos de polimerización a partir del monómero concluyen en productos que no pueden ser considerados como fibras biodegradables o renovables. Se trata habitualmente de estructuras muy resistentes a los procesos de oxidación y “envejecimiento” y presentan ciclos de vida similares a los de otros materiales sintetizados a partir de derivados del petróleo.

Sin embargo, cada vez más estas fibras de PLA o PVA se combinan con aditivos o mezclas granuladas de materiales biodegradables con excelentes resultados.<sup>9</sup> Las nuevas biofibras mantienen algunas de las ventajas de los productos tradicionales, resultado de la combinación con aditivos derivados del petróleo, pero en este caso son compatibles con el medio ambiente.

#### 5.2.4 Biofibras a partir de almidón.

Se trata de una familia de biofibras hidrofílicas que se procesan por métodos convencionales. El ingrediente más conocido y utilizado es el almidón. El almidón es una mezcla de dos polisacáridos, la amilosa y la amilopectina. Ambos polisacáridos están formados por unidades de glucosa. En el caso de la amilasa, el monómero se une por enlaces a 1-4, lo que da lugar a una cadena lineal. En el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones causadas por los enlaces de tipo 1-6. El almidón se suelen

<sup>8</sup> Imam, S. H., Cinelli, P., Gordon, S. H., & Chiellini, E. Characterization of biodegradable composite films prepared from blends of poly(vinyl alcohol), cornstarch, and lignocellulosic fiber. *Journal of Polymers and the Environment*, **2005**, *13*, 47–55.

<sup>9</sup> Fernandes, E. G., Cinelli, P., & Chiellini, E. Thermal behavior of composites based on poly(vinyl alcohol) and sugar cane bagasse. *Macromolecular Symposium*, **2004**, *21*, 231–240.

obtener a partir de maíz, trigo, arroz o patata y es una estructura altamente cristalina. La cristalinidad es provocada principalmente por la amilopectina. Los gránulos de almidón son altamente solubles en agua y su tratamiento no es sencillo por ser materiales quebradizos y que no dan una respuesta homogénea en los procesos de fusión. Para su uso como fibras o como materiales poliméricos deben ser combinados con agentes plastificantes y otros aditivos que le confieren diferentes propiedades.

En muchas ocasiones estas mezclas granuladas se combinan con otras biofibras de origen natural como el PLA<sup>10</sup> o el LDPE<sup>11</sup> (Polietileno de baja densidad), permitiendo la obtención de compuestos con diferentes niveles de biodegradación.

### 5.3 Modificación de las biofibras naturales

En los procesos de fabricación de los compuestos anteriores hemos mencionado en diferentes ocasiones la importancia de los aditivos en la estructura del material y por tanto en las propiedades físicas y químicas y aplicaciones del producto final. En este campo la presencia o adición de materiales nanoestructurados en las biofibras puede contribuir significativamente al desarrollo de estos materiales. La razón está en las enormes posibilidades de mejora de las propiedades con el mínimo volumen de unos nanomateriales capaces de interactuar a nivel molecular con las estructuras de las fibras naturales.

A continuación se muestran algunas de las nanoestructuras con mayor impacto y potencial aplicación en la industria de las biofibras textiles.

#### 5.3.1 Nanopartículas.

Desde hace tiempo se conoce que las Nanopartículas (NP) ofrecían ciertas posibilidades en la fabricación de biofibras en cuanto a la modificación de la dureza, cristalinidad, ductilidad, estabilidad térmica, etc. En los últimos años la incorporación de nanoestructuras metálicas se ha convertido en una realidad gracias a técnicas como la electrodeposición y otras tecnologías de deformación de plásticos.<sup>12</sup> Al mismo tiempo,

<sup>10</sup> Hunealt MA, Li H, Chapleau N, Favis BD. Processing and properties of poly (lactic acid)/plasticized starch blends. In: *World Polymer Congress and 41st International Symposium on Macromolecules*. 2006

<sup>11</sup> Rodriguez-Gonzalez FJ, Ramsay BA, Favis BD. High performance LDPE/thermoplastic starch blends: a sustainable alternate to pure polyethylene. *Polymer*. 2003; 44, 1517–26.

<sup>12</sup> Karimpoor, A.A., U. Erb, K.T. Aust, and G. Palumbo. High strength nanocrystalline cobalt with high tensile ductility. *Scr. Mater*. 2003, 49, 651–656.

se han desarrollado nuevas biofibras en las que las NP se combinan a nivel estructural con las moléculas que forman parte de las fibras. Estas nanopartículas provocan cambios en la organización de las moléculas de las fibras afectando a su deposición espacial y propiedades físico-químicas. Muchas de ellas ven también mejoradas sus propiedades mecánicas, impermeabilidad frente gases o agua, estabilidad térmica, o incluso ciertas capacidades antibacterianas a través de, por ejemplo, la incorporación de nanopartículas de plata.<sup>13</sup>

### 5.3.2 Nanofibras de celulosa o “nanowiskers”.

Los expertos en la industria textil estiman un gran mercado para todos los derivados de la celulosa. La celulosa es abundante, extremadamente estable y compatible con el medio ambiente. Evidentemente también se esperan grandes avances en el desarrollo de nanoestructuras derivadas de la celulosa con potencial para ser incorporadas a las biofibras.

Los métodos para la obtención de nanofibras celulósicas o “nanowiskers” son muy diversos pero mayoritariamente implican un tratamiento de celulosa cristalina con una mezcla de N,N-dimetilacetamida y Cloruro de Litio (DMAc/LiCl), seguido de un tratamiento de la suspensión resultante con ultrasonidos. Existen diversos trabajos sobre la incorporación de nanofibras lignocelulósicas a biofibras. Algunos ejemplos de estos trabajos han utilizado como material base el PLA,<sup>14</sup> con PHA<sup>15</sup> o con biofibras de base de almidón.<sup>16</sup>

### 5.3.3 Nanotubos de Carbono.

Desde el punto de vista estructural, los Nanotubos de Carbono (CNT) son unidades cilíndricas formadas por átomos de carbono con hibridación sp<sup>2</sup>. Existen diferentes tipos de nanotubos dependiendo del número de capas, tamaño del diámetro interno y disposición geométrica de los átomos de carbono. Los nanotubos de carbono pueden

<sup>13</sup> Karthik Ramaratnam, Swaminatha K. Iyer, Mark K. Kinnan, George Chumanov, Phillip J. Brown, Igor Luzinov, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. **2008**, Volume 3, Issue 4, pages 1-14.

<sup>14</sup> Iwatake, A., Nogi, M., Yano, H. (). Cellulose nanofiber-reinforced polylactic acid. *Composites Science and Technology*, **2008**, 68, 2103–2106.

<sup>15</sup> Grunert, M. & Winter W. T. (2002). Nanocomposites of Cellulose Acetate Butyrate Reinforced 876 with Cellulose Nanocrystals. *Journal of Polymers and the Environment*, 10(1/2), 27-30.

<sup>16</sup> Ma, X. F., Chang, P.R. & Yu, J.G. Properties of biodegradable thermoplastic pea starch/carboxymethyl cellulose and pea starch/microcrystalline cellulose composites. *Carbohydrate Polymers*, **2008**, 72, 369-375.

además ser funcionalizados sintéticamente permitiendo la obtención de un arsenal de compuestos con diferentes aplicaciones. Este tipo de nanocomposites han sido incorporados en las biofibras con el objetivo de mejorar la biodegradación, las propiedades mecánicas o para incrementar la conductividad térmica y eléctrica. Este último aspecto es especialmente atractivo para el desarrollo de nuevos materiales textiles de gran valor añadido para la industria biomédica y del automóvil. Ambas industrias buscan en este momento nuevas fibras capaces de responder a estímulos externos a través de sistemas electrónicos incorporados en las propias fibras.<sup>17</sup> También se esperan aplicaciones de biofibras mejoradas con nanotubos de carbono en la industria alimentaria con la producción de sistemas de packaging inteligente capaces de informar al usuario final de la salubridad y propiedades organolépticas del producto empaquetado.<sup>18</sup>

#### 5.3.4 Nanoclays.

Otro tipo de estructuras utilizadas como aditivos de las biofibras son las nanoarcillas o más conocidos por el término inglés “nanoclays”. La estructura de las nanoclays implica a dos o más nanocapas de hidróxidos metálicos y óxidos de silicio autoensambladas por interacciones supramoleculares. El tipo de estructuras y autoensamblaje es muy diverso pero las nanoclays más utilizadas en la producción de biofibras textiles tienen su origen en un mineral llamado Montmorollinita. La versatilidad de estos nanocomposites es incluso mayor cuando muchas de estas nanoclays pueden ser funcionalizadas con moléculas que pueden provocar cambios sustanciales cuando interactúan a nivel molecular con biofibras de PLA, PHB o de otras familias. En la actualidad, la mayor parte de las aplicaciones de las nanoclays se centran en la mejora de la impermeabilidad de las fibras al paso de gases, olores y vapores al mismo tiempo que mejoran su rigidez y estabilidad térmica.<sup>19</sup> También existen trabajos en los que se ha demostrado su capacidad para bloquear el paso de la luz ultravioleta.<sup>20</sup> Ambas

<sup>17</sup> Chen, E. C., & Wu, T. M.. Isothermal crystallization kinetics and thermal behavior of poly(3-caprolactone)/multi-walled carbon nanotube composites. *Polymer Degradation and Stability*, **2007**, 92, 1009-1015.

<sup>18</sup> Sanchez-Garcia, M. D., Lagaron, J. M., & Hoa, S. V. Effect of addition of carbon nanofibers and carbon nanotubes on properties of thermoplastic biopolymers. *Composite Science and Technology*, **2010**, 70(7), 1095-1105.

<sup>19</sup> Lee, J. H., Lee, Y. H., Lee, D. S., Lee, Y. K., & Nam, J. D. Thermal and mechanical properties with hydrolysis of PLLA/MMT nanocomposite. *Polymer Korea*, **2005**, 29(4), 375-379.

<sup>20</sup> Chang, J. H., An, Y. U., & Sur, G. S. (). Poly(lactic acid) nanocomposites with various organoclays. I. Thermomechanical properties, morphology, and gas permeability. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, **2003**, 41, 94-103.

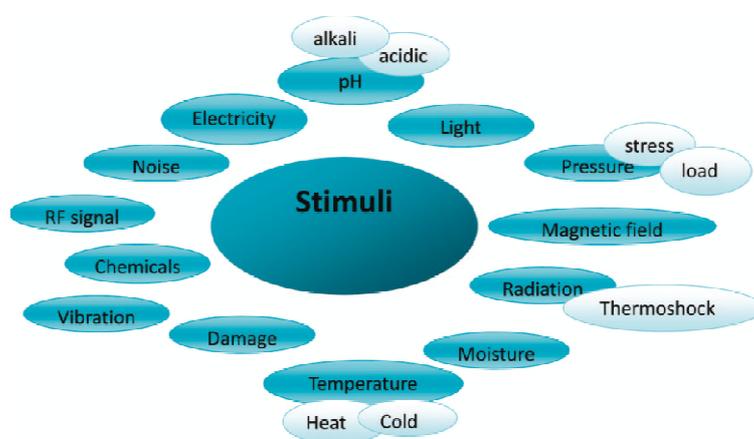
aplicaciones son solo un ejemplo de las grandes posibilidades de este tipo de aditivos-nanocompositos en el desarrollo de biofibras con aplicaciones en el sector textil.

## 5.4 Incorporación de la Nanotecnología a las Biofibras. Textiles inteligentes.

Hasta el momento hemos analizado las posibles contribuciones de la Nanotecnología a la mejora de las propiedades, térmicas, mecánicas o impermeabilizadoras de las biofibras. Sin embargo, la Nanotecnología puede ser una herramienta capaz de aportar mucho más valor, posibilitando el desarrollo de nuevos materiales inteligentes capaces de responder e interactuar con el usuario y el medio que los rodea. Gracias a la Nanotecnología es posible entrar en el campo de los textiles inteligentes o “smart Textiles”.

Estos materiales se fundamentan en la nanoelectrónica, que es una de las principales áreas de investigación del INL. Por Nanoelectrónica entendemos nuevos sensores, sistemas de almacenamiento o captación de energía, actuadores, circuitos y otros dispositivos y sistemas fabricados a escala nanométrica y susceptibles de ser integrados en las biofibras y otros materiales textiles para la transmisión y procesamiento de señales electrónicas. Todos estos nanosistemas son capaces de responder a los diferentes estímulos del exterior posibilitando una gran variedad de usos, funciones y sensaciones al usuario final.

En la siguiente representación, (extraída del trabajo de A Schwarz y col<sup>21</sup>) se muestran algunos de los estímulos externos a los que podrían interferir con los textiles inteligentes.



<sup>21</sup> Anne Schwarz, Lieva Van Langenhove, Philippe Guermonprez & Denis Deguillmont. A roadmap on smart textiles, *Textile Progress*, 2010, 42, 2, 99-180

El tipo de componentes y dispositivos que pueden ser incorporados a las biofibras para interactuar con estos estímulos es muy variado. A continuación, se mencionan algunos de los más importantes para tener una visión general de las posibilidades de la Nanotecnología en el desarrollo de biofibras textiles inteligentes.

#### **5.4.1 Sensores.**

Este es un campo de gran potencial al permitir integrar en las biofibras sistemas capaces de “sentir” la presencia de contaminantes químicos, patógenos, bacterias o cualquier variable del medio ambiente. Las aplicaciones en la industria alimentaria, de la salud, del automóvil, militar, etc. pueden beneficiarse especialmente por el desarrollo de sensores integrados en biofibras.

#### **5.4.2 Actuadores.**

En este grupo incluimos aquellos sistemas capaces de reaccionar frente a un estímulo externo o señal previamente recibida por un sensor o unidad de procesamiento de información. El tipo de respuesta de un actuador puede ser en forma de movimiento, (por ejemplo, cortinas que se activan en presencia de un exceso de luz, puertas que se abren o cierran cuando una alfombra detecta una vibración o segregación de una sustancia antibacteriana cuando se detecta un virus o bacteria).

#### **5.4.3 Sistema de procesamiento de información.**

Hasta el momento la posibilidad de almacenar información en un material textil parecía lejana, pero gracias a los avances de la nanoelectrónica es posible la integración de estos sistemas para monitorizar los latidos del corazón o la temperatura corporal de un individuo durante un periodo determinado de tiempo. Se trata de sistemas de un tamaño reducido que pueden ser integrados perfectamente en prendas de vestir o elementos decorativos sin ninguna molestia para el usuario final.

#### **5.4.4 Sistemas de almacenamiento y captación de energía.**

Al mencionar los sistemas anteriores, rápidamente pensamos en la necesidad de sistemas generadores de la energía necesaria para su funcionamiento. Sin embargo, la

nanoelectrónica también proporciona soluciones avanzadas en este terreno con el desarrollo de dispositivos capaces de captar la energía del exterior (solar, pequeñas vibraciones, etc.) y almacenarla en pequeños dispositivos para su uso posterior en la prenda de vestir u otros productos fabricados por materiales textiles inteligentes.

#### **5.4.5 Comunicación.**

Otro aspecto fundamental que puede proporcionar mucho valor al usuario final implica la posibilidad de integrar en las fibras y materiales textiles sistemas capaces de comunicar información a otros sistemas más potentes y situados a ciertas distancias. El nivel de complejidad de estos nanosistemas de comunicación depende del tipo y modo de transmisión de la información. En un futuro cercano, no parece extraño contar con elementos textiles en un automóvil o prendas de vestir con capacidad para transmitir una señal a otros sistemas. De esa forma, la monitorización continua de aquellos datos conseguidos a partir de una buena parte de los nanodispositivos mencionados anteriormente será todavía más eficaz.

#### **5.4.6 Interconexión.**

Todos los dispositivos anteriores van a demandar sistemas que interconecten los dispositivos nanoelectrónicos anteriores (sensores, actuadores, etc.). Para ello va a ser necesaria la integración de nanocables ("nanowires" en inglés) y todo tipo de nanoconectores integrados en las biofibras. Transformar las biofibras en materiales capaces de conducir una señal eléctrica es esencial para el desarrollo de este tipo de aplicaciones.

### **5.5 Conclusión.**

La necesidad de nuevos materiales resistentes, térmicamente estables, impermeables, autolimpiables, resistentes a la oxidación pero biodegradables y respetuosos con el medioambiente son una verdadera oportunidad de mercado. De hecho no hay más que recordar que la Unión Europea ha sacado una directiva que obliga a los fabricantes de automóviles a que un 95% de sus materiales sean reciclables para el 2015. Se esperan similares directivas en otros sectores en un futuro no muy lejano.

En este sentido, se espera un gran desarrollo por parte de la química y la biotecnología en cuanto al abaratamiento de los costes de producción de las biofibras, el

aprovechamiento de otras materias primas y la mejora sustancial de las propiedades físico-químicas de los nuevos materiales.

Otra herramienta que sin duda va a contribuir significativamente al desarrollo de estos productos es la Nanotecnología. Nuevos “nanocomposites” como los nanotubos de carbono, las nanopartículas o los nanoclays van a resultar fundamentales para la obtención de materiales textiles y biofibras de gran valor añadido.

Pero al mismo tiempo, la nanotecnología puede ofrecer mucho más al usuario final a través de la nanoelectrónica. La integración en las biofibras de nanodispositivos extremadamente pequeños y capaces de interaccionar con estímulos externos abre paso a una nueva dimensión de materiales inteligentes que sin duda pueden aportar un enorme valor al usuario final.

## 6 NUEVAS TECNOLOGÍAS Y APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA COMO EJE DE INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA TEXTIL.

CLARA GONZÁLEZ ABELLEIRA (Gerente)

VALENTÍN CAMAÑO (Dpto. Comercial Internacional)

Monsardi-Gonzabell, S.L.





## 6.1 Evolución tecnológica en el ámbito de la empresa textil de géneros de punto.

Haciendo un breve resumen de la evolución de las empresas textiles, el proceso de transformación por etapas y la aplicación de sistemas tecnológicos desde los años 70, cuando se tejía con máquinas semi-manuales PASSAP y una confección lenta de poca producción hasta hoy en día, el trabajo en la industria textil, es una de las actividades que más cambios, progresos y transformaciones ha tenido que abordar.

A finales de los 70 se escaló un peldaño al disponer de máquinas rectilíneas ABRIL para el tisaje. Aunque suponía una gran ventaja con respecto a las anteriores, su programación era manual y lenta para el diseño de los tejidos. La venta de las prendas confeccionadas no tenía dificultades y los márgenes comerciales permitían hacer inversiones en maquinaria y ampliaciones.

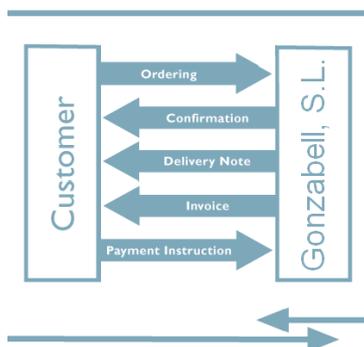
Durante los años 80 aparecen nuevas máquinas rectilíneas: STOLL, PROTTI, SHIMA, VESTA, etc., con selección de agujas de modo electromagnético activadas desde su unidad de control donde se carga el programa de diseño del tejido, preparado previamente en un ordenador, incorpora grandes avances en versatilidad, rapidez en el diseño de los tejidos, reduciendo tiempos de máquina y aumentando la producción. El mercado demandaba más artículos de los que se podían fabricar y los márgenes comerciales eran buenos.



Cuando el mercado demanda pedidos de gran volumen y reducción de tiempo de entrega, a finales de los 80 y 90 se hace uso de máquinas de tisaje circulares: JUMBERCA, PILITELLI, etc., implementando nuevo sistema de corte y otros cambios en la cadena de confección.



Para agilizar y automatizar los pedidos, envío, distribución, facturación desde los departamentos de compra de los clientes y los procesos de fabricación de las empresas textiles en los años 90 y 2000 se incorpora el sistema EDI, enlazando comercialmente la fabricación con los stocks de los clientes. Desde la fábrica se controla las ventas en los distintos centros de grandes almacenes y su stock, suministrando los artículos en función de las ventas, realizando todos los procesos de envío y facturación automática.



Durante esta época y haciendo uso de las nuevas tecnologías, en la sección de diseño el “sistema de patronaje industrial” eliminando los procesos manuales y para la sección de acabados el tren de planchado automatizado, aumentando la calidad con la confección tipo sastrería y modistería.



Con el fin de mantenerse en el mercado, las empresas textiles intentan incorporar todas las novedades y cambios que la moda exige en los procesos de diseño, crear varias colecciones por temporada, pedidos, suministro de materia prima, fabricación y entrega en fecha, realizando un esfuerzo adicional de actualización continua.



Aún así, de modo progresivo año tras año la globalización de los mercados, la fabricación en países del este, China, Marruecos..., con su reducción de costes y competencia en precios, ocasiona en las empresas textiles locales una disminución de los márgenes comerciales.- Al mismo tiempo que se reducen las ventas por la gran competencia entre tiendas multi-marca y grandes cadenas de distribución a precios muy competitivos, sitúan al sector textil en un escenario difícil de superar.

## 6.2 De la moda tradicional a la innovación y tejidos técnicos.

Ante las inciertas previsiones de futuro de la industria textil en Galicia, las empresas además de buscar la reducción de costes internos, intentan hacer uso de las distintas alternativas en la búsqueda de nuevos mercados potenciales de interés para introducir sus artículos, mantener un departamento de diseño y reducir la fabricación local e introducir en la colección productos fabricados en países de bajo coste. Otra opción para evitar el cese de su actividad sería la reconversión de algunas empresas a fabricar tejidos técnicos como lo han hecho en algunos países europeos.

Así, por ejemplo, de modo complementario a la búsqueda de nuevas líneas de mercado, una empresa gallega de géneros de punto con experiencia en fabricación de tejidos, corte y confección, desde hace varios años está trabajando en la innovación y desarrollo de nuevos productos en el área de **tejidos técnicos** con I+D+i para la construcción, la automoción y en otros proyectos textiles aplicables al Medio Ambiente.

Ante la actual situación, con el agravamiento del período de crisis, que ha obligado a echar cierre a numerosas pymes gallegas, "la manera más útil, aunque larga y costosa,

de proteger nuestros puestos de trabajo es innovar e invertir en la investigación tecnológica para crear nuevos productos”.

### 6.2.1 Aplicaciones de tejidos innovadores.

Algunos ejemplos de tejidos innovadores que se pueden aplicar como soluciones biotecnológicas en nuevas líneas de productos textiles son:

**Tejidos que permiten reforzar estructuras de hormigón frente a posibles movimientos sísmicos.** Consiste en un tejido realizado a base de fibras textiles para cementos y cuenta entre sus propiedades con una muy alta resistencia a la tensión mecánica, viable en estructuras que tengan que soportar movimientos sísmicos importantes. Se fabrica con fibras de carbono que contienen poliamidas de gran resistencia. Este nuevo material, que se encuentra en fase de experimentación, ha obtenido resultados positivos, por lo que empresas del sector de la construcción ya se han interesado por él.

**Tejidos de alta durabilidad (conocido como soporte de textil Tepes) utilizado para la repoblación de desmontes y terraplenes en la construcción de autopistas y ferrocarril (AVE).** Se utiliza como una especie de tapiz en el que lleva incorporada la semilla y zonas con inclinación, reduce la erosión y facilita la vegetación. En particular, el proyecto **“Manto verde”** también es aplicable a otros procesos de repoblación que están en estudio. Se ha registrado la patente nacional, y se encuentra en trámites de obtener licencia internacional.



El mundo textil es cada vez más amplio, existiendo aplicaciones de la moda trasladables a otros ámbitos de actividad: ocio, industria, farmacia, tejidos con acero inoxidable con funcionalidades anti vandalismo para asientos del metro, fundas para colchones y tablas de surf, redes metálicas para cubrir botellas de vino, fundas anti bacterias para embolsar jamón, tejidos como soporte de alumbrado público, etc.

Como resultante de distintas necesidades en proyectos de innovación se está desarrollando una amplia variedad de iniciativas, siendo preferentes los proyectos que estén relacionados con el cambio climático, el ahorro energético, la prevención de catástrofes naturales o las soluciones para reducir los problemas vinculados con la contaminación o la escasez de agua. Así, algunos ejemplos de proyectos exitosos, principalmente por tratarse de proyectos que revierten en beneficio de la sociedad, son:

**Hidro Tex-Clean:** Soporte textil para la limpieza de vertidos de hidrocarburos en el mar.

**Cement-Ignifug:** tejido con poliamida ignífuga para encofrados y revestimientos exteriores de pilares y placas, destinado a soportar altas temperaturas en el cemento en caso de incendio.

**Chasis-Tex:** proyecto con poliamida carbonizada de alta resistencia a la tracción mecánica para carrocería de vehículos de automoción, que reduce tanto el peso del automóvil como el consumo energético.

**Tex-Fondos:** tejido con soporte catalizador de metales contaminantes como el plomo o el mercurio, para la limpieza de fondos marinos, pantanos o balsas de agua en canteras.

**Tubu-Tex:** tubería textil para regadío subterráneo realizado por osmosis inversa y con almacenamiento de agua, para superar las limitaciones debidas a la inclinación del terreno.

Continuando con la línea de potenciar el desarrollo de nuevos proyectos de I+D+i en el campo de los tejidos innovadores, en la actualidad existen iniciativas de colaboración con un centro tecnológico y un fabricante de fibras, para la consecución de un tejido con materia prima gallega para el reforzamiento de plásticos aplicables al automóvil y otros usos, si bien ante la necesidad de grandes inversiones para llevar a cabo la puesta en marcha operativa de este proyecto, la actual falta de recursos económicos para su financiación conlleva una paralización o ralentización del plazo temporal previsto para el desarrollo de este tipo de actividades.

### 6.3 El caso de Monsardi-Gonzabell, S.L. La diversificación hacia nuevas líneas de negocio.

Con la actual situación del mercado y para aprovechar mejor la experiencia dentro del mundo textil de género de punto, se ha potenciado la sección de diseño de

MONSARDI-GONZABELL, S.L., lo que unido al desarrollo de acuerdos de colaboración con otras empresas, le permite abarcar nuevos mercados y campos de actuación.



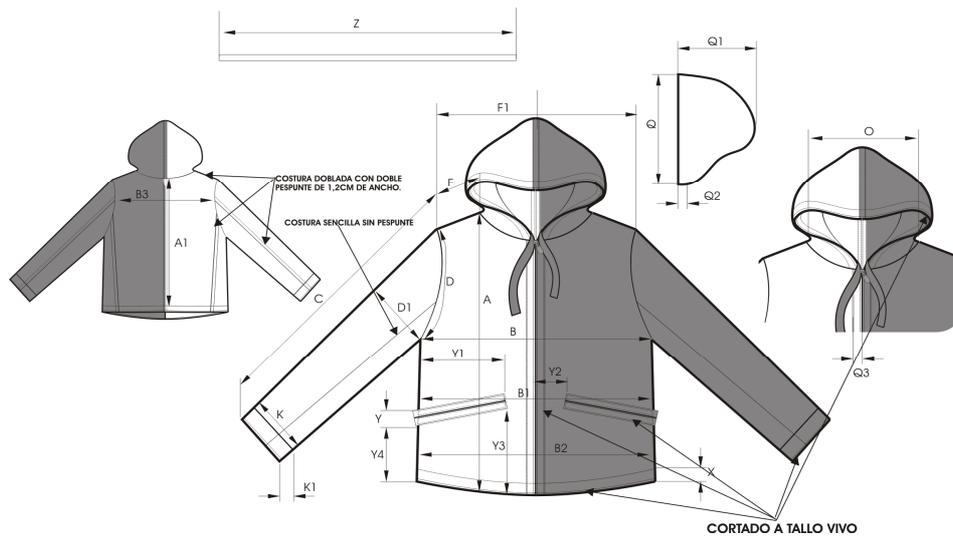
Basado en las tendencias de moda que demanda el mercado mundial, donde el proceso de diseño en vez de ser por temporadas estacionales pasa a la actualización de la moda de modo continuado durante todo el año, esta empresa se ha incorporado a este proceso, usando los tejidos más novedosos y avanzados que se fabrican actualmente, con los diseños más variados, sencillos, complicados, versátiles para hombre, mujer y niño, usando todo el proceso de diseño con patronaje industrial. Como resultado, sus prendas pueden encontrarse en tiendas de todo el mundo y en muchas páginas web que venden por internet.

Hasta hoy en día se hacía uso por el grosor de los tejidos o las calidades de hilatura para buscar la comodidad en el uso de las prendas, adaptándolas a la zona climática o temporada estacional. Actualmente se inicia un nuevo camino dentro de la moda y en otros entornos de fabricación textil, incorporando el uso de tejidos con biofibras, que ofrecen unas características especiales y un valor añadido a las prendas que, de aquí en adelante, serán como nuevos condicionantes que se van creando en el mercado, con una creciente demanda para atender y cubrir las nuevas necesidades que se van desarrollando y creando en la sociedad actual.

Desde hace unos meses ya se está trabajando en prendas, con un condicionante especial que conserva mejor la temperatura corporal en días de invierno, que podría incluirse dentro de los tejidos de última generación.

Es un tejido en el que la empresa ha participado en su diseño, tanto en su textura como en sus colores en fábricas de tejeduría extranjera, consiguiendo resultados óptimos requeridos por el cliente. Así mismo, también ha participado en el diseño, como en su readaptación de medidas, tallaje, colorido, de distintas prendas que se han elegido para su fabricación.

### PROTOTIPO DE DISEÑO



Se han puesto a punto tanto los patronajes como las cadenas de confección en otros países, revisando los procesos, llevando el control directo de su confección, controlando la calidad de bastantes miles de prendas.

Estas prendas han sido una novedad en el último certamen **Fashion Week** realizado en New York y se pueden encontrar en miles de tiendas en todo el mundo.

El interés de esta empresa es “seguir centrados en el diseño continuo de prendas actuales que demande el mundo de la moda y en el control de la fabricación a nivel internacional, quedando abierto a nuevas tendencias que en el mercado de las nuevas tecnologías pueda desarrollar y que en el mercado de la moda lo demande”.

#### 6.4 Impacto de la biotecnología en empresas de fabricación textil y textiles inteligentes.

La industria textil y de la moda, por el grado de desarrollo tecnológico, la implementación de nuevas materias primas, sistemas de fabricación de hilatura con sus aditivos y mezclas estéticas, las exigencias de colorido en los procesos de tintorería, en las combinaciones de tejidos para la creación de la moda que la sociedad demanda, ha sido y continuará siendo una de las actividades industriales que por su inercia de cambio continuo, se adapta a las nuevas ideas y tendencias del mercado, en este caso de la moda. Por ello, uno de los indicadores de éxito, son aquellas empresas que usan sistemas de vigilancia tecnológica que les permite aplicar con rapidez y prontitud las nuevas ideas y tendencias del mercado y ponerlas a disposición del cliente justo en el momento que las está demandando.

Como uno de los valores diferenciales en la moda es la creatividad, con la incorporación de soluciones biotecnológicas y el uso de tejidos inteligentes, se abren nuevos campos de transformación con ideas para aplicar dentro de la actividad textil. Dependiendo de la fase productiva en que cada empresa esté ubicada dentro de la cadena de valor de la industria textil, se podrán incorporar procesos biotecnológicos diferentes y específicos en las actividades de negocio de dichas empresas.

Tanto los tejidos inteligentes como las aplicaciones biotecnológicas son soluciones de mejora innovadoras que en estos momentos cuentan con un importante desarrollo por parte de laboratorios de investigación y centros tecnológicos. En cambio, en el ámbito de la industria textil (con excepción de algunos productos), su grado de desarrollo es todavía mínimo, condicionándose la introducción en el mercado a las posibles aplicaciones que vayan apareciendo y la aceptación del mercado de esos productos.

Entre las excepciones antes mencionadas, en el mercado actual se encuentran iniciando su recorrido algunos tejidos inteligentes que cubren nuevas áreas de aplicación como los que a continuación se exponen.

#### **6.4.1 Una camiseta inteligente para monitorizar a los pacientes:**

Científicos de la Universidad Carlos III de Madrid, en colaboración con empresas y centros de investigación y desarrollo nacionales, han desarrollado una camiseta que permite localizar la ubicación de los pacientes dentro del hospital y controlar sus constantes vitales ininterrumpidamente y de forma inalámbrica.

La finalidad de esta prenda, que puede incluso lavarse, es monitorizar y controlar las constantes vitales de los pacientes, como la temperatura o la frecuencia cardíaca. Puede realizar un electrocardiograma o detectar si el sujeto está en reposo o de pie, e incluso el grado de actividad física de este. Esta camiseta sin mangas, artilugio telemétrico textil, dispone también de un dispositivo de localización que puede llevarse en el bolsillo y que en un futuro se pretende integrar en la misma prenda. Esto permite al sistema y a los médicos obtener la localización concreta del paciente dentro del hospital, posicionándolo con un rango de error de menos de dos metros y dibujarlo sobre un mapa del hospital.

"La información captada a través de esta camiseta inteligente con tecnología e-textil se envía de forma inalámbrica a un sistema gestor, el cual muestra en tiempo real la localización y las constantes vitales de los pacientes". El sistema completo consta, de

dos partes: una infraestructura fija para el control o sistema gestor; y los dispositivos móviles, o sea, las camisetas.



El invento cuenta, además, con un sistema de alarmas que se activan cuando los parámetros medidos sobrepasan unos límites preestablecidos, como por ejemplo, si se superan los 38 grados centígrados de temperatura corporal o un número determinado de pulsaciones. "Todas estas alarmas pueden ser modificadas por los médicos para ajustarlas a las necesidades específicas de cada paciente y cuando cualquiera de ellas se dispara, el sistema mostrará un mensaje por pantalla. Adicionalmente, puede avisar por SMS al médico encargado o al personal del hospital adecuado", explican los investigadores. También es un producto con aplicación en el ámbito de la telemedicina o para reducir el tiempo que los pacientes permanecen en el hospital, al incorporar la posibilidad de tenerlos monitorizados desde sus hogares.

#### **6.4.2 Camiseta espacial "e-shirt" que mejora el rendimiento físico**

Una empresa española con la ayuda de la Agencia Espacial Europea (ESA) ha desarrollado una camiseta capaz de medir ciertos parámetros fisiológicos durante la actividad física y transmitirlos y registrarlos en un ordenador remoto.

La "e-shirt" (TrainGrid), utiliza una camiseta equipada con múltiples sensores para obtener en tiempo real el electrocardiograma del atleta, el pulso cardíaco, la temperatura de la piel, la posición del cuerpo y su ubicación gracias a la señal de navegación por satélite incorporada. Estos datos llegan a un ordenador que permite monitorizarlos y registrarlos para posteriormente realizar un análisis pormenorizado de los mismos.

El sistema controla posibles subidas o caídas de ritmo, calcula la velocidad y los resultados del ejercicio, enviando todos los datos de manera automática a través de bluetooth a un ordenador o incluso un teléfono móvil, lo que permite compartirlos con el preparador físico, el entrenador o incluso en redes sociales.



Esta camiseta "e-shirt" está siendo utilizado por muchos atletas". Pero evidentemente las posibilidades no se limitan a los deportistas de alto rendimiento. "Ahora estamos explorando nuevas aplicaciones de esta tecnología, como la monitorización de trabajadores en ubicaciones remotas o durante actividades peligrosas como la extinción de incendios o en labores de rescate".

### 6.4.3 Productos biotecnológicos a usar en el proceso de telas textiles.

#### 6.4.3.1 Enzimas para textiles

Hay una amplia gama de enzimas como amilasas, celulasas, catalasa, pectinasa y proteasa aplicables a diversos productos textiles de proceso húmedo, como pueden ser aplicaciones de bio-pulido, desencolado, acabado de mezclilla, blanqueador de limpieza, bio-descrudado y de wooling.

Estas **enzimas innovadoras** con características de rendimiento óptimas para aplicaciones nuevas y existentes dentro de la industria textil proporcionan productos para el tratamiento de las telas y reduce el tiempo de los procesos, el consumo de productos químicos y los costes energéticos de acuerdo con el desarrollo sostenible.

#### 6.4.3.2 Enzima Bio-Pulido

Algodón y otras fibras naturales a base de celulosa pueden ser mejoradas por un tratamiento enzimático conocido como **biopulido**. Este tratamiento da a la tela una apariencia más suave y brillante. Se utiliza para eliminar "fuzz" (las pequeñas hebras de fibra que sobresalen de la superficie del hilo y dan una apariencia de una prenda vieja). Una bola de pelusa se llama "píldora" en el comercio textil. Después del biopulido, con enzimas de Exo-celulasa, Endo-celulasa y  $\beta$ -glucosidasa que hidrolizan las fibras, la pelusa y la formación de bolas (pilling) se reducen. Los otros beneficios de la eliminación de vello son un manto suave y terso, y un brillo superior, da más fuerza a la

tela y minimiza el cambio de tono. En definitiva las telas biopulidas se ven mejor y duran más.



Hay una gama de productos de celulasas para el biopulido que trabajan en función de la fibra, el tipo de tejido y los equipos.

- Palkofeel: Celulasa de biopulido de algodón y telas combinadas y de la confección.
- Palkofeel C: Celulasa de tela de algodón biopulido y prendas de vestir.
- Palkosoft: Celulasa de biopulido de algodón y telas combinadas y de la confección.

#### 6.4.3.3 *Desencolado.*

Para tejidos de algodón o mezclas, los hilos de urdimbre están recubiertos con una sustancia adhesiva que se conoce como “size”, para evitar romper los hilos durante el tejido. Después de tejer, la sustancia adhesiva debe ser retirada de nuevo con el fin de preparar la tela para el teñido y acabados.

Este proceso (**desencolado**) debe llevarse a cabo mediante el tratamiento de la tela con productos químicos como ácidos, álcalis o agentes oxidantes. Sin embargo, la **sustitución de estos productos químicos por las enzimas** (amilasas) para el desencolado consigue una alta eficiencia, consiguiendo la eliminación completa sin ningún efecto perjudicial sobre el tejido, con los beneficios de las enzimas en comparación con productos químicos fuertes por no respetan el medio ambiente.

Hay una amplia gama de productos de amilasas para desencolado que trabajan a diferentes temperaturas y para diferentes equipos.

- Palkozyme: Alfa amilasa para el desencolado temperatura baja-media convencional.
- Palkozyme ultra : Alfa amilasa para el desencolado de temperatura media-baja
- Palkozyme plus: Alfa amilasa para el desencolado de alta temperatura

- Palkozyme HT: Termoestable alfa-amilasa para el desencolado de alta temperatura
- Palkozyme CLX: Alfa amilasa para el desencolado de baja temperatura

#### 6.4.3.4 *Acabado Denim.*

Muchas prendas son sometidas a un **tratamiento de lavado** para darles un aspecto un poco desgastado, ejemplo de ello es el lavado a la piedra de jeans. En el proceso de lavado a la piedra tradicional, el denim azul se desvaneció por la acción abrasiva de la piedra pómez sobre la superficie de la prenda. Hoy en día, el acabado de mezclilla está utilizando una celulasa especial.

Esta celulasa trabaja aflojando el colorante índigo sobre el denim en un proceso conocido como "**Biolavado a la piedra**". Una pequeña dosis de enzima puede sustituir varios kilos de piedra pómez. El "Biolavado a la piedra" ha abierto nuevas posibilidades en el acabado de denim, aumentando la variedad de acabados disponibles. Por ejemplo, ahora es posible a desaparecer denim en un grado mayor, sin correr el riesgo de dañar la prenda.

Hay una gama de celulasas para el acabado de denim, cada uno con sus características especiales. Estos pueden ser usados solos o en combinación con piedra pómez con el fin de obtener una mirada específica.

- Palkowash: Celulasa de biolavado a la piedra utilizada en la ropa vaquera de proceso húmedo
- Palkostone: Celulasa de biolavado a la piedra utilizada en la ropa vaquera de proceso húmedo.
- Palkocel: Celulasa de biolavado a la piedra utilizada en la ropa vaquera de proceso húmedo.

#### 6.4.3.5 *Limpieza Bleach.*

Los tejidos naturales como el algodón son normalmente blanqueado con peróxido de hidrógeno antes de la tintura. Los **blanqueadores** son sustancias químicas altamente reactivas que interfieren el proceso de teñido. Una minuciosa "limpieza de Bleach" es necesaria. El método tradicional consiste en neutralizar el cloro con un agente reductor, pero la dosis tiene que ser controlada con precisión. Las enzimas presentan una alternativa más conveniente porque son más fáciles y rápidas de usar. Una pequeña dosis de catalasa es capaz de descomponer el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. En comparación con los métodos de limpieza tradicionales, los resultados del proceso enzimático mejoran las aguas residuales limpias y reducen el consumo de agua.

Se dispone de productos con catalasa para la eliminación de peróxido de hidrógeno residual después del blanqueo del algodón. Reduce el necesario lavado para eliminar la lejía y se utiliza reemplazando los tratamientos químicos.

- Palkoperox: Catalasa para el blanqueo de limpieza de peróxido de hidrógeno, es decir, eliminación residual, después del blanqueo del algodón.

#### 6.4.3.6 *Biodescrudado.*

Hilados de algodón o de tela, antes del teñido o de impresión, pasa por una serie de procesos en una unidad de procesamiento textil. Con este proceso, los componentes no celulósicos de algodón son total o parcialmente eliminados.

Hoy en día los productos químicos alcalinos como la sosa cáustica para fregar, que además de limpiar, atacan a la celulosa lo que conlleva a la pérdida de fuerza y peso del tejido. Estos productos químicos peligrosos también tienen una alta DQO (demanda química de oxígeno), DBO (demanda biológica de oxígeno) y TDS, contamina las aguas residuales.

Recientemente, un nuevo proceso de limpieza enzimática conocida como "**Biodescrudado**" se utiliza en la industria textil de proceso húmedo con los componentes no celulósicos de algodón, que son total o parcialmente eliminados. Después de este proceso con bioproductos de limpieza, el algodón tiene una estructura de celulosa intacta, con menos pérdida de peso y menos pérdida de fuerza. El tejido ofrece una mejor penetración y propiedades humectantes, facilitando la posterior absorción de cloro y una mejor absorción del tinte.

- Palkoscour: Multicomponente de enzimas para la biolimpieza para la eliminación total o parcial de los componentes no celulósicos de algodón.

## 6.5 Conclusiones sobre los proyectos de investigación biotecnológicos aplicables a tejidos textiles.

La biotecnología está revolucionando la manera de cómo se resuelven los problemas en casi todos los ámbitos de la vida.

Las bacterias se usan para eliminar derrames de petróleo y productos químicos, crear plantas genéticamente modificadas resistentes a las plagas y herbicidas, biorreactores que se utilizan para producir fármacos y enzimas para el tratamiento del cáncer y destapar los desagües.

La ropa es un hábitat biológico ideal para la implantación de la biotecnología, donde existen planes de investigación desarrollando técnicas de diseños bioactivos en tejidos para la introducción y cultivo de bacterias en tejidos de fibras huecas.

Los biotejidos pueden formar la base de una nueva línea de productos comerciales como la incorporación de medicamentos en telas y vendajes, producir telas con olores, bacterias manipuladas genéticamente para la auto limpieza de telas y tejidos, que sean repelentes al agua o al polvo, etc.

El alcance y la utilidad de la bioingeniería en todo tipo de productos están en constante aumento, siendo el número y tipología de productos y máquinas basadas en células y componentes bioactivos a desarrollar en el futuro todavía desconocido.

## 7 CONCLUSIONES Y RESULTADOS DE LA MESA DE TRABAJO.

### 7.1 Estructura y organización de la mesa de trabajo.

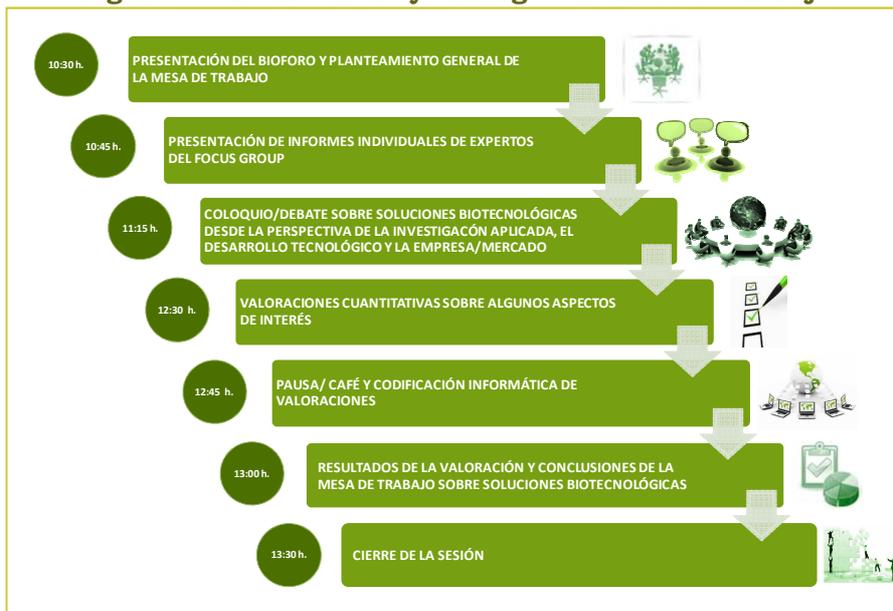
En este documento se recogen las principales conclusiones obtenidas de la mesa de trabajo celebrada el 11 de Noviembre de 2011 en Vigo, dedicada a la identificación de soluciones biotecnológicas relacionadas con la utilización de biotejidos textiles (biofibras, materiales biodegradables y textiles inteligentes) en la industria textil de Galicia y el Norte de Portugal.

Por lo que respecta a la organización y desarrollo de la sesión de trabajo, el inicio de la reunión se orientó a realizar una breve introducción a modo de presentación por parte del equipo técnico que dirige y coordina el proyecto sobre los objetivos y metodología seguida en el planteamiento del proyecto en general y de este bioforo en particular. Seguidamente, los miembros del grupo de expertos hicieron una exposición sintética sobre los principales aspectos y conclusiones derivados de los documentos elaborados por cada uno de ellos, respectivamente.

A continuación, se estableció un periodo para el debate y el intercambio de opiniones entre los asistentes acerca de las distintas soluciones que la incorporación de la biotecnología puede aportar en los productos elaborados de la industria textil. Una vez finalizado el coloquio, se solicitó a los asistentes que realizaran una valoración cuantitativa sobre las necesidades de innovación vinculadas con la aplicación de soluciones biotecnológicas en la industria textil, en función de las necesidades de la demanda y las tendencias del mercado en general, estableciendo, en la medida de lo posible, un horizonte temporal de corto, medio o largo plazo en el que esas posibles soluciones serán una referencia real en la industria textil.

Tras una breve pausa, se realizó un análisis de los resultados obtenidos de las valoraciones realizadas con anterioridad por los asistentes. Por último, la sesión de trabajo concluyó solicitando a los presentes que realizaran una nueva valoración al respecto de una serie de factores que inciden de alguna manera en las posibilidades reales de desarrollo de soluciones biotecnológicas en el ámbito de las actividades empresariales objeto de este bioforo, siendo considerados facilitadores si tienen un efecto dinamizador y barreras si actúan a modo de freno.

**Figura 5: Orden del día y timing de la mesa de trabajo**



Por lo que respecta a la estructura y composición de la mesa de trabajo, en la sesión estuvieron presentes, además de los representantes del BIC Galicia e IGAPE y los expertos que integraban el Focus Group, representantes de grupos de investigación y centros tecnológicos que desarrollan líneas de trabajo en ámbitos relacionados con las aplicaciones de biotejidos textiles, biofibras y textiles inteligentes o bien consideran ese campo como una posible línea de investigación en el futuro. Además, también participaron en la sesión varios representantes del tejido empresarial de la industria textil gallega, así como de otras entidades de apoyo.

**Figura 6: Composición de la mesa de trabajo**



Con esa configuración, en la Tabla 1 se recoge el listado de participantes en esta mesa de trabajo, debidamente organizados en función de si son expertos del focus group, grupos de investigación, centros tecnológicos, empresas de la industria textil o entidades de apoyo.

**Tabla 1: Relación de asistentes a la mesa de trabajo**

ENTIDAD	ASISTENTE	
INTERNATIONAL IBERIAN NANOTECHNOLOGY LABORATORY (IINL INTERNATIONAL)	SERGIO FIGUEIRAS GÓMEZ	FOCUS GROUP (CENTR. TECNOLÓGICO)
CENTRO TECNOLÓGICO DAS INDÚSTRIAS TÊXTIL E DO VESTUÁRIO (CITEVE)	JOSÉ MORGADO	FOCUS GROUP (CENTR. TECNOLÓGICO)
MONSARDI-GONZABELL S.L.	VALENTÍN CAMAÑO MIRANDA	FOCUS GROUP (EMPRESA)
GRUPO G4 + DESARROLLO DE SISTEMAS EMPRESARIALES Y TERRITORIALES (U. VIGO)	PEDRO FIGUEROA DORREGO	FOCUS GROUP (GRUPO INVESTIGACIÓN)
ESTRATEGIA PLUS, S.L.	JOSÉ A. TELLERÍA COUÑAGO	FOCUS GROUP (EMPRESA)
GRUPO DE APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS LÁSERES (U. VIGO)	FELIX QUINTERO MARTÍNEZ	GRUPO DE INVESTIGACIÓN
FA3 GRUPO NUEVOS MATERIALES (U. VIGO)	PÍO GONZÁLEZ FERNÁNDEZ	GRUPO DE INVESTIGACIÓN
CENTRO TECNOLÓGICO AUTOMOCIÓN DE GALICIA (CTAG)	ALBERTO TIELAS MACÍA	CENTRO TECNOLÓGICO
AIMEN	PAULA RICO COTELO	CENTRO TECNOLÓGICO
CHOIVA, S.L.	JUAN CARLOS TRIGO	EMPRESA
CREACIONES PAZ RODRÍGUEZ, S.L.	ALVARO TOUBES	EMPRESA
CONFEDERACIÓN DE INDUSTRIAS TEXTILES DE GALICIA (COINTEGA)	ALBERTO ROCHA GUISANDE	SERVICIO DE APOYO
ASSOCIAÇÃO TÊXTIL E VESTUÁRIO DE PORTUGAL (ATP)	PAULO VAZ	SERVICIO DE APOYO
ESTUDIOS SUPERIORES EN DISEÑO TEXTIL E MODA DE GALICIA (ESDEMGA) (*)	LOLA DOPICO ANEIROS	SERVICIO DE APOYO
IGAPE NOVA	GUILLERMO VIÑA GONZÁLEZ	SERVICIO DE APOYO
BIC GALICIA	JACOBO GARCÍA -DURÁN	SERVICIO DE APOYO
BIC GALICIA	NOEMÍ IGLESIAS RODRÍGUEZ	SERVICIO DE APOYO
BIC GALICIA	ANA GIRALDEZ RIVEIRO	SERVICIO DE APOYO

(\*) A pesar de su interés y tener confirmada su asistencia, disculparon su ausencia por imprevistos de última hora

## 7.2 Síntesis de consideraciones y comentarios realizados por los asistentes a la mesa de trabajo durante el debate/coloquio.

Tras las presentaciones de los expertos del Focus Group, se estableció un periodo de debate-coloquio, en el cual los asistentes a la mesa de trabajo pudieron exponer sus opiniones y puntos de vista sobre las distintas posibilidades de aplicación de la biotecnología en el ámbito de los productos y procesos de la cadena de valor de la industria textil.

De dicho coloquio se pueden extraer a modo de síntesis los siguientes aspectos:

- Los segmentos de la industria textil-confección-moda, que a priori, presentan un mayor potencial para la aplicación de soluciones biotecnológicas como las biofibras o los textiles inteligentes son las prendas para bebé y niño, prendas laborales y ropas especiales y prendas deportivas, si bien cada vez también existe un mayor interés en su aplicación en los procesos de confección y moda más tradicionales.
- La innovación basada en la aplicación de biotejidos textiles representa una vía para desarrollar nuevas oportunidades de negocio y diferenciarse frente a competidores de otras áreas geográficas más competitivas en términos de precio/coste. Así, la posibilidad de patentar y proteger las innovaciones, como por ejemplo, las derivadas de la aplicación de enzimas en biotejidos (quitosanos, celulosas,...) supone, además de una forma de incrementar el valor añadido de los productos, un medio para controlar aquellas fases de la cadena de valor interesantes de los procesos productivos de la industria textil-confección-moda (género de punto y prendas exteriores, ropas interiores,...).
- Sin embargo, para que estas soluciones biotecnológicas lleguen a ser una realidad es importante contar con el apoyo y la implicación de toda la cadena de suministro, incluyendo proveedores de hilatura, fabricantes de fibra, productores de algodón o lino, entre otros, para que las empresas de generos de punto que reciben el hilo de sus proveedores tengan la posibilidad de utilizar hilaturas con propiedades biotecnológicas en el proceso de confección y fabricación de las prendas. El problema es que en Galicia no existe este tipo de empresas, siendo las áreas geográficas donde se localizan ese tipo de proveedores Cataluña, Valencia o Italia, entre otras.
- En ese sentido, la falta de tejido empresarial en Galicia para desarrollar este tipo de aplicaciones representa un hándicap, si bien en el Norte de Portugal si que existen algunas empresas con capacidad para impulsar este tipo de soluciones

biotecnológicas. Así mismo, algunos asistentes destacaron la existencia en Galicia de potencial para el desarrollo de una industria de producción de hilatura basadas en biofibras.

- Además, desde el punto de vista de la investigación, se debe impulsar una reorientación de los procesos de investigación según las necesidades de la demanda y las tendencias del mercado, promoviendo el desarrollo de nuevos materiales para aplicaciones de tejidos con funcionalidades en bioelectrónica, biomedicina, tejidos inteligentes, etc.
- Una de las aplicaciones de la nanobiotecnología más interesantes para los asistentes es la incorporación de biotejidos a partir de fibras naturales con propiedades que favorezcan la regulación térmica y de humedad del cuerpo, tanto en prendas deportivas como en ropa para niños, siendo necesarias innovaciones tanto para protegerse del frío como para combatir el calor.
- En ese sentido, se plantean posibilidades de aplicación de biotejidos para proteger la temperatura corporal de las personas que usan esas prendas, si bien es necesario combinar la innovación en cuanto al grosor y la comodidad de dichas prendas con la necesidad de no perder las propiedades térmicas de los tejidos empleados. Así, es posible conjugar la utilización de tejidos textiles con otros componentes para el desarrollo de aplicaciones en tejidos aislantes térmicos, como pueden ser las fibras de poliéster microperforadas, entre otros.
- En el ámbito de las prendas laborales, el uso de biofibras y biotejidos se puede combinar con otro tipo de tejidos químicos y sintéticos para mejorar las características y propiedades de ropas impermeables y aislantes del frío para su aplicación en el sector pesquero o en prendas para cámaras frigoríficas, entre otros.
- Por otro lado, la utilización de la biotecnología también presenta soluciones para el desarrollo de tejidos transpirables que permitan eliminar el sudor y evitar que las personas que visten esas prendas sientan frío debido a la humedad que provoca el sudor.
- Otra de las soluciones planteadas durante el debate es la relacionada con la posibilidad de utilizar la nanobiotecnología para desarrollar aplicaciones que permitan incorporar en las propias prendas sistemas de almacenaje energéticos para aprovechar la energía corporal, así como la utilización de tejidos que incorporen biosensores y otros dispositivos.

- También fue comentada la posibilidad de utilizar soluciones biotecnológicas como el uso de enzimas como sustitutivos de productos químicos agresivos, sobre todo en prendas interiores y lencería o en ropa de bebés y niños, para minimizar efectos negativos sobre la piel. Además, también se pueden emplear esas enzimas durante el proceso de fabricación en tratamientos superficiales sobre telas y tejidos para modificar sus propiedades y características, como por ejemplo, la solidez de los colores tras sucesivos lavados de las prendas.
- Los tratamientos mediante láser sobre biofibras, biopolímeros y textiles poliméricos microperforados pueden modificar el aspecto de los tejidos (coloración, tacto,...). También se planteó la posibilidad de usar el láser en los procesos de corte de tejidos con mezclas de polímeros naturales o en la fase de marcado como sustitutivo de tintes para serigrafiar marcas en prendas.
- Desde el punto de vista de la biomedicina, la incorporación de quitosanos en biofibras para la producción de vendas y apósitos presenta importantes utilidades para aplicaciones relacionadas con la cicatrización de heridas, mientras que el uso de fibras biocompatibles con propiedades biocidas y bactericidas también presenta utilidades biomédicas (quemados,...).
- Otro de los sectores empresariales con especial interés en el desarrollo de algunas aplicaciones de biotejidos es la industria de la automoción. En ese sentido, por ejemplo la utilización de biofibras y biopolímeros es una alternativa que se puede aplicar por ejemplo, en los asientos de automóvil y tejidos negros para evitar que no capten tanta temperatura y se sobrecalienten.

### 7.3 Valoraciones sobre necesidades de innovación, horizonte temporal y recursos y capacidades existentes en Galicia relacionadas con aplicaciones biotecnológicas en la industria textil.

Una vez finalizado el periodo de debate/coloquio, los asistentes a la mesa de trabajo realizaron una serie de valoraciones a propuesta del equipo técnico que dirige y coordina el trabajo.

En primer lugar, se les solicitó que cuantificasen las **necesidades de innovación vinculadas con soluciones que la biotecnología puede aportar a la cadena de valor de la industria textil**, así como una aproximación al **horizonte temporal que consideran necesario para alcanzar una aplicación efectiva y extendida en el mercado** de dichas soluciones (ver Figura 7).

La valoración sobre las **necesidades de innovación** en los diferentes ámbitos de aplicación de la biotecnología en la cadena de valor de la industria textil, identificándose por lo tanto, oportunidades de negocio biotecnológicas en dichas actividades consistía en identificar en una escala de 1 a 5 el grado de necesidad detectada respecto a esas innovaciones, donde el valor 1 indica una necesidad de innovación muy baja y el valor 5 implica una necesidad de innovación muy alta.

En términos generales, se aprecia que la valoración media de la mitad de los ámbitos de aplicación sobre las necesidades de innovación biotecnológicas planteadas superan el 4 y la otra mitad obtiene valores por encima del 3,40, lo que indica que los asistentes consideran que la biotecnología ofrece interesantes campos de aplicación para cubrir las necesidades de innovación en diversos productos o procesos de la cadena de valor de la industria textil.

Especialmente, destaca los altos valores otorgados a las necesidades de innovación vinculadas con el **desarrollo de productos textiles cuya composición incluya tejidos con propiedades biocidas o bioestáticas**, así como la aplicación de la **nanobiotecnología** para desarrollar **materiales textiles inteligentes capaces de almacenar y generar energía** o transmitir señales eléctricas. Así mismo, también se perciben como campos con importantes necesidades de innovación los relacionados con la **diversificación de tejidos textiles innovadores en otras actividades industriales** y la nanotecnología aplicada a **productos textiles inteligentes para captar y procesar información**.

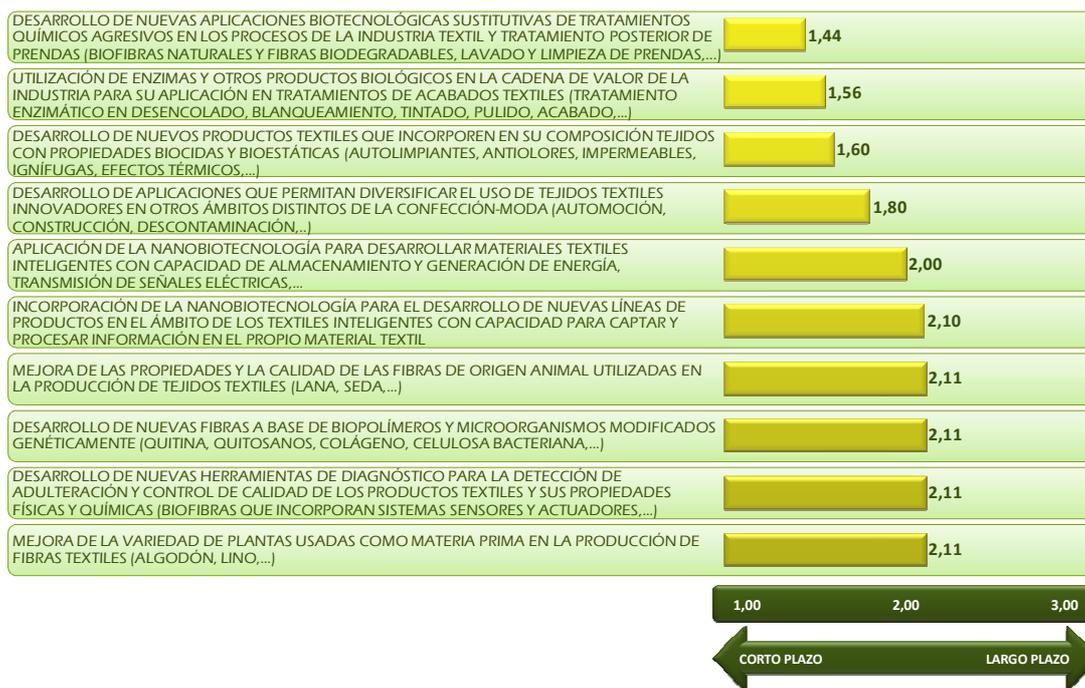
Por otro lado, la relativamente baja valoración de las necesidades de innovación en el ámbito de la **utilización de enzimas y otros productos biológicos para su aplicación en procesos y tratamientos de acabados textiles** se debe, en buena medida, a que se trata de un campo en donde ya existe un amplio abanico de experiencias y desarrollos innovadores, por lo que la percepción de necesidades de innovación entre los asistentes es menor.

**Figura 7: Valoración de necesidades de innovación derivadas de la aplicación de soluciones biotecnológicas en la industria textil**



Por lo que respecta al **horizonte temporal** en que los asistentes consideran que las soluciones biotecnológicas planteadas podrían llegar a tener una aplicación generalizada en la industria textil, la **escala de valoración va desde 1 hasta 3**, siendo 1 la aplicación a corto plazo (en un horizonte temporal de menos de 2 años) y 3 el desarrollo a largo plazo (entendido como un periodo superior a los cinco años). Un análisis global de los resultados obtenidos permite concluir que, en general, **todas las aplicaciones propuestas son posibilidades que podrían hacerse realidad en el corto y medio plazo**. En particular, son percibidos como ámbitos con potencial de desarrollo a **más corto plazo** las aplicaciones biotecnológicas sustitutivas de tratamientos químicos **agresivos** en los procesos de la industria textil, así como la **utilización de enzimas y otros productos biotecnológicos aplicados en tratamientos de acabados textiles**. Esta percepción de corto plazo en la aplicación de estas soluciones biotecnológicas es coherente con la explicación sobre la baja valoración comentada anteriormente en relación al resultado obtenido en cuanto a la necesidad de innovación de esos factores.

**Figura 8: Valoración sobre el horizonte temporal para la aplicación generalizada de soluciones biotecnológicas en la industria textil**



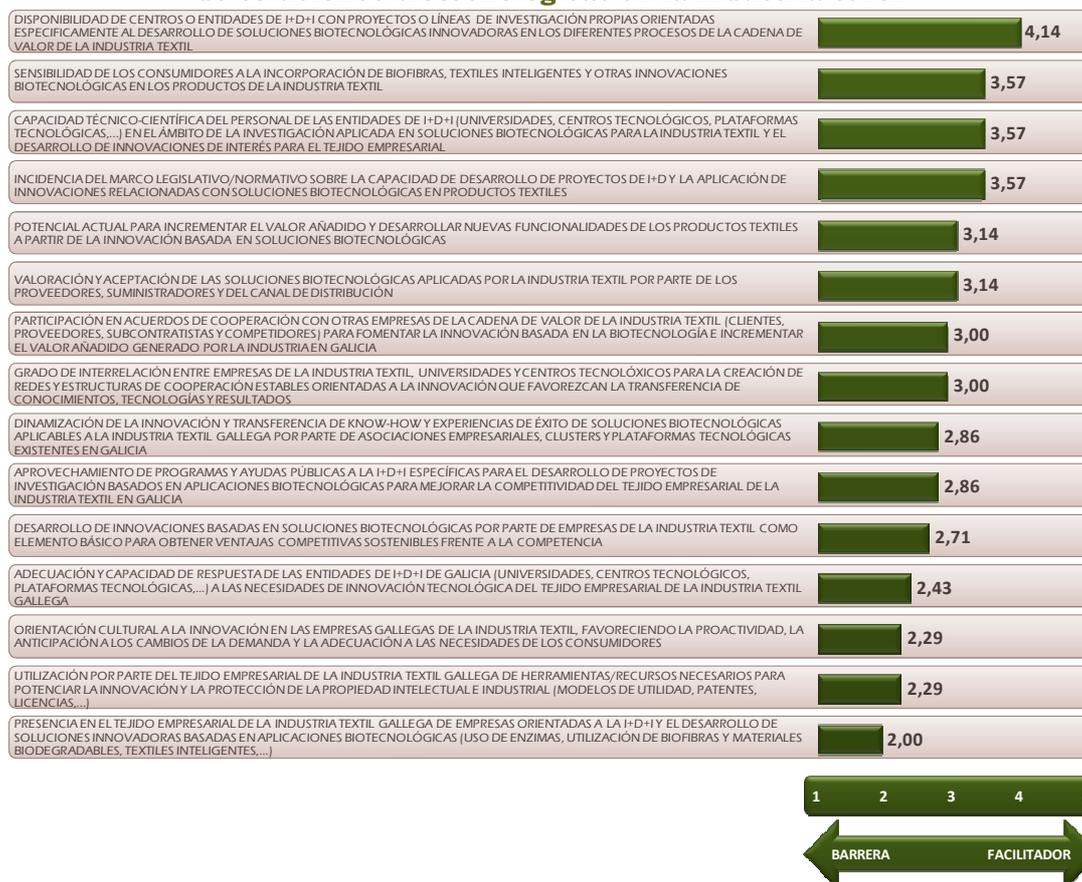
Por último, también se solicitó a los integrantes de la mesa de trabajo que realizasen una valoración cuantitativa respecto a las condiciones que actualmente existen en Galicia en cuanto a **recursos y capacidades que pueden actuar como facilitadores o barreras para el desarrollo de las soluciones biotecnológicas** en diversos eslabones de la cadena de valor de la industria textil. En este caso, la valoración de dichos factores se planteaba en una **escala entre 1 y 5**, valorando con **1 ó 2** aquellos recursos y capacidades percibidas como **barreras** (con mayor o menor grado de intensidad) y **4 ó 5** aquellas variables que son considerados **facilitadores** (también con mayor o menor grado de intensidad), dejando el **3** como **valor neutro**.

Entre los **principales recursos y capacidades existentes en Galicia** que suponen un **elemento de dinamización** para el desarrollo de soluciones biotecnológicas en la industria textil, los asistentes consideran que la **red de centros y entidades de I+D+i con proyectos o líneas de investigación vinculadas con la cadena de valor de la industria textil**. Si bien en este caso, cabe decir que el ámbito geográfico que los asistentes consideraron debe ampliarse al conjunto de la Eurorregión Galicia-Norte de Portugal. A ello, debe añadirse también como un elemento **facilitador** la **capacidad científico-técnica del personal de dichas entidades de I+D+i**, mientras que, por el contrario, es percibido como un **factor que frena el desarrollo de soluciones biotecnológicas** en este ámbito la **falta de adecuación y capacidad de respuesta de esas entidades a las necesidades de innovación de la industria textil gallega**.

En ese sentido, es necesario mencionar el hecho de que, a pesar de que la industria del textil-confección-moda es considerada como un sector estratégico en la economía gallega y uno de los pilares del sistema productivo de Galicia, no existe ningún grupo de investigación en todo el sistema universitario gallego que cuente entre sus líneas de actividad prioritarias con el desarrollo de aplicaciones para la industria textil en el ámbito de la biotecnología.

Otros elementos que son percibidos como los **principales frenos** para la aplicación de soluciones innovadoras basadas en la aplicación de la biotecnología en la industria textil por parte de los asistentes son la **falta de tejido empresarial en Galicia orientado a la I+D+i** y al desarrollo de aplicaciones biotecnológicas y, complementariamente, la **utilización de herramientas de protección de la propiedad industrial e intelectual de las innovaciones** por parte de las empresas de la industria textil gallega.

**Figura 9: Valoración sobre facilitadores y barreras para la aplicación de soluciones biotecnológicas en la industria textil**



## 8 ANEXO: RECURSOS Y CAPACIDADES EXISTENTES EN GALICIA RELACIONADOS CON LOS BIOTEJIDOS TEXTILES.

ORGANIZACIÓN					
CENTRO TECNOLÓGICO DAS INDÚSTRIAS TÊXTEL E DO VESTUÁRIO DE PORTUGAL (CITEVE)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Rua Fernando Mesquita, nº 2785				
LOCALIDAD	Vila Nova de Famalicão	CP	4760-034	PROVINCIA	Ave
PERSONA DE CONTACTO	HELDER ROSENDO		CARGO	Subdirector Geral	
TELÉFONO	+351 252300300		FAX	+ 351 252300317	
E-MAIL	hrosendo@citeve.pt		WEB	http://www.citeve.pt/	
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
Testes e ensaios laboratoriais Tecnologia e engenharia. Certificação e normalização de produtos Gestão do processo de inovação Inteligência moda Formação e qualificação					

ORGANIZACIÓN					
INTERNATIONAL IBERIAN NANOTECHNOLOGY LABORATORY (INL INTERNATIONAL)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Avda. Mestre José Veiga, s/n				
LOCALIDAD	Braga	CP	4715-310	PROVINCIA	Cávado
PERSONA DE CONTACTO	ALEJANDRO PAN		CARGO	Director Technology Transfer & industrial liaison	
TELÉFONO	+351 915321701		FAX	+351 253090619	
E-MAIL	alejandro.pan@inl.int		WEB	http://www.inl.int/	
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
Nanomedicine, Nanoelectronics, Environment monitoring, security and food quality control, Nanomachines & Nanomanipulation					

ORGANIZACIÓN					
CENTRO TECNOLÓGICO AUTOMOCIÓN GALICIA (CTAG)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Polígono Industrial A Granxa Calle A, parcelas 249-250				
LOCALIDAD	O Porriño	CP	36400	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	ALBERTO TIELAS MACÍA		CARGO	Coordinador diseño y desarrollo productos plástico	
TELÉFONO	986900300	FAX		986900301	
E-MAIL	alberto.tielas@ctag.com	WEB	http://www.ctag.com		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
Innovación de proceso y nuevos materiales: desarrollo de nuevos materiales y de sus procesos de transformación para su aplicación en el sector de automoción.					

ORGANIZACIÓN					
AIMEN					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	C/Relva, 27 A - Torneiros				
LOCALIDAD	O Porriño	CP	36410	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	PAULA RICO COTELO		CARGO	Centro de aplicaciones láser	
TELÉFONO	986344000	FAX		986337302	
E-MAIL	prico@aimen.es	WEB	http://www.aimen.es		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
Fabricación y caracterización de materiales compuestos de matriz polimérica Biomateriales y materiales textiles Proyecto PANETEX: Estudio de valorización de residuos de tejidos y espumas de poliéster procedentes de la industria de la confección					

ORGANIZACIÓN					
G4+ DESARROLLO SISTEMAS EMPRESARIALES Y TERRITORIALES					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Fac. Ciencias Sociales y de la Comunicación. Campus A Xunqueira, s/n				
LOCALIDAD	Pontevedra	CP	36005	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	PEDRO FIGUEROA DORREGO		CARGO	Director	
TELÉFONO	986802038	FAX			
E-MAIL	figueroa@uvigo.es	WEB	<a href="http://g4plus.uvigo.es/index2.html">http://g4plus.uvigo.es/index2.html</a>		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
<p>Estrategia y organización empresarial.            Desarrollo de cadenas o cluster empresariales.            Planificación y promoción territorial            Sistemas de información y modelización            Investigación de mercados e internacionalización            Innovación y gestión del conocimiento</p>					

ORGANIZACIÓN					
FA3 GRUPO NUEVOS MATERIALES_ DPTO. FÍSICA APLIC. (UVIGO)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Dpto. Física Aplicada, E.T.S.I. Industriales, Rua Maxwell s/n Campus Universitario Lagoas Marcosende				
LOCALIDAD	Vigo	CP	36310	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	PÍO GONZÁLEZ FERNÁNDEZ		CARGO		
TELÉFONO	986812216 ext 107	FAX		986812201	
E-MAIL	pglez@uvigo.es	WEB	<a href="http://www.fa3.uvigo.es/NewMaterials.es.htm">http://www.fa3.uvigo.es/NewMaterials.es.htm</a>		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
<p>Procesamiento de biomateriales (Biovidrios, Hidroxiapatita, SiC biomórfico) y producción de recubrimientos mediante ablación láser (PLD)            Obtención de nano-, micro- y macroestructuras para aplicaciones biomédicas</p>					

ORGANIZACIÓN					
GRUPO DE APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS LÁSERES_ DPTO. FÍSICA APLICADA (U. VIGO)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	E. Ingenieros Industriales Universidad de Vigo				
LOCALIDAD	Vigo	CP	36310	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	FELIX QUINTERO MARTÍNEZ		CARGO		
TELÉFONO	986812216 ext. 211	FAX			
E-MAIL	fquintero@uvigo.es	WEB	<a href="http://www.laser.uvigo.es/Investigacion/Potencia/potencia.es.htm">http://www.laser.uvigo.es/Investigacion/Potencia/potencia.es.htm</a>		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					

ORGANIZACIÓN					
IGAPE NOVA					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	San Lázaro, s/n				
LOCALIDAD	Santiago de Compostela	CP	15703	PROVINCIA	A Coruña
PERSONA DE CONTACTO	GUILLERMO VIÑA GONZÁLEZ		CARGO	GERENTE	
TELÉFONO	981541067	FAX			
E-MAIL	gv@igape.es	WEB	www.igape.es		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
<p>a. Dinamizar a economía contribuíndo á creación de novas empresas e á expansión e modernización das existentes.</p> <p>b. Proporcionar servizos e ferramentas esenciais para emprendedores/as e empresas (motivación, formación, diagnose de proxectos, asesoramento de expertos/as, infraestruturas etc).</p> <p>c. Propiciar as relacións entre o sector empresarial e o resto dos actores económicos (institucións de financiamento, autoridades rexionais, universidades, organizacións empresariais etc.).</p>					

ORGANIZACIÓN					
BIC GALICIA					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Barrio de San Lázaro 63A. Edificio Igape 3º				
LOCALIDAD	Santiago de Compostela	CP	15703	PROVINCIA	A Coruña
PERSONA DE CONTACTO	JACOBO GARCÍA DURÁN		CARGO	Director de área	
TELÉFONO	981546823	FAX		981546832	
E-MAIL	jgd@bicgalicia.org	WEB	http://www.bicgalicia.org		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
<p>Formación: para emprendedores, empresarios, trabajadores y técnicos</p> <p>Recursos: información, orientación, evaluación de capacidades,...</p> <p>Asesoramiento: sobre creación y consolidación de empresas</p> <p>Programas de cooperación internacional</p> <p>Participación en programas europeos y nacionales de innovación</p> <p>Programas de consolidación empresarial e internacionalización</p>					

ORGANIZACIÓN					
CONFEDERACIÓN DE INDUSTRIAS TEXTILES DE GALICIA (COINTEGA)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN	CENTRO TECNOLÓGICO		ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	PTL Valladares Área Texvigo, Calle C, Edificio Dotacional, Oficina B-3				
LOCALIDAD	Vigo	CP	36315	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	ALBERTO ROCHA GUISANDE		CARGO	Secretario General	
TELÉFONO	986439396	FAX		986433481	
E-MAIL	cointega@cointega.com	WEB	http://www.cointega.com/		
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					

ORGANIZACIÓN					
ATP – ASSOCIAÇÃO TÊXTEL E VESTUÁRIO DE PORTUGAL					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN		CENTRO TECNOLÓGICO	ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	R. Fernando Mesquita, 2785 - Edifício do CITEVE				
LOCALIDAD	Vila Nova de Famalicão	CP	4760-034	PROVINCIA	Ave
PERSONA DE CONTACTO	PAULO VAZ		CARGO	SECRETARIO GENERAL	
TELÉFONO	(+ 351) 252303030		FAX		
E-MAIL	paulo.vaz@atp.pt		WEB	www.atp.pt	
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					
Estudos e informações sobre mercados; Estatísticas nacionais e internacionais; Informações comerciais; Sistemas de incentivos; Feiras Têxteis e Moda; Ambiente; Qualidade; I&D; Energia; Formação profissional; Licenciamento industrial					

ORGANIZACIÓN					
ESTUDIOS SUPERIORES EN DISEÑO TEXTIL E MODA DE GALICIA (ESEMGA)					
ÁMBITO DE INTERÉS	GRUPO DE INVESTIGACIÓN		CENTRO TECNOLÓGICO	ENTIDAD DE APOYO	
DIRECCIÓN	Rúa da Maestranza nº 2				
LOCALIDAD	Pontevedra	CP	36002	PROVINCIA	Pontevedra
PERSONA DE CONTACTO	LOLA DOPICO ANEIROS		CARGO	Directora	
TELÉFONO	986801800		FAX	986801883	
E-MAIL	lolado@uvigo.es		WEB	www.esdemga.uvigo.es	
DESCRIPCIÓN DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN O PROYECTOS VINCULADOS CON LA TEMÁTICA					