

## **Desarrollo de materiales biodegradables a base de almidón: Valorización de residuos agroindustriales Lignocelulósicos**

Prof. Rodrigo Ortega-Toro Ph.D  
rodrigo.ortega@unad.edu.co

**Resumen:** En las últimas décadas se ha incrementado la preocupación por la conservación del medio ambiente, especialmente por la acumulación de plásticos convencionales tanto en la tierra como en el agua. Para mitigar este problema se han generado estrategias como el desarrollo de materiales biodegradables a partir de recursos renovables que sustituyan, al menos parcialmente, aquellos materiales derivados del petróleo. Entre los recursos renovables destacan los residuos ricos en almidón y en lignocelulosa provenientes de la agroindustria. Estos polisacáridos son los más abundantes en la tierra y por su estructura química y propiedades físicas permiten la generación de materiales biodegradables procesables por métodos tradicionales como extrusión, inyección y moldeo compresión. Además, sus características se complementan muy bien entre sí, por un lado el almidón aporta una matriz polimérica de soporte que puede ser mejorada (propiedades mecánicas y de barrera) mediante la incorporación de micro- y nano-fibras provenientes de los residuos lignocelulósicos y de compuestos activos, como antioxidantes, provenientes de dichos residuos. Al ser procesado mediante extrusión, inyección y moldeo compresión, con la formulación adecuada, se pueden obtener materiales flexibles y semirrígidos aprovechables para la fabricación de bolsas flexibles, bandejas, menaje, entre otras. En el presente trabajo se obtuvieron micro- y nano-fibras de celulosa y extractos con alto poder antioxidante a partir de cascarilla de arroz y café, para su aplicación como agentes de refuerzo y como Prof. Rodrigo Ortega-Toro Ph.D. rodrigo.ortega@unad.edu.co agentes activos en materiales biodegradables a base de almidón. En este momento de la investigación se han obtenido y caracterizado las micro- y nano fibras, y los antioxidantes obtenidos de cascarilla de arroz y café. Las micro- y nano-fibras se han incorporado exitosamente a matrices de almidón termoplástico obtenidos mediante mezclado en fundido y moldeo compresión, evidenciando el mejoramiento de las propiedades mecánicas, de barrera y térmicas de las matrices. Posteriormente se estandarizará un proceso para la obtención de los antioxidantes en polvo mediante liofilización o spray dry para incorporarlos en las matrices de almidón termoplástico reforzadas con fibras. Además, se estudiarán las posibles formulaciones que se pueden obtener mediante diversas técnicas de procesamiento, y se harán estudios de vida en anaquel de algunos alimentos envasados en los materiales desarrollados.

**Abstract :** In the last decades has increased the concern for the conservation of the environment, especially by the accumulation of conventional plastics in the ground as in the water. To mitigate this problem, strategies have been generated such as the development of biodegradable materials from renewable resources that, at least partially, substitute those materials derived from petroleum. Renewable resources include residues rich in starch and lignocellulose from agro-industry. These polysaccharides are the most abundant in the earth and by their chemical structure and physical properties allow the generation of biodegradable materials processable by traditional methods like extrusion, injection and molding compression. Also, its characteristics complement each other very well. On the one hand, starch provides a polymer matrix of support that can be improved (mechanical and barrier properties) through the incorporation of micro- and nano-fibers from the lignocellulosic residues and active compounds, as antioxidants, from said residues. When being processed by extrusion, injection and compression molding, with the appropriate formulation, flexible and semi-rigid materials can be obtained that can be used for the manufacture of flexible bags, trays, utensils, among others. In the present work, micro- and nano-cellulose fibers and extracts with high antioxidant power were obtained from rice and coffee

husks, for their application as reinforcing agents and as active agents in biodegradable materials based on starch. At this point, micro- and nano-fibers and antioxidants obtained from rice and coffee husks have been obtained and characterized. Micro- and nano-fibers have been successfully incorporated into thermoplastic starch matrices obtained by melt mixing and compression molding, evidencing the improvement of the mechanical, barrier and thermal properties. Subsequently, a process to obtain the antioxidants powder by lyophilization or dry spray will be standardized to incorporate them into fiber reinforced thermoplastic starch matrices. Also, several formulations that can be obtained through various processing techniques will be studied, and shelf-life studies of some foods will be carried out using developed materials.

### **El impacto de la investigación desarrollada**

El presente trabajo está en marco de la temática 3 de Medio ambiente (Uso y gestión del agua, clima y aire limpio y Uso eficiente de recursos). El impacto del desarrollo de materiales biodegradables a partir de residuos agroindustriales tiene dos aportes fundamentales, el primero es la disminución del uso de plásticos convencionales como el polietileno, polipropileno, poliestireno, etc. que tanto daño hacen al medio ambiente, especialmente a fuentes de agua continentales y marítimas. Esta contaminación causada por acumulación de plástico debe ser una preocupación de toda la humanidad. Por otra parte, el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos, como la cascarilla de arroz y de café, en el desarrollo de materiales biodegradables evita que estos sean incinerados o arrojados al suelo o agua, promoviendo con ello la limpieza del agua, suelo y aire.

### **TICs empleadas en el desarrollo de la investigación y descripción del apoyo y/o aporte que ayudaron al cumplimiento del objetivo de investigación perseguido**

Se han usado las siguientes Tecnologías de Información y Comunicación:

- Bases de datos especializadas para la búsqueda de información relevante sobre el tema.
- Se diseñó y se está orientando el curso virtual “BIOMATERIALES” en la Especialización en Procesos de Alimentos y Biomateriales de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD- Colombia). Uno de los objetivos del curso es orientar a los estudiantes en la importancia de los biomateriales en diversos sectores de la industria, y en el desarrollo de matrices poliméricas biodegradables.
- Se está diseñando el curso virtual “ENVASES Y EMBALAJE DE ALIMENTOS” que ofertará La Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD- Colombia) mediante su plataforma virtual. Este curso tendrá una orientación hacia el uso de polímeros biodegradables en el empaque de alimentos y su repercusión positiva sobre el medio ambiente.
- Se comparte constantemente información mediante la publicación de artículos científicos en bases de datos especializadas.

- Se hace una retroalimentación del conocimiento con pares de todo el mundo mediante redes sociales de investigación como ResearchGate.
- Se han orientado webconferencias a través de la plataforma de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (Colombia) comunicando los resultados de la investigación y fomentando en estudiantes, docentes e investigadores la curiosidad e interés por esta temática.
- Se han organizado Foros Virtuales como el “I FORO EN TENDENCIA E INNOVACIÓN DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA” en 2016, en el que se ha compartido información con investigadores de diferentes países como Italia, Francia, España, Argentina, México y Colombia sobre temáticas relacionadas con el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para el desarrollo de materiales biodegradables. El 13 de mayo del presente año se llevará a cabo la segunda versión de este foro.
- Se han diseñado Objetos Virtuales de Aprendizaje enfatizando en la importancia del uso de polímeros biodegradables y aprovechamiento de residuos agroindustriales.

### **Descripción de la red de colaboración que participa en el proyecto.**

La red para el desarrollo de esta investigación la constituyen universidades de Colombia, España y Suecia:

#### **Universidades de Colombia:**

- Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería: Prof. Rodrigo Ortega Toro Ph.D., experto en el desarrollo de matrices biodegradables y aprovechamiento de residuos agroindustriales.
- Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ingeniería Química: Prof. Yineith Piñeros Ph.D., experta en el aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención de moléculas bioactivas.
- Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias: Prof. José Luis Hoyos Ph.D.(c), director del grupo de investigación ASUBAGROIN. Experto en el aprovechamiento de residuos agroindustriales y biotecnología.  
Prof. Rodrigo Ortega-Toro Ph.D. rodrigo.ortega@unad.edu.co

#### **Universidades de España:**

- Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Tecnología de Alimentos: Prof. Amparo Chiralt Boix Ph.D., experta en el desarrollo de matrices biodegradables con diversas macromoléculas y moléculas de origen natural.
- Universidad Politécnica de Valencia, Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo: Sofía Collazo Bigliardi Ph.D.(c). Estudiante de doctorado, experta en la formulación de matrices biodegradables y aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para obtención de nanocristales de celulosa y compuestos activos.

**Universidades de Suecia:**

- KTH Royal Institute of Technology in Stockholm, Division of Glycoscience: Prof. Francisco Vilaplana Ph.D., experto en el aprovechamiento de reserva de energía de polisacáridos, diseño de materiales avanzados a partir de paredes celulares naturales y biocomposites sostenibles.

**Descripción de la experiencia adquirida para constituir los equipos y las estrategias de colaboración en el proyecto, particularmente entre los investigadores y los especialistas en tecnología (experiencias aprendidas).**

La constitución de un equipo de investigación internacional entre América Latina y Europa es una tarea compleja debido a las distancias físicas que nos separan. Sin embargo, actualmente estas distancias no son un gran problema si se emplean adecuadamente diversos canales de comunicación estableciendo siempre una comunicación efectiva, entre otras cosas mediante TICs.

La estrategia principal de esta red de trabajo es la comunicación constante y el trabajo responsable. Se ha identificado las capacidades que tienen tanto las instituciones como los investigadores involucrados, y se ha ido construyendo un camino estableciendo lazos fuertes de colaboración. Se ha aprovechado la movilidad internacional de algunos miembros para realizar experiencias de investigación en las diferentes instituciones involucradas. Entre las movilidades destacan las del Dr. Rodrigo Ortega-Toro y de la estudiante de doctorado Sofía Collazo Bigliardi. El Dr. Ortega-Toro obtuvo su título de Ingeniería Agroindustrial en la Universidad del Cauca bajo la dirección del Prof. José Luis Hoyos, con quien se sigue cooperando.

Luego obtuvo los títulos de Maestría en Ciencia e Ingeniería de Alimentos, Doctorado en Ciencia Tecnología y Gestión Alimentaria y Posdoctorado en biopolímeros activos para envasado de alimentos en la Universidad Politécnica de Valencia bajo la dirección de Prof. Amparo Chiralt y Prof. Pau Talens. En la actualidad, el Dr. Ortega-Toro dirige en conjunto con Prof. Amparo Chiralt la tesis doctoral de Sofía Collazo Bigliardi en la Universidad Politécnica de Valencia. Sofía Collazo Prof. Rodrigo Ortega-Toro Ph.D. rodrigo.ortega@unad.edu.co actualmente está haciendo una estancia de investigación doctoral en el grupo de Prof. Yineth Piñeros de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Colombia) y posteriormente hará una estancia de investigación doctoral en la Universidad KTH (Suecia), bajo la asesoría de Prof. Francisco Vilaplana. Con este tipo de movilidades se pueden estrechar lazos fuertes y estables en el tiempo para desarrollo de diversos tipos de investigación. Además, se debe mantener comunicación constante y efectiva con ayuda de las TICs, se pueden organizar eventos interinstitucionales virtuales, colaborar en el desarrollo de material educativo virtual, establecimiento de webconferencias, reuniones vía Skype, etc.