

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

Debates sobre Innovación

DICIEMBRE
2019

VOLUMEN 3
NÚMERO 1

XVIII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica
ALTEC 2019 Medellín



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

APLICACIÓN DE LAS FIBRAS DE FIQUE EN EL DISEÑO DE PRENDAS DE VESTUARIO

Jorge Manrique H.

Universidad Pontificia Bolivariana, Grupo de Gestión de la Tecnología y la Innovación, Colombia
E-mail: jorge.manrique@upb.edu.co

María Clara Restrepo

Universidad Pontificia Bolivariana, Grupo de Investigación en Nuevos Materiales, Colombia
E-mail: mariacларarestreporestrepo@gmail.com

Cristina Castro

Universidad Pontificia Bolivariana, Grupo de Investigación en Nuevos Materiales, Colombia
E-mail: cristina.castro@upb.edu.co

Resumen

Este artículo trata sobre la participación de diferentes funciones de la gestión tecnológica en un proceso de investigación aplicada desarrollado desde la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, Colombia, a través de sus grupos de investigación, y cómo con la participación institucional de la empresa privada y el Estado a través de Colciencias, permitió, desde la perspectiva de la tesis de la triple hélice, identificar uno de los problemas en la industria textil, relacionado con el consumo de agua en el proceso de producción, preparación y transformación del algodón, y conectarlo con una ventaja no explotada y económicamente viable de la agricultura colombiana como la planta de fique, y culminar exitosamente el desarrollo de un proceso denominado *cottonización*, del que se obtienen en esta fibra, propiedades similares a las del algodón, convirtiéndola en una nueva base para aplicaciones textiles. En este caso, se lograron obtener características para aplicación en prendas tipo *denim*. La novedad de los resultados obtenidos en este desarrollo llevó a la solicitud de patente de invención para dicho proceso.

Se presentan las diferentes etapas del proceso de investigación y desarrollo, y los resultados más representativos desde el punto de vista técnico para la obtención de las fibras *cottonizadas* y bases textiles encontradas.

Palabras clave

Fibra de fique, *cottonización*, *denim*, gestión tecnológica, triple hélice, vigilancia tecnológica, patente de invención.

OBJETIVO:

Describir las fases o etapas de la gestión tecnológica llevadas a cabo durante el proceso de investigación para la *cottonización* de la fibra de fique, en el que se desarrolló una nueva base textil con mejores resultados en cuanto al impacto ambiental y consumo de agua durante su cultivo y procesamiento industrial, comparados con los de la fibra de algodón y que dio como resultado una solicitud de patente de invención.

1. Introducción

La gestión tecnológica implica la gestión de todos los factores clave de la producción para crear riqueza sostenible en el largo plazo. Las funciones de la gestión tecnológica son definidas a partir de la estrategia de la empresa que, a su vez, define la estrategia tecnológica de la que se desprenden: la Investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y de nuevos productos, la adquisición, uso y transferencia de tecnologías; la comercialización de nuevos productos, la gerencia de la cadena de valor, la gerencia del ciclo de vida del producto, la gestión de la información, la prospección tecnológica y la gestión del conocimiento. Todas estas funciones se relacionan y complementan entre sí. No obstante, la intensidad en el desarrollo de cada función es diferente según el tipo, tamaño, cultura y desarrollo tecnológico de la empresa (Kropsu-Vehkaperä, Haapasalo, & Jukka-Pekka, 2009).

De otro lado, la tesis de la triple hélice dice que el potencial de innovación y desarrollo económico en una sociedad del conocimiento reside en un papel más destacado de la universidad y en la hibridación de elementos de la universidad, la industria y el gobierno para generar nuevos formatos institucionales y sociales para la producción, la transferencia y aplicación del conocimiento (generación de conocimiento, innovación, difusión y uso), destacando la importancia de la Universidad entre los actores de la innovación con una nueva misión: la comercialización de la investigación académica y su participación en el desarrollo socioeconómico mediante interacciones no lineales entre componentes, relaciones y funciones, para generar nuevas combinaciones de conocimiento y recursos que pueden promover la teoría y la práctica de la innovación, especialmente a nivel regional (Triple Helix Research Group, s.f.), (Ranga & Etzkowitz, 2013).

El cumplimiento sistemático del proceso que lleva a la innovación tiene una serie de etapas que requieren de conocimiento especializado, recursos y tiempo. En sus etapas iniciales, dicho proceso plantea la investigación de algún fenómeno de interés, realizando las caracterizaciones necesarias para proveer la información con la cual se dará inicio al desarrollo de un producto o proceso de utilidad para la industria o la sociedad (INTI, 2009). Este proceso de diseño se define como la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones cuya forma o función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen unas restricciones especificadas, que constituyen la base para evaluar el grado de éxito de los diseños propuestos (Dym & Little, 2002).

En el caso que nos ocupa, varios integrantes de grupos de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana y pertenecientes al programa de Ingeniería Textil iniciaron una investigación tendiente al desarrollo de una nueva aplicación textil con fibras naturales autónomas de la región, que presentaran características favorables en lo ambiental, en su aplicación técnica industrial y su rentabilidad financiera y social.

Durante la formulación del proyecto se evidenciaron limitaciones propias de una sola institución de carácter universitario para abordar esta investigación, tanto desde el aspecto de financiación, como de infraestructura, propia de una empresa de producción textil. Como se mencionó anteriormente, esta situación ha sido estudiada desde la tesis de la triple hélice (Ranga & Etzkowitz, 2013) y por lo tanto, se procedió a convocar instituciones relacionadas con la investigación, la industria de producción textil y a participar en convocatorias para financiar proyectos de investigación promovidas desde el gobierno, que pudieran apoyar la propuesta y el posterior desarrollo de una nueva fuente para procesos textiles.

Ya dentro del proceso de investigación se realizó, en varias de las etapas, la vigilancia tecnológica, definida como “el esfuerzo sistemático y organizado de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma por implicar una oportunidad o amenaza para ésta, con el objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios” (Escorsa & Maspons, 2001), definición complementada por (Palop & Vicente, 1999) con el concepto de apoyo a la toma de decisiones oportunas con el fin de convertir esos cambios en fuente de oportunidades para la generación de riqueza.

La primera actividad en este sentido, inició con la documentación y el diagnóstico de la situación problema que en este caso era el desarrollo de una base textil ecológica que pudiera servir para la formulación de diferentes productos, de base biológica (polímeros como la celulosa, el almidón, proteínas y aceites que se han utilizado exitosamente). A pesar de que la celulosa se obtiene principalmente de la madera, esta fuente ha sido cuestionada porque está relacionada con problemas ambientales como la deforestación que repercuten en el clima, la hidrología, los suelos y la biodiversidad (Cunningham, y otros, 2015). El algodón es la fibra natural de mayor consumo en la industria textil colombiana con alrededor de 80.000 toneladas por año, del cual el 50% debe ser importado. Su cultivo es intensivo en el uso de agua, agro-insumos y pesticidas necesarios para el control de plagas (Quye, 2014). Como el mercado actual demanda nuevas características en los productos relacionadas con la sostenibilidad, la ecología y la responsabilidad social, se propuso entonces, realizar una investigación para identificar una fibra natural, nativa de la región, que pudiera ser utilizada para elaborar prendas de vestuario, con prestaciones que solucionen la problemática de las fibras de algodón.

En la siguiente etapa de vigilancia se encontró que, dentro de las plantas existentes en el país, con potencialidad para producir fibras que pudieran hilarse estaba el fique, del que se extraen fibras duras, gruesas, toscas, poco flexibles y de aspecto burdo; condiciones que le dan excelentes propiedades mecánicas y por las cuales, han sido usadas en la elaboración de sacos y cordeles para la industria, pero no ha sido posible usarlas de manera directa en la elaboración de bases textiles para vestuario. Las diferencias en su morfología y composición química eran evidentes con el algodón.

Buscando cómo cambiar tales características, se encontró un proceso llamado “*cottonización*”, el cual fue desarrollado en Polonia a principios del siglo XX, para impartir a las fibras bastas y duras el aspecto y las propiedades del algodón, mediante la remoción de los componentes no celulósicos presentes en las fibras, sin dañar las estructuras fibrilares de celulosa; obteniéndose así fibras más finas, flexibles, blancas y suaves.

Para la siguiente etapa, se diseñaron experimentos con las fibras *cottonizadas* para elaborar un hilo de mezcla íntima que logró tener una composición final de 50% algodón/ 50% fibra de fique y un calibre o título, *Nm 14*, que es usado comúnmente en la industria para la producción de bases textiles de peso medio, aptas para la manufactura de prendas como *jeans*, pantalones informales, chaquetas y bolsos entre otros. Con este hilo se experimentó en la construcción de diferentes bases

textiles de tejido plano como tafetán, sarga y satín, al igual que se desarrollaron algunas pruebas en tejido de punto.

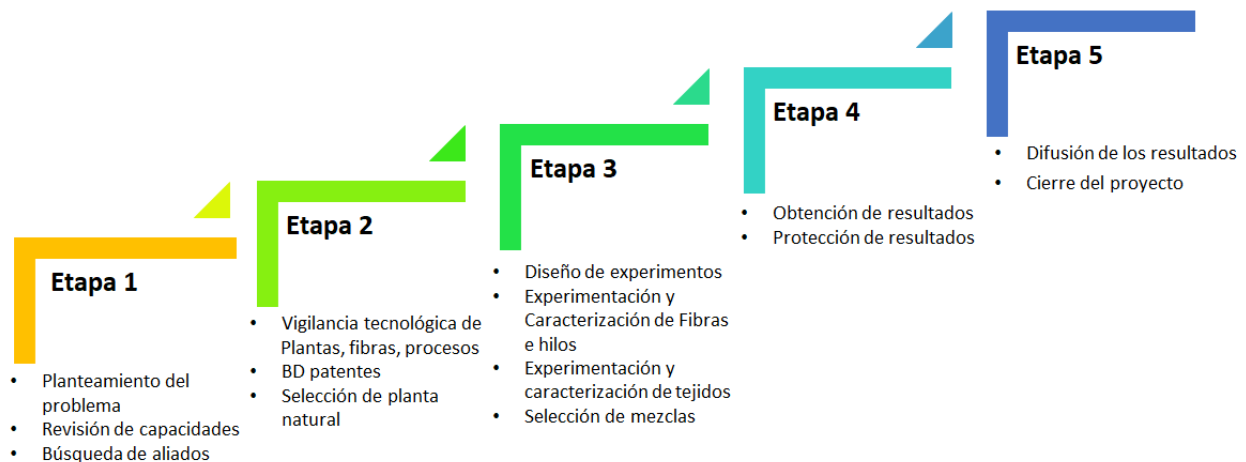
Los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades mecánicas tanto de los hilos como de las bases textiles y la evaluación cualitativa de dichas bases cumplieron los requerimientos necesarios para poder ser utilizadas en diferentes aplicaciones en el vestuario y a su vez, mostraron la posibilidad de solicitar un registro de patente de invención para el proceso de *cottonización* de esta fibra.

Se presentan a continuación las diferentes fases de este proyecto y los resultados técnicos más importantes que se obtuvieron de la investigación, tratando de ilustrar a la vez, el proceso de gestión tecnológica llevado a cabo.

2. Metodología

La metodología de esta investigación se llevó a cabo siguiendo parámetros de un proceso convencional de diseño, integrando en sus diferentes etapas o fases los elementos de gestión tecnológica necesarios para su financiación, experimentación y desarrollo. Las cinco fases del proceso se muestran en la Figura 1:

Figura 1. Proceso de diseño de la investigación para obtención de una nueva base textil



Fuente: Elaboración propia

3. Desarrollo

Etapa 1: En esta etapa se inició el planteamiento del problema a resolver, relacionado con la problemática del consumo de agua en el cultivo y procesamiento textil del algodón, buscando como

alternativa, una fibra natural nativa que pudiera tener características similares, apropiadas para usarse como base textil.

Las limitaciones de carácter institucional para la investigación y el desarrollo individual de nuevos productos y tecnologías han llevado al planteamiento de la tesis de la triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 1995), donde se combinan las fortalezas de cada institución relacionada con los ámbitos público, de producción y la Universidad, para llevar a cabo procesos de I+D que conduzcan a la innovación. Dicha tesis ha sido demostrada en múltiples casos de éxito alrededor del mundo.

Desde ésta perspectiva, para enfrentar esta investigación, se determinaron las capacidades requeridas y se realizaron consultas e invitaciones a diferentes instituciones y empresas relacionadas con el desarrollo de bases textiles para participar en el proyecto. Posteriormente, éste se presentaría a convocatoria gubernamental a través de Colciencias según sus líneas de interés lo cual, efectivamente ocurrió, y entonces, se determinaron las responsabilidades y participación de cada uno de los integrantes de la investigación. El proyecto se inició con la participación de la Universidad Pontificia Bolivariana como proponente de la investigación, la empresa textil Expofaro de la ciudad de Medellín, el centro de investigación y desarrollo INNOTEX de la *Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC), y Colciencias como ente público cofinanciador del proyecto.

Etapas 2: Una de las actividades que se realiza en todas las etapas que conducen a la innovación es la vigilancia, que se define como “el esfuerzo sistemático y organizado de observación, captación, análisis, difusión precisa y recuperación de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma por implicar una oportunidad o amenaza para ésta, con el objeto de poder tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios” (Escorsa & Maspons, 2001), definición complementada por (Palop & Vicente, 1999) con el concepto de apoyo a la toma de decisiones oportunas con el fin de convertir esos cambios en fuente de oportunidades para la generación de riqueza.

Se identificaron las principales plantas nativas con características de fibras para hilatura y sus diferentes procesos y se encontró que la fibra de fique cumplía con varias características. Se identificaron las propiedades de la fibra de fique y los procesos necesarios para hacerla apta en la producción de telas para vestuario y se seleccionó dicha fibra. Se realizó luego un proceso de vigilancia tecnológica sobre el fique, sus procesos y aplicaciones.

Para hacer un sondeo a nivel internacional relacionado con el desarrollo de productos textiles para vestuario con fibras afines al fique (clasificada como fibra dura), se realizó una búsqueda en la base de datos *Scopus* con las palabras “*hard fiber*” y “*fabric*” or “*clothing*” or “*textile*”, la cual no arrojó ningún resultado indicando que este tipo de fibras aún no se han aplicado en el sector textil, situación que puede responder a sus características físicas que las hacen gruesas y les proporcionan un tacto rígido y tosco poco apto para estar en contacto con la piel.

Etapas 3: En esta etapa se realizaron todos los experimentos y procesos fisicoquímicos relacionados con el proceso de *cottonización*, se hizo una revisión bibliográfica de dicho proceso y de las

patentes de la fibra de Fique, fibras afines o con características similares a ésta; se diseñaron y llevaron a cabo los diferentes experimentos para ennoblecer la fibra escogiendo los procesos y tratamientos químicos más pertinentes y eficaces para la modificación de los atributos previamente analizados. Luego se hizo un escalamiento para procesar una cantidad de fibra suficiente para la producción industrial de hilo en la empresa local EXPOFARO, con el fin de desarrollar las bases textiles necesarias para el portafolio y las validaciones posteriores. Las fibras se caracterizaron por: análisis bromatológico, microscopía óptica y electrónica de barrido SEM. Luego de obtener la fibra suavizada, se procedió a hacer la hilatura en el centro INNOTEX perteneciente a *la Universitat Politècnica de Catalunya* (UPC). El hilo fue mezclado exitosamente con algodón. Se produjo un hilo en *Ring Spun* (RS). Los hilos generados se caracterizaron por microscopía óptica y electrónica de barrido SEM y según las normas internacionales para este tipo de textiles.

Posteriormente, se desarrolló un tejido en maquinaria convencional para tejeduría de plano en el centro INNOTEX, y se analizaron el comportamiento de la fibra y el hilo en los tejidos.

Etapa 4: Luego de las pruebas, los resultados indicaron que se había logrado desarrollar una base textil con las características del *denim* (Sarga 3x1 con urdimbre en hilo de algodón 100% teñido en índigo) con trama en el hilo 50% algodón y 50% fique *cottonizado*. El *denim* es el textil de más consumo en Colombia. Las bases textiles también se caracterizaron por microscopía óptica y electrónica de barrido SEM y normas ASTM.

La novedad, el nivel inventivo y la potencialidad de aplicación industrial de los desarrollos intelectuales originales, son los requisitos para solicitar alguna de las formas de propiedad industrial, siendo una de ellas la patente de invención (OMPI, 2018). La vigilancia tecnológica y la consulta en bases de datos de patentes debe realizarse previamente para establecer el estado de la técnica y determinar la novedad de la invención. Cuando esto se ha realizado, se procede a redactar el documento de patente según lineamientos de la organización pertinente que, en el caso colombiano, es la Superintendencia de Industria y Comercio -SIC. El documento debe tener una descripción de la invención, reivindicaciones o características técnicas, dibujos (si son necesarios), y un resumen con el aporte de la invención. Con estos documentos se presenta la solicitud de manera física o electrónica ante la SIC, llenando los formularios recomendados para ello. Posteriormente se debe hacer un seguimiento a las diferentes etapas del proceso (SIC, s.f.).

Luego de verificar la eficacia y novedad del proceso de *cottonización* de la fibra de fique se procedió con la fase de protección a la propiedad intelectual para lo cual, la oficina de propiedad intelectual de la Universidad, inició el trámite ante la Superintendencia de Industria y Comercio, para obtener una patente con el nombre “*PROCESO DE TRATAMIENTO DE FIBRAS NATURALES*” que protege el proceso de *cottonizado* desarrollado para el tratamiento de la fibra de fique, el cual la hace apta para la producción de bases textiles, según lineamientos de la Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI, 2018). Actualmente se encuentra en estudio para pasar a la fase internacional del sistema del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT).

Etapa 5: La difusión de la investigación hace parte de los compromisos con el ente gubernamental financiador (Colciencias). No obstante, la información relacionada con aspectos técnicos del

proceso, se mantienen en reserva hasta la obtención oficial de la patente de invención pues, es requisito para patentamiento, que los detalles de la invención no sean conocidos por el público.

Se han realizado varias ponencias y publicaciones nacionales e internacionales (Amaya Vergara, y otros, 2018), (Uribe, Junio 2017) reuniones de socialización en la Gobernación de Antioquia, entrevistas en radio y televisión y se desarrolló un portafolio de resultados y productos derivados de la investigación.

Finalmente, se elaboraron los documentos jurídicos referentes al cierre del proyecto, con la intervención de la dependencia universitaria encargada de apoyar este proceso.

4. Resultados

Las consultas iniciales mostraron que la investigación científica en torno a la fibra de fique se ha desarrollado desde 2001 en Colombia y otros países como Brasil, Estados Unidos, Canadá (Gañán, 2003), (Hidalgo, 2011), (Tonoli, 2011), (Cabrera, 2007), (Pelaez, 2011) y se han enfocado hacia las posibilidades de la fibra para el desarrollo de *composites* o plásticos reforzados, uso de la fibra en el refuerzo de *composites* de cemento y concreto, propiedades térmicas del fique, y sobre el suavizado de fibras de fique con enzimas y procesos químicos el cual, concluye que “*el biopolishing*” con enzimas celulasas retira las protuberancias superficiales de la fibra de fique, pero no logra el efecto de suavidad necesario para la manufactura de prendas textiles. En total se encontraron 66 artículos de las principales temáticas. El tema de mayor importancia (54,5%) es la aplicación de la fibra como reforzante para materiales compuestos, seguido con el estudio de las propiedades de la fibra con un 9,1% y la caracterización y/o uso del bagazo y el jugo con un 7,6% cada uno.

Para el análisis de desarrollo tecnológico, se utilizó la base de datos de patentes de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia y buscadores internacionales, encontrándose cuatro expedientes de los cuales tres fueron negados, y solo una patente fue concedida para la Universidad del Cauca con el título “Proceso de obtención de un material compuesto por harina de yuca, fibra de fique y glicerina”.

A nivel internacional, se encontraron tres patentes, entre ellas, una de la Universidad del Cauca para la aplicación de las fibras en una “Nueva estructura para colchón con aireación” y una adjudicada a la Universidad de Santander con título “*Material used in the removal of contaminants from liquid matrices*”.

4.1 Selección de la fibra

El fique pertenece al género *Furcraea*, que comprende 20 especies, muchas empleadas para la extracción de fibras textiles (Jimenez Narvaez, 1968). En general, las plantas de este género se caracterizan por tener hojas de color verde con una longitud entre 1 y 3 metros y un ancho entre 10 y 20 cm. Su vida útil comienza generalmente entre los 3 y 6 años y puede tener una vida productiva entre 10 a 20 años (Cadefique, 2006). Se estima que el rendimiento de fibra seca por hectárea es de 2 toneladas al año, las cuales representan únicamente el 4% del peso total de las hojas y se destina únicamente para la producción industrial de cuerdas y costales.

Para esta investigación se tomaron muestras de tres de las cinco especies más importantes cultivadas en Colombia (Castellanos, 2009): “Bordo de Oro” (*Furcraea Castilla*), “Cenizo” (*Furcraea Cabuya Trel*) y “Jardineña o Uña de águila” (*Furcraea Macrophylla*) del Municipio de San Vicente Ferrer, en el Departamento de Antioquia. De las plantas, se extrajeron las fibras, se secaron y se analizaron para determinar algunas de sus características morfológicas, propiedades mecánicas y composición química para determinar las posibles aplicaciones textiles. Ver Tabla 1.

Tabla 1. Características de las fibras de fique de tres especies colombianas

Composición química						Tenacidad (cN/Tex)	Alargamiento a la rotura (%)
Fibra	Título (Tex)	Celulosa (%)	Hemicelulosa (%)	Lignina (%)	Otros (%)		
Bordo de Oro	45	60.3	18.9	8.7	12.1	19,02	5,11
Uña de Águila	39	60.8	22.4	7.4	9.4	33,71	3,66
Cenizo	17	59.1	24.6	8.7	7.6	21,05	8,25

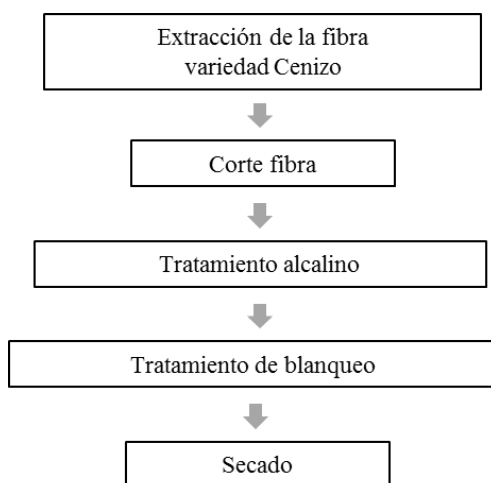
Fuente: Elaboración propia

4.2 Proceso de *cottonización*

Las fibras naturales bastas o duras están compuestas por fibras elementales o microfibrillas, que podrían ser separadas o individualizadas para ser utilizadas en diferentes aplicaciones. Con el fin de analizar las posibilidades de la fibra de fique para su uso en prendas de vestuario, se hizo un análisis de los procesos reportados en la literatura y se seleccionó uno de ellos para suavizar las fibras o *cottonizarlas* mediante la eliminación del componente celulósico (Bhattacharya, 2007). Para el proceso se escogió la variedad Cenizo por haber resultado ser la de mayor finura. En la figura 2, se puede observar el proceso.

El experimento realizado incluyó el corte de fibra, hinchamiento de la estructura para blanqueamiento, diseño aleatorio de experimento para condiciones óptimas, selección de variables independientes, análisis estadístico utilizando un ANOVA en *Statgraphics®*, determinación del efecto principal según (Gutiérrez Pulido, 2008). El experimento llevó a realizar satisfactoriamente un proceso de aislamiento de celulosa utilizando tratamientos menos contaminantes a las fibras de fique para obtener una pasta con contenido de celulosa y grado de polimerización (DP) apropiado para producir filamentos de rayón de viscosa de utilidad para elaboración de productos textiles.

Figura 2. Esquema del proceso aplicado para el cottonizado de la fibra de fique



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, para establecer la viabilidad de producción en un proceso de hilatura industrial tradicional, se recurrió al proceso de mezcla con el fin de aumentar la cohesión interfibrilar; las fibras de fique *cottonizadas* fueron mezcladas con algodón en una proporción de 50:50, y luego se procesaron mecánicamente y en el proceso previo a la hilatura, se mezclaron con poliéster para hilar en una hiladora de rotor u *open end* en la cual se obtuvo un hilo con título *Ne 14* (Numero Inglés). Los hilos resultantes fueron caracterizados y se seleccionaron aquellos que permitieron conformar una base textil para construir un tejido de sarga 3x1 cuya caracterización se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los análisis realizados a la tela con fibra de fique

Pruebas a las bases textiles	Resultado
Determinación de la masa por unidad de área (peso) (g/mt ²)	364
Resistencia a la rotura urdimbre (N)	394
Resistencia a la rotura trama (N)	735
Resistencia al desgarre urdimbre (N)	44,3
Resistencia al desgarre trama (N)	62,68
Resistencia al deslizamiento de los hilos en costura urdimbre (N)	200
Resistencia al deslizamiento de los hilos en costura trama (N)	200

Fuente: Elaboración propia

5. Discusión y análisis

El planteamiento del problema a resolver, relacionado con la problemática del consumo de agua en el cultivo y procesamiento textil del algodón fue acertado pues, la información encontrada corrobora que la industria textil consume grandes cantidades de agua para el cultivo y la transformación de una de sus principales fibras que es el algodón.

El abordaje de una investigación de manera conjunta entre la Universidad, la Industria y el Estado, para combinar las fortalezas de cada institución relacionada con los ámbitos público, de producción y la Universidad para llevar a cabo procesos de I+D que potencialmente conduzcan a la innovación, efectivamente permitió llevar a cabo actividades, que de manera individual no hubiera sido posible, tal como lo plantea la tesis de la triple hélice. Las organizaciones participantes realizaron sus funciones según las capacidades propias y los planteamientos del proyecto, llevando a la culminación exitosa de éste, y planteando la expectativa de una fase futura para el escalamiento del proceso a nivel industrial.

La información encontrada sobre el algodón, mostró que éste tiene un alto contenido de celulosa que es un polímero hidrófilo y permite a las fibras absorber la humedad que se produce en el cuerpo brindándole a éste confort térmico. La poca presencia de lignina y hemicelulosa, y su estructura unicelular le confiere a la fibra finura, flexibilidad y suavidad. Estas características hacen del algodón la principal fibra natural de consumo en el mundo con una participación de un 39% en el mercado total de las fibras textiles (Enciso E., 2009). No obstante, el algodón es un cultivo que demanda gran cantidad de agua y uso de pesticidas, lo cual puede representar un problema para el medio ambiente y la sostenibilidad (Tobler-Rohr, 2011). De igual manera, con el auge en el uso de las fibras naturales se han presentado diversos estudios encaminados a lograr que otras fibras de recursos renovables como las de los tallos o las hojas, puedan ser usadas en vestuario lográndose conseguir características similares a las del algodón. Este proceso es denominado *cottonización* y generalmente se realiza por métodos químicos, mecánicos o combinados, y en los últimos años, a raíz de la búsqueda de soluciones amigables con el medio ambiente, se ha estado estudiado el uso de enzimas (Harwood, 2008).

El fique es denominada la fibra nacional Colombiana debido a que es el mayor productor de dicha fibra en el mundo con un aproximado de 21.600 toneladas al año, aportando esto al 1% de la producción mundial de fibras naturales (Castellanos, 2009). Desde 2015, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, y Colciencias, buscan definir dentro de los objetivos estratégicos y líneas de acción para el sector agropecuario y agroindustrial colombiano en un horizonte de diez años la caracterización morfológica y molecular de los eco-tipos de la planta de fique (Ministerio de agricultura y desarrollo rural, 2017).

El comportamiento mecánico de las fibras duras de fique las hace de utilidad en la producción de cordelería y empaques. Sin embargo, su alto contenido de lignina y hemicelulosa y su diámetro comparado con la fibras bastas y el algodón, les confieren un tacto duro y tosco, razón por la cual no son aptas para ser utilizadas en la producción de bases textiles para vestuario (Tobergte, 2013), (Bunsell, 2009), (Msahli, 2015).

Con respecto a la hilatura de las fibras, se utilizó el Tex (peso en gramos de 1000 metros de material) para expresar la finura, grosor o calibre de los materiales textiles. Los resultados muestran que la variedad *Cenizo* es más fina que las otras dos variedades estudiadas. En cuanto a los contenidos de celulosa, hemicelulosa, lignina y otros componentes en menor escala (Franck, 2013), (Tonoli, 2011), no se encontraron diferencias relevantes entre las tres especies pues, la composición química se mantiene entre las diferentes variedades.

Se verificó la viabilidad del uso de las fibras de fique *cottonizadas* en condiciones óptimas en la producción de una base textil en un proceso industrial tradicional. Tanto el hilo como la base textil se caracterizaron y los valores en sus propiedades y requisitos se encuentran dentro de los rangos estandarizados según las normas internacionales UNE, ISO, ASTM y en la norma NTC 703-2.

Desde la perspectiva de la gestión tecnológica en la fase de diseño de producto y proceso, en donde se involucró la vigilancia tecnológica, con las capacidades profesionales de I+D para una nueva base textil para producción de telas tipo *denim*, se encontró el resultado más importante esperado de esta fase, que es la solicitud de patente de invención para el proceso de *cottonización* de la fibra de fique. La Universidad cuenta con una dependencia de apoyo que se encarga de realizar los trámites formales para dicha solicitud ante la Superintendencia de Industria y Comercio SIC.

A partir de esta investigación se plantea también la posibilidad de industrializar el fique desde una nueva perspectiva. Actualmente en Colombia, se producen alrededor de 30,000 toneladas métricas de fibra natural de fique por año para la fabricación de cuerdas y sacos, que representan el sustento de más de 70,000 familias campesinas.

6. Conclusiones

Las principales conclusiones de la investigación fueron las siguientes:

La práctica de la gestión tecnológica es fundamental para la investigación y el desarrollo de nuevos productos pues, el desconocimiento de sus procesos puede ser motivo de pérdidas de esfuerzos y recursos personales, financieros e institucionales.

La relación institucional entre la Universidad, la Empresa y el Estado, conocida como la triple hélice, es efectiva los procesos de I+D que requieren diversidad en conocimiento y recursos, como en el proceso de desarrollo de esta investigación en la que se logró obtener una nueva base textil la cual, como invención, es el primer paso en el proceso que lleva a la innovación.

Las funciones de la gestión tecnológica relacionadas con el inicio del proceso de diseño y desarrollo de nuevos productos, y establecimiento de dependencias de apoyo para efectuar los trámites legales entre los participantes, se realizaron de manera lógica y coherente, dando como resultado un proceso con posibilidad de ser patentado.

La vigilancia tecnológica fue fundamental para la identificación de oportunidades de desarrollo del proceso de *cottonización* aplicado a la fibra de fique y su posibilidad de solicitar protección mediante patente de invención.

La investigación básica y la investigación aplicada forman parte fundamental del proceso de diseño de nuevos productos de base tecnológica.

La aplicación lógica del proceso de diseño en la investigación desde la perspectiva de la Gestión Tecnológica, realizado por personal con capacidades de investigación, apoyado por recursos financieros, físicos y tecnológicos, ha permitido obtener resultados pertinentes que se pueden reflejar en la investigación en el campo textil y de nuevos materiales, para la industria textil y para la agricultura colombiana.

El estudio llevó a realizar satisfactoriamente un proceso de aislamiento de celulosa utilizando tratamientos menos contaminantes a las fibras de fique para obtener una pasta con contenido de celulosa y grado de polimerización (DP) apropiado para producir filamentos de rayón de viscosa de utilidad para elaboración de productos textiles.

El proceso de *cottonización* de la fibra de fique resultó ser eficiente y de posible fácil aplicación en la industria textil nacional para producción de tejidos tipo índigo además, resultó ser novedoso y sus características cumplieron con los requerimientos para solicitar registro de patente de invención, que favorece a los participantes del proyecto.

Para la agricultura y la industria colombiana, se plantea a partir de ésta investigación, la posibilidad de industrializar el fique desde una nueva perspectiva.

Con este desarrollo inicial, se propone la posibilidad de encarar las fases siguientes que permitan llegar a la producción a escala industrial y la distribución comercial completando el proceso de innovación para esta nueva base textil.

Referencias

- Amaya Vergara, M. C., Cortés G, . M., Restrepo Restrepo, M. C., Castro Herazo, C. I., Manrique, J., Pereira Soto, M. A., . . . Zuluaga Gallego, R. (2018). Novel biobased textile fiber from colombian industrial waste fiber. *Molecules*, 1-13.
- Bhattacharya, S. D. (2007). Degumming of decorticated ramie: Effects of alkalis on gummy compositions vis-à-vis their properties. *Journal of the Textile Institute*, 98(5), 431–436. doi:00405000701502891
- Bunsell, A. R. (2009). *Handbook of tensile properties of textile and technical fibers*. . Woodhead Publishing.
- Cabrera, G. &. (2007). El fique como aislante térmico. Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias.*, 5(1), 9–16.
- Cadefique. (2006). *Guía ambiental del subsector fiquero*. . Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Castellanos, O. F. (2009). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva del fique en Colombia*. . Bogotá D.C.: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural/Universidad Nacional de Col.
- Cunningham, S., Nally, R., Baker, P., Cavagnaro, T., Beringer, J., Thomson, J., & Thompson, R. (2015). Balancing the environmental benefits of reforestation in agricultural regions. *Perspect. Plant. Ecol. Syst.*, 301-307.
- Dym, C., & Little, P. (2002). *El proceso de diseño en ingeniería*. México: Limusa Wiley.
- Enciso E., G. L. (2009). *Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Cadena Algodón, Textil, Confecciones en Colombia*. Bogotá: Team Consultores.

- Escorsa , P., & Maspons, R. (2001). *De la vigilancia tecnologica a la inteligencia competitiva*. Alhambra Editorial.
- Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix -- University-Industry-Government Relations: A Laboratory for Knowledge Based Economic Development. *Social Science Research Network*, 14(1), 14-19. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2480085
- Franck, R. R. (2013). Bast and other plant fibres. *Journal of Chemical Information and Modeling* , 53. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Gañán, P. &. (2003). Thermal and degradation behavior of fique fiber reinforced thermoplastic matrix composites. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* (73), 783–795. Obtenido de <https://doi.org/10.1023/A:1025830430267>
- Gutiérrez Pulido, H. a. (2008). Diseños Factoriales . En e. P. Rojas, *Análisis y Diseño de Experimentos* (págs. 294–312.). Mcgraw-Hill/Interamericana editores, S.A. de C.V.
- Harwood, R. H. (2008). Cottonisation of Flax. *International Conference on Flax and Other Bast Plants* (pp. 118–128).
- Hidalgo, M. A. (2011). Desempeño mecánico del compuesto polietileno aluminio reforzado con agro fibras continuas de fique. . Recuperado en 23 de abr. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 31(2), 187-194. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522011000200012&lng=es&tlng=es
- INTI. (1 de octubre de 2009). *El proceso de diseño: Fases para el desarrollo de productos*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires. Arg. Obtenido de https://www.inti.gob.ar/prodiseno/pdf/n141_proceso.pdf
- Jimenez Narvaez, G. (1968). *Estudio general del Fique (Furcraea spp)*. . Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Kropsu-Vehkaperä, H., Haapasalo, H., & Jukka-Pekka , R. (2009). Analysis of Technology Management Functions in Finnish High Tech Companies. *The Open Management Journal*(2), 1-10. Obtenido de <https://benthamopen.com/contents/pdf/TOMANAJ/TOMANAJ-2-1.pdf>
- Linares, E., Galeano, G., García, N., & Figueroa, Y. (2008). Fibras Vegetales Empleadas en Artesanías en Colombia. *Artesanías de Colombia*, 1-30.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2017). *PECTIA la gran herramienta para definir las líneas de acción y la toma de decisiones de la agroindustria nacional*. Obtenido de PECTIA la gran herramienta para definir las líneas de acción y la toma de decisiones de la agroindustria nacional: <http://www.siembra.gov.co/siembra/Pectia.aspx>
- Msehli, S. J. (2015). Study of the Mechanical Properties of Fibers Extracted from Tunisian Agave americana L. *Journal of Natural Fibers* , 12(6), 552–560. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/15440478.2014.984046>
- OMPI. (18 al 22 de junio de 2018). *OMPI – Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2018) Undécima Reunión del Grupo de Trabajo del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT)*. Ginebra. *PCT/WG/11/5 ORIGINAL: INGLÉS*. Obtenido de OMPI: From: https://www.wipo.int/edocs/mdocs/pct/es/pct_wg_11/pct_wg_11_5.pdf

- OMPI Organización Mundial de Propiedad Intelectual. (2 de 6 de 2019). *Patentes*. Obtenido de <https://www.wipo.int/patents/es/>
- Palop , F., & Vicente, J. (1999). *Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa española*. Madrid: COTEC. Obtenido de http://informecotec.es/media/15_Est15_Vig_Tec_Intelg_Cometiti.pdf
- Pelaez, A. F. (2011). Softening of fique fiber with enzymatic and chemical process. *11th World Textile Conference AUTEX2011*. Alsace- Mulhouse - Engineering School of the Université de Haute.
- Quye, A. (2014). Factors influencing the stability of man-made fibers: A retrospective view for historical textiles. *Polym. Degrad. Stab.*, 210-218.
- Ranga, M., & Etzkowitz, H. (2013). Triple Helix Systems: An Analytical Framework for Innovation. *Policy and Practice in the Knowledge Society, Industry and Higher Education - Special Issue "Innovation policy as a concept for developing economies: renewed perspectives on the Triple Helix system"*, 27(4), 237-262. Obtenido de The Triple Helix concept: https://triplehelix.stanford.edu/3helix_concept
- SIC. (s.f.). *Pasos para solicitar una patente*. Recuperado el 2 de 6 de 2019, de <http://www.sic.gov.co/pasos-para-solicitar-una-patente>
- Sosa Compean, L. B. (septiembre 2010). Métodos y técnicas de diseño. *contexto*, 50-54.
- Tobergte, D. R. (2013). Physical testing of textiles. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tobler-Rohr, M. I. (2011). *Handbook of sustainable textile production*. . Woodhead Publishing.
- Tonoli, G. H. (2011). Effects of natural weathering on microstructure and mineral composition of cementitious roofing tiles reinforced with fique fibre. *Cement and Concrete Composites*, 33(2), 225–232. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.10.013>
- Triple Helix Research Group. (s.f.). *Stanford University Triple Helix Research Group*. Recuperado el 01 de 05 de 2019, de The Triple Helix concept: https://triplehelix.stanford.edu/3helix_concept
- Uribe, J. F. (Junio 2017). Denim con fique:: nueva aplicación textil. *Revista Universitas Científica* , 8-11.
- Villota Ramírez, J. A., Muñoz Maya, O., & Benavides, J. A. (2006). *Caracterización ocupacional del subsector fiquero de Colombia*. SENA.