

# El rol de la ingeniería en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad de la Amazonia

The Role of Engineering in Biodiversity Sustainable Use at the Amazon Region

Marcela Piedad Carrillo<sup>(1)</sup>, Juliana Erika Cristina Cardona<sup>(2)</sup>, Luisa Fernanda Peña<sup>(3)</sup>, Raquel Oriana Díaz<sup>(4)</sup>, Luis Eduardo Mosquera<sup>(5)</sup>, María Soledad Hernández<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> MSc., Ingeniera Química. Investigadora, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá, Colombia. mcarrillo@sinchi.org.co

<sup>(2)</sup> MSc., Ingeniera Química. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá, Colombia. julianacardona@gmail.com

<sup>(3)</sup> Ingeniera de alimentos. Contratista, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá, Colombia. lpena@sinchi.org.co

<sup>(4)</sup> MSc., Ingeniera Química. Contratista, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá, Colombia. rdiaz@sinchi.org.co

<sup>(5)</sup> Ingeniero Químico. Químico farmacéutico. Contratista, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá, Colombia. lmosquera@sinchi.org.co

<sup>(6)</sup> PhD., Bióloga. Coordinadora de programa. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, Sinchi. Bogotá, Colombia. shernandez@sinchi.org.co

Recibido 15 de julio de 2015. Modificado 18 de julio de 2015. Aprobado 22 de julio de 2015.

DOI: <http://dx.doi.org/10.16924/riua.v0i42.826>

## Palabras clave

Biodiversidad, compuestos bioactivos, especies amazónicas, ingredientes naturales.

## Key words

Biodiversity, bioactive compounds, amazonian species, natural ingredients.

## Resumen

La amazonia colombiana posee una gran diversidad biológica de especies vegetales cultivadas y silvestres, cuya potencialidad de uso y abundancia hace que sean identificadas como fuente importante de compuestos bioactivos. Esto representa una gran oportunidad para las diferentes ramas de la ingeniería (química, mecánica y alimentos) para la innovación y el desarrollo de productos y tecnología novedosos para la industria alimenticia, cosmética y farmacéutica, entre otras. Este artículo presenta experiencias al abordar, desde el ejercicio de la ingeniería, el problema del aprovechamiento sostenible de la biodiversidad en la región amazónica colombiana.

## Abstract

Colombian amazon has a wide biologic diversity, with silvester and cultured species which use potential and abundance identified them as an important bioactive compounds source. That represents a wide opportunity to innovate and develop processes and technologies in different engineering fields (chemical, mechanical and food engineering). This paper presents experiences when the problem of sustainable use of biodiversity is tackled from engineering in the Colombian amazonic region.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB 1992), la biodiversidad se define como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que

forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

En las últimas décadas, la biodiversidad se ha convertido en un tema de creciente reconocimiento ya que, se ha entendido que no se trata solamente de la expresión de las diferentes formas de vida presentes en el planeta, sino que también es la base del bienestar y la

calidad de vida de los seres humanos (PGIBSE, 2012). Los beneficios derivados de la biodiversidad son conocidos como servicios ecosistémicos. La prestación y el mantenimiento de estos es indispensable para la supervivencia de la vida humana en el planeta que sólo es posible, si se garantiza la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad (MEA 2005, tomado de PGIBSE,

2012). En este sentido, las partes en el CDB adoptaron para el 2010 el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020, con el propósito de que todos los países e interesados salvaguardaran la diversidad biológica y los beneficios que proporciona a las personas. De esta manera, los gobiernos se comprometieron a establecer metas nacionales que apoyaran las metas de Aichi para la Diversidad Biológica.

Considerada como una de las naciones que ocupa los primeros lugares en cuanto a diversidad de especies a nivel mundial, porque alberga aproximadamente el 10% de las diferentes formas de vida conocidas en solo el 0,7% de la superficie del planeta (Chaves y Arango, tomado de PNGIB 2009) y cuyo territorio amazónico ocupa el 42%, (483.164 km<sup>2</sup>), con una abundancia de bosques del 83,65%, Colombia no es ajena a esto. Para el 2012, adopta la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), como una política de Estado que apoya las Metas 2020 de Aichi del CDB, cuyo objetivo es promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE), de manera que se mantenga y se mejore la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas

nacional, regional, local y transfronteriza, considerando escenarios de cambio a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil. De acuerdo a esta política, los sistemas vivientes poseen un carácter dinámico y están en permanente transformación, a la vez que requieren la preservación de la base natural que los sustenta y el uso racional de sus componentes para asegurar la viabilidad de la vida humana y su perdurabilidad en el tiempo. De esta manera, Colombia reconoce la sostenibilidad como uno de los principios orientadores en su plan estratégico.

Ante este escenario, uno de los grandes retos que enfrenta la ingeniería se basa en el desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de la biodiversidad bajo criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica. Este artículo presenta algunas de las experiencias que, desde el punto de vista de la ingeniería química, mecánica y de alimentos, el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), ha abordado para aportar al uso sostenible de la biodiversidad de nuestro país, como entidad encargada de la realización, coordinación y divulgación de estudios e investigaciones científicas de alto nivel relacionados con la realidad

biológica, social y ecológica de la región amazónica (Artículo 20 ley 99 de 1993).

## EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS SOSTENIBLES

Una de las áreas de actuación para un ingeniero químico es el desarrollo de productos y procesos, no sólo innovadores sino atractivos y funcionales. Para el Instituto SINCHI el desarrollo de ingredientes y productos con valor agregado se ha enfocado en potencializar el uso de los compuestos más abundantes y activos presentes en las especies estudiadas. Por tal motivo, y dado el desconocimiento de la composición y el verdadero potencial de cada una de ellas, el diseño de productos parte de la determinación de su perfil de uso, es decir, del conocimiento y la interpretación de las características físicas, químicas y de la actividad biológica de especies vegetales de la biodiversidad amazónica.

Por esta razón, el Instituto SINCHI cuenta con una base de datos con cerca de 40 especies vegetales amazónicas caracterizadas, a partir de las cuales, se extraen ingredientes naturales (Tabla 1) y se desarrollan nuevos productos

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente natural obtenido	Principales compuestos bioactivos
Andiroba	<i>Carapa guianensis</i>	Aceite	Ácido oleico
Asaí	<i>Euterpe precatoria</i>	Pigmento en polvo	Antocianinas
		Aceite	Ácido oleico, clorofilas
Camu camu	<i>Myrciaria dubia</i>	Ingrediente en polvo Ingrediente microencapsulado	Ácido ascórbico, antocianinas
Canangucha	<i>Mauritia flexuosa</i>	Aceite	Carotenoides
Chambira o cumare	<i>Astrocaryum chambira</i>	Aceite	Carotenoides
Seje o mil pesos	<i>Oenocarpus bataua</i>	Aceite	Ácido oleico
Ñame morado	<i>Dicorea spp.</i>	Pigmento en polvo	Antocianinas

**Tabla 1.** Principales ingredientes naturales extraídos por el Instituto SINCHI de algunas especies vegetales amazónicas y sus compuestos bioactivos más representativos.

**Fuente:** Elaboración propia.

(Instituto SINCHI, 2008; Carrillo, et. al., 2014), bajo conceptos de estabilidad, eficiencia, productividad y sostenibilidad.

El mayor reto para la utilización de estas especies es su origen silvestre, lo cual lo convierte en una materia prima para los procesos con unas características poco uniformes y con una proveeduría altamente variante. Esto dificulta la estandarización de los procesos, ya que no provienen de cultivos que aseguren una cierta homogeneidad en sus parámetros de calidad.

En el caso de los frutos carnosos como camu camu, a pesar de su alto contenido de compuestos de interés como vitaminas y otros fitonutrientes, en su mayoría son muy perecederos dado su alto contenido de humedad (más del 80%) y media a alta intensidad respiratoria. El trabajo conjunto de los autores ha permitido establecer planes de manejo ambiental para su aprovechamiento, partiendo de la caracterización de los frutos y sus áreas productivas, estableciendo procesos de poscosecha para su comercialización en fresco cuando es viable y procesos de transformación para la estabilización de estos compuestos de interés, facilitando así su comercialización a mercados distantes como el de las ciudades principales del país.

Algunas de estas especies son constituidas por palmas amazónicas, las cuales son atractivas debido a que sus frutos presentan un bajo contenido de humedad (18,9-56,2%), altos contenidos de extracto etéreo (20-36% b.s), y altas concentraciones de compuestos que pueden ser catalogados como bioactivos (antimicrobianos, antioxidantes, entre otros). Sin embargo, estos compuestos bioactivos en su mayoría se caracterizan por ser foto y termolábiles (Tabla 1). Lo anterior ha representado un reto para la ingeniería química y de alimentos, encaminado hacia el diseño de procesos que minimicen las pérdidas por degradación del contenido natural de estos compuestos, utilizando estrategias que permitan lograr la estandarización de procesos de obtención

de productos de primer nivel bajo las condiciones medioambientales particulares de la amazonía colombiana (Peña, et. al, 2015). Esto con el fin de que deriven en la obtención de productos estables, con características estándar y puedan constituirse en la base para la obtención de otros productos con mayor valor agregado (aceites, microencapsulados, pulverizados, cosméticos, nutraceuticos, entre otros).

Bajo este precepto y mediante la aplicación de conceptos de operaciones unitarias, el Instituto SINCHI ha logrado el desarrollo de nuevos procesos. A partir de estas especies caracterizadas, se han evaluado y desarrollado los procesos para la obtención de productos como los ingredientes naturales. A partir de la extracción mecánica de aceites naturales de frutos de palmas amazónicas como la canangucha (*Mauritia flexuosa*), milpesos (*Oenocarpus bataua*) y milpesillos (*Oneocarpus mapora*) se ha evaluado y estudiado su incidencia en la calidad final del producto (Cardona, 2014b). Para ello, se han determinado los parámetros del proceso (8-10% de humedad, 0,05-0,1cm diámetro de partícula, 67-77% de recuperación) y el desarrollo de ingredientes que conservan altas concentraciones de sus compuestos bioactivos de interés (Tabla 1).

Así mismo, se han estudiado procesos de secado por convección, secado por aspersión y microencapsulación de manera comparativa para la obtención de ingredientes naturales a partir de especies silvestres como Camu-camu (*Myrciaria dubia*), y Asaí (*Euterpe precatoria*), como estrategias para la protección y conservación de sus compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en anaquel (Cardona et al., 2014a; Díaz et al., 2014). Algunos ingredientes como el polvo para reconstituir y el polvo microencapsulado de Camu-camu y Asaí, obtenidos con la tecnología de secado por aspersión, logran una excelente solubilidad en agua (relación de 01:10 de agua ingrediente con buena respuesta sensorial), buena estabilidad en el tiempo y

baja formación de aglomeraciones durante el almacenamiento. Mientras que procesos como el secado por convección, aunque presentan menores costos y mayor facilidad en el manejo, requieren operaciones de disminución de tamaño posteriores y no logran la completa protección de sus compuestos bioactivos porque no alcanzan la microencapsulación.

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TECNOLOGÍAS LIMPIAS

Las características específicas de estas especies exigen de esta rama de la ingeniería, la aplicación de tecnologías que conserven al máximo sus compuestos bioactivos, sean aplicables a la región y se ajusten a las condiciones medio ambientales de la región amazónica. La articulación de dos ramas de la ingeniería, la química y la mecánica, permitió el diseño y la construcción de dos equipos utilizados para la obtención de nuevos ingredientes y la evaluación de procesos: prensa *expeller* y equipo de secado por aspersión.

El equipo de extracción mecánica, prensa tipo *expeller*, fue inicialmente diseñado para la extracción de grasa partiendo de semillas secas del fruto de copoazú (*Theobroma grandiflorum*), para su uso como ingrediente natural para el desarrollo de productos cosméticos (Hernández y Barrera, 2009). Su uso se ha extendido a la obtención de otros ingredientes como aceites y la evaluación de sus procesos de extracción de frutos de palmas silvestres amazónicas como seje (*Oenocarpus bataua*), canangucha (*Mauritia flexuosa*), mil pesos (*Oenocarpus mapora*), asaí (*Euterpe precatoria*), andiroba (*Carapa guianensis*) y sacha inchi (*Plukenetia volubilis*).

El equipo de secado por aspersión fue diseñado con las características necesarias para asegurar al máximo la conservación de compuestos bioactivos, así como para que se ajustara a las condiciones variables de disponibilidad energética en la región amazónica.

Cuenta con una cámara en donde ocurre el secado del producto en contracorriente al flujo de aire a temperaturas entre 130°C-200°C, asegurando bajos tiempos de residencia. Contempló el diseño de una boquilla neumática que asegura un proceso libre de aceites contaminantes del proceso, y tamaños de partículas muy finas. De la misma manera, un sistema de calefacción híbrido eléctrico-gas que asegura una versatilidad de uso adaptable a las condiciones de suministro energético de la zona de uso. Cada elemento del equipo fue sometido a simulación empleando paquetes computacionales como SolidWorks Simulation® de Dassault Système y modelos matemáticos para ver los efectos físicos que influyen en la recolección de material particulado, como humedad, temperatura, flujo másico, entre otros.

## CONCLUSIÓN

La sostenibilidad ambiental y económica para el aprovechamiento de la diversidad biológica de la amazonia colombiana, desde el punto de vista de la innovación de productos y procesos y el desarrollo tecnológico debe ser abordada por la ingeniería química, de alimentos y mecánica, con investigadores altamente capacitados y con las destrezas para afrontar los retos asociados a la realidad social, ambiental y económica del bosque amazónico. El rol que ha asumido el Instituto SINCHI en la amazonia colombiana, integrando estas ramas de la ingeniería, ha permitido avanzar en el uso y el aprovechamiento

sostenible de la biodiversidad con innovaciones tecnológicas, incorporando el componente social a la investigación científica para el desarrollo sostenible de la región.

## REFERENCIAS

Cardona, J.E.C, Carrillo, M.P., Hernández, M.S. (Mayo de 2014). Efecto del prensado mecánico en la calidad del aceite de frutos de palmas amazónicas. En F., Díaz (Presidente). *XII Congreso colombiano de fitoquímica*. Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.

Cardona, J.E.C; Hernández, M.S., Díaz, R.O., Carrillo, M.P., Gutiérrez, R.H. & Lares, M. (2014). Antioxidant Capacity in Microencapsulated Dehydrated Amazonian Fruits. *Proc. IIIrd Int. Conf. on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions*. Eds.: M. Mohammed and J.A. Francis. Acta Hort. 1047, ISHS 2014.

Carrillo, M.P., Orduz, L.L., Cardona J.E.C., Hernández, M.S. (Mayo de 2014) Caracterización del uso potencial de algunas especies vegetales amazónicas. En F., Díaz (Presidente). *XII Congreso colombiano de fitoquímica*. Cartagena, Colombia.

Convenio de la diversidad biológica (CDB). (1992). Disponible en: [www.cbd.int/convention/convention.shtml](http://www.cbd.int/convention/convention.shtml).

Díaz, R.O., Cardona, J.E.C, Carrillo, M.P., Gutiérrez, R.H, Hernández,

M. S. (2014). Maltodextrin Addition Level Effect on Asai Powder Chemical Properties and Costs. Efecto del Nivel de Adición de Maltodextrina en las Propiedades Químicas y Costo de Asai en Polvo. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 67(2). Supl. II.

Hernández G., M. S., Barrera G., J. A. (2009). *Frutas amazónicas: competitividad e innovación*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas- Sinchi.

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. (2008). *Colombia Frutas de la amazonia*. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

Peña, L. F., Cardona J.E.C., Carrillo, M.P., Giraldo, B. (Junio de 2015). Obtención de pulpa de moriche (*Mauritia flexuosa*) en el departamento del Guaviare para la producción de ingredientes naturales. *World palm symposium 2015*. Armenia, Quindío.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos* (PNGIBSE). Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

UNEP. (2007). *Global Environment Outlook 4* (final version to be available at Sixth Ministerial Conference)