

La red de valor y la biodiversidad: el caso del asaí o naidí para la bioeconomía de Colombia

The value web and biodiversity: The case of the açai or naidi for Colombia's bioeconomy

Mónica Trujillo-Becerra ¹ , Nella Canales ¹, Rocío Acuña²
Juanita Gómez ², Mario Murcia ³, David Purkey ¹, Yudi Yepes ¹

¹ Stockholm Environment Institute

² Independiente

³ Universidad de los Andes

Resumen

Este artículo integra el enfoque de la red de valor con el marco de las Contribuciones de la Naturaleza a las Personas. Plantea una propuesta metodológica para evaluar el potencial del asaí o naidí (*Euterpe oleracea* y *Euterpe precatoria*) en la bioeconomía colombiana, que permite ampliar el análisis del uso de la naturaleza más allá del componente económico e incluir el contexto ecológico, institucional y cultural. Esta visión integral es un aporte para aprovechar todo el potencial de los productos no maderables del bosque (PFNM) en el marco de la bioeconomía. Abordar el dilema de la domesticación con sistemas agroforestales sostenibles, innovar en cosecha y postcosecha, potenciar las empresas comunitarias y avanzar en reglamentar marcos regulatorios son algunos retos pendientes en Colombia.

Palabras clave: asaí, biodiversidad, bioeconomía, Colombia, naidí, sostenibilidad.

Abstract

This article integrates the value web approach with the framework of Nature's Contributions to People. It proposes a methodology to assess the potential of açai or naidí (*Euterpe oleracea* and *Euterpe precatoria*) within Colombia's bioeconomy. This allows broadening the analysis of the use of nature beyond the economic component, including the ecological, institutional and cultural context. This holistic vision is a contribution to harnessing the full potential of non-timber forest products (NTFPs) in the framework of bioeconomy. Addressing the dilemma of domestication with sustainable agroforestry systems, innovating in harvesting and post-harvesting, strengthening community enterprises, and advancing in supervising regulatory frameworks, are some of the pending challenges in Colombia.

Keywords: açai, biodiversity, bioeconomy, sustainability, value web.

Introducción

La bioeconomía es un modelo económico alternativo que ha permeado las políticas públicas de más de sesenta países y que pretende lograr una economía más sostenible al incorporar conocimientos, ciencia, tecnología e innovación en el uso, producción y conservación de los recursos biológicos para generar nuevos productos y servicios a la sociedad (Global Bioeconomy Summit, 2018). En Latinoamérica, un continente de países megadiversos, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos tienen un papel protagónico en la bioeconomía.

La red de valor de la biomasa (Virchow et al., 2016) es un enfoque usado en bioeconomía para ayudar a identificar las diferentes cadenas de valor que pueden obtenerse de un mismo recurso biológico, así como las relaciones e interconexiones entre ellas. Esta se ha aplicado principalmente en estudios centrados en la biomasa de productos agrícolas (Canales & Trujillo, 2021; Loos et al., 2018; Poku et al., 2018; Scheiterle et al., 2018), en los que las contribuciones a la prestación de servicios ecosistémicos han sido menos exploradas.

En los países del trópico hay un creciente interés por incluir, además de los productos agrícolas, otros recursos biológicos dentro de las estrategias de bioeconomía, como los productos forestales no maderables (PFNM). En países como Colombia, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos juegan un rol central en la generación de empleos, ingresos y bioproductos con alto valor agregado en la estrategia de bioeconomía (Gobierno de Colombia, 2020; Minciencias, 2023). Los PFNM son productos biológicos distintos de la madera que se derivan del bosque, de otros ecosistemas y de árboles fuera del bosque, por ejemplo, los frutos, semillas, cogollos, etc. (FAO, 2000). La madera y los PFNM proporcionan cerca del 20 % de los ingresos de los hogares rurales en países en vía de desarrollo (Angelsen et al., 2014). La importancia de los PFNM para los medios de vida rurales ha ido en aumento, en particular para los hogares más pobres (Epanda et al., 2020; Masoodi & Sundriyal, 2020); algunos incluso desempeñan un papel fundamental para la seguridad alimentaria de las comunidades.

Ante el creciente interés por explorar los PFNM en el marco de la bioeconomía, es importante desarrollar métodos que faciliten el análisis de su sostenibilidad social y ambiental, y viabilidad económica. Dado que los PFNM se extraen de la naturaleza, su relación con los medios de vida tradicionales que sustentan, con otras especies y con el ecosistema en el que se encuentran resulta de interés. Según Soe & Yeo-Chang (2019) y Talukdar et al. (2021) se requieren regulaciones y buenas prácticas, diseñadas de forma adecuada e integral, para reducir la sobreexplotación de estos productos. Esto implica que se monitoreen sus impactos en términos ecológicos y de supervivencia de las especies para garantizar un uso sostenible. El enfoque de las Contribuciones de la Naturaleza a las Personas (CNP) propuesto por la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES, por sus siglas en inglés) podría resultar útil en esta consideración.

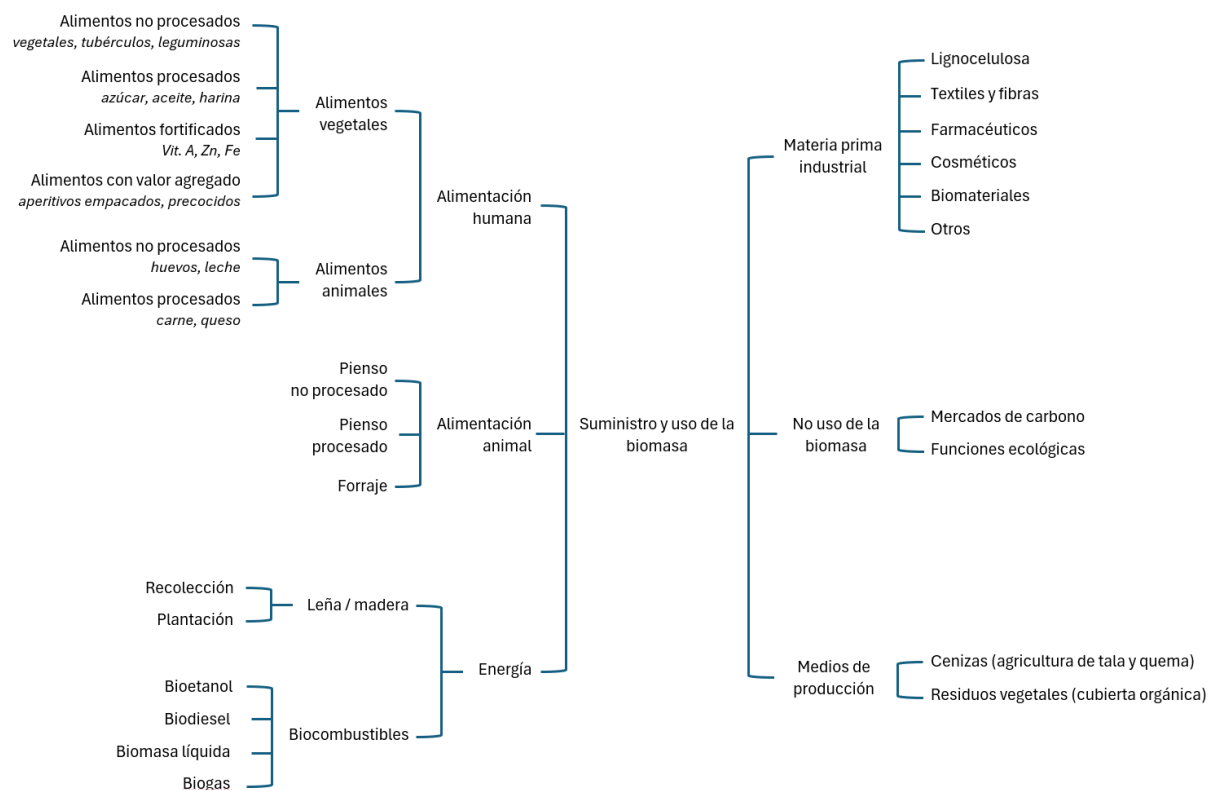
En este artículo, el enfoque de la red de valor y las CNP se integran en una propuesta metodológica ampliada para comprender el potencial de los PFNM dentro de las bioeconomías emergentes, a través del enfoque de la naturaleza positiva. Esta propuesta metodológica busca que la dimensión social y de

sostenibilidad ambiental sean más evidentes al explorar el potencial de los PFM dentro de la bioeconomía. Con este propósito, la metodología propuesta se aplica a un estudio de caso basado en el asaí o naidí como PFM con potencial dentro de la bioeconomía enfocada en las industrias alimenticias, cosméticas y farmacéuticas en Colombia y el mundo.

Componentes de la metodología propuesta

Enfoque de la red de valor

Figura 1. Red de valor de la biomasa.



Nota. Adaptado de Virchow et al. (2016).

La red de valor de la biomasa (Figura 1) clasifica los usos de la biomasa en alimentos, piensos (alimento para animales), fuentes de energía y materias primas industriales. También considera la biomasa no utilizada como una fuente potencial de ingresos adicionales a través de los mercados de carbono y el pago de los servicios ecosistémicos. Por último, considera la posibilidad de que los residuos de biomasa se utilicen como medios para la producción agrícola (por ejemplo, mantillo y cenizas) (Virchow et al., 2016). Este enfoque es útil por varias razones. En primer lugar, ayuda a identificar diferentes cadenas de valor interconectadas que surgen de los usos en cascada de la biomasa a partir de un único recurso biológico (Callo-Concha et al., 2020), es decir a partir de una misma especie. En segundo lugar, facilita la exploración

de los diferentes usos de todo el recurso biológico (especie), en lugar de centrarse solo en una parte específica de la fracción cosechable. Finalmente, destaca el uso potencial de la biomasa residual y, por tanto, las conexiones con otras cadenas de valor.

Cuando ha sido aplicado (en la mayoría de los casos a los productos agrícolas), este enfoque ha mapeado las interrelaciones entre los usos primarios de la biomasa relacionados con alimentos humanos, piensos, energía, materias primas industriales e insumos para la producción agrícola. Las aplicaciones menos habituales consideran el uso de la biomasa como materiales de construcción, productos medicinales y artesanías. A pesar de que Virchow et al. (2016) afirman que el establecimiento de una bioeconomía funcional depende fuertemente de los servicios ecosistémicos —refiriéndose a la Evaluación de los Ecosistemas del Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2015)—, en los pocos casos en los que el recurso es un PFSM y no un cultivo agrícola, la relación con el ecosistema que lo alberga, su biodiversidad asociada y la cultura no se han considerado de forma rigurosa.

El marco de las CNP y su relación con los PFSM

Las CNP constituyen un marco conceptual que reconoce el papel central de la cultura y del conocimiento tradicional para entender las contribuciones que hace la naturaleza a las personas, más allá del componente ecológico y económico que se ha incluido en las evaluaciones ambientales tradicionales (Díaz et al., 2018). Este enfoque considera no solo las contribuciones de los sistemas naturales que pueden ser directamente monetizadas, sino también otras contribuciones definidas por diferentes visiones y sistemas de valores. De esta manera, se integran de forma interdependiente, bajo la lupa de los socioecosistemas, los sistemas natural/ecológico, social y económico. Adicionalmente, el marco de las CNP hace evidente la necesidad de negociar las diferentes demandas e intereses que tienen distintos grupos de interés sobre los recursos de la naturaleza. Así, se proponen mejores modelos de interacciones socioecológicas, incluso en escenarios donde hay desequilibrios de poder (Díaz et al., 2018).

Este marco introduce dieciocho contribuciones agrupadas en tres categorías: contribuciones materiales, contribuciones no materiales y contribuciones reguladoras (Díaz et al., 2018) (Tabla 1). Este marco considera la mezcla de distintas perspectivas, demandas (o intereses) y valoraciones (específicas en su contexto y generalizables) como útiles para lograr resultados más equitativos en los análisis.

Al incluir las contribuciones no materiales y reguladoras, este marco tiene el potencial de ampliar el enfoque de la red de valor más allá de los usos comúnmente considerados de alimentos, piensos, energía y materias primas industriales; estos últimos alineados con las contribuciones materiales de las CNP. En consecuencia, se considera que este marco tiene el potencial de conectar el análisis de la viabilidad económica de un PFSM con la sostenibilidad ambiental y el bienestar social. Es importante recordar que el marco CNP se aplica a un sistema natural completo y no particularmente a un PFSM individual cosechado en este sistema natural. Por lo tanto, es importante distinguir entre los componentes del marco del CNP, más allá de las contribuciones materiales que se aplican a un PFSM específico y aquellos componentes que tienen más relevancia cuando se evalúan a escala de un ecosistema natural completo.

Tabla 1. Contribuciones de la naturaleza a las personas.

Material	No material	Reguladoras
• Energía • Alimentos • Piensos • Materiales y asistencia • Recursos medicinales y genéticos	• Aprendizaje e inspiración • Experiencias físicas y psicológicas • Valores de identidad cultural y arraigo • Opciones de mantenimiento • Valores y costumbres espirituales • Costumbres culturales • Salud física, emocional y mental • Cohesión social • Significados simbólicos	• Creación y mantenimiento de hábitats • Regulación de la calidad del aire • Regulación del clima • Regulación de la acidificación de los océanos • Cantidad de agua dulce • Calidad del agua dulce • Formación y protección de los suelos • Regulación de riesgos y eventos extremos • Regulación de organismos perjudiciales • Polinización

Nota. Adaptado de Díaz et al. (2018) y Brauman et al. (2020).

Entre las contribuciones hay posibilidades de sinergias y conflictos. Las contribuciones sinérgicas se producen cuando una contribución genera una interacción de la misma direccionalidad en otra contribución. Los conflictos (*trade-offs*) entre contribuciones se producen cuando el aumento de una puede generar la disminución de otra. En la bioeconomía estos conflictos deberían tender a minimizarse promoviendo las sinergias entre las contribuciones.

La gobernanza y las políticas públicas también podrían incrementar su legitimidad social y efectividad si se basan en las CNP (Díaz et al., 2018). En este estudio estos aspectos se consideran condiciones habilitantes para la bioeconomía sostenible. Según Petkova et al. (2011), el principal objetivo de la buena gobernanza forestal es garantizar la sostenibilidad de los bosques, la toma de decisiones y la distribución de beneficios justa. Además, la creación de mecanismos efectivos de gobernanza es un requisito para medir la sostenibilidad en la bioeconomía (Dietz et al., 2018). En general, es necesario adaptar las reglas de juego dentro de una bioeconomía emergente y, en este caso, considerar los mecanismos de gobernanza forestal resulta útil para analizar el potencial de los PFNM.

Integración de la red de valor y las CNP

Teniendo en cuenta el cambio conceptual que propone el enfoque de “naturaleza positiva” (Locke et al., 2020), para el que la naturaleza no es una externalidad, sino el contexto de toda la vida; la sociedad es el contexto de todas las actividades humanas; y la economía es solo una actividad de las sociedades humanas, se propone una integración conceptual de la red de valor y las CNP. Esta propuesta se concibe como una jerarquía donde el sistema natural soporta toda la vida, así como el sistema social y el sistema económico. Bajo esta lupa, las contribuciones de la naturaleza están integradas a la calidad de vida y el

bienestar humano desde las contribuciones no materiales y los valores intrínsecos a cada comunidad. Conceptos como la armonía con la naturaleza, la justicia ambiental o la visión de la naturaleza como el soporte de la vida son ejemplos de estos valores intrínsecos que constituyen las contribuciones no materiales. La Figura 2 presenta esta integración conceptual.

Figura 2. Enfoque integrado de la red de valor y las CNP para analizar un PFNM.



Nota. Adaptado de Virchow et al. (2016) con elementos de Canales et al. (2024).

En este marco integrado se muestran, en primer lugar, los ecosistemas y sus especies (biodiversidad). Para este caso, el PFNM asaí/naidí y su ecosistema serían la base para las actividades humanas que se desarrollan en torno a él. Para empezar el análisis de la red de valor, se debe evaluar el estado inicial del ecosistema de la especie en la zona de aprovechamiento del PFNM y de la función ecosistémica que provee. De igual forma, es necesario evaluar el impacto de la cosecha y uso del PFNM en el ecosistema, así como el estado de la especie para los diversos usos comerciales u otros, con el objetivo de evitar su sobreexplotación, permitir la regeneración de la especie y mantener las funciones ecosistémicas asociadas.

En segundo lugar, se muestran el marco regulatorio, las instituciones y la gobernanza con la que la sociedad genera las reglas de juego para el uso de los PFNM. Como señalan Soe & Yeo-Chang (2019), las políticas y reglas de uso permiten evitar la sobreexplotación de los recursos. Además, Virchow et al. (2016) reiteran que las políticas y las estructuras de soporte adecuadas son importantes para fomentar el acceso equitativo a la propiedad y al valor, lo que lleva a una distribución más justa del ingreso. En esta dimensión se analizan estos aspectos con relación al uso y aprovechamiento de los PFNM. Estas reglas pueden definir

las técnicas de cosecha, aprovechamiento y manejo de los PFNM, la resolución de conflictos y la distribución equitativa. En este artículo, el análisis se enfoca en identificar las normas nacionales que rigen el uso y aprovechamiento de los PFNM, así como el uso tradicional y local que le da una comunidad particular en el estudio de caso.

En el marco de la bioeconomía sostenible, se espera que la gobernanza fomente la distribución justa y equitativa de los beneficios generados por el uso de la biodiversidad. De esta forma, se propende por la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, y por distribuir los beneficios monetarios y no monetarios derivados de las cadenas de valor a todos los eslabones de dicha cadena, evitando desbalances y la concentración de ganancias y beneficios.

Por último, se muestra la red de valor extendida para incluir las contribuciones no materiales y regulatorias del marco CNP que complementan todas las dimensiones de análisis para identificar las posibles cadenas de valor del PFNM. Si bien Virchow et al. (2016) incluyen el “no uso de la biomasa” para referirse a las funciones ecológicas y a los servicios ambientales como los mercados de carbono, esta descripción se queda corta. Para complementar, se añaden las múltiples posibilidades de las contribuciones no materiales que un recurso puede ofrecer, así como los servicios ecosistémicos o contribuciones regulatorias que puede prestar la especie y su ecosistema para generar nuevas posibilidades de valor.

Ruta metodológica del enfoque integrado en el caso del asaí o naidí

A continuación, se presenta la ruta metodológica del enfoque integrado implementada para evaluar el potencial del naidí o asaí dentro de la bioeconomía de Colombia.

- 1. Priorización del PFNM:** se analizaron varias especies nativas que habitan en los ecosistemas de Colombia (agraz, dividivi, asaí o naidí, entre otros). Después de una evaluación realizada a partir de criterios como el uso tradicional por comunidades, mercados establecidos, potencial de mercados internacionales, múltiples usos y potencial de sofisticación, se escogió el asaí o naidí. En Colombia se encontraron diferentes denominaciones para la palma y su fruto: en la Amazonia se denomina “asaí”, en el Pacífico “naidí” y en la Orinoquia “macana”; en este estudio se utilizaron las dos primeras.
- 2. Selección de la comunidad local usuaria del recurso:** a partir de un proceso previo de acercamiento con el Instituto Humboldt, se seleccionó el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de La Plata, ubicado en Bahía Málaga (Buenaventura, Valle del Cauca), que aprovecha de forma silvestre el fruto del naidí al incluirlo en propuestas de turismo de naturaleza.
- 3. Análisis de información sobre el asaí o naidí:** a través de fuentes secundarias, se identificó el ecosistema en el que habita la especie y se analizó el papel que desempeña allí, así como los usos materiales y tradicionales más destacados en Colombia y en otros países, para comprender las dinámicas ecológicas de la palma y su fruto, sus límites ecológicos, sus usos y los servicios ecosistémicos que proveen.

4. **Taller con comunidad:** durante el mes de octubre de 2021, se realizó un taller con el Consejo Comunitario para conocer el ecosistema del naidí y sus naidizales, aproximarse a la cultura y medios de vida, y comprender las relaciones y tradiciones asociadas a esta palma para identificar las prácticas actuales de cosecha.
5. **Elaboración de infografía:** a partir de la experiencia con la comunidad, se generó una infografía que describe el asaí o naidí y su condición ecológica dentro del ecosistema, así como las formas de aprovechamiento por parte de la comunidad.
6. **Exploración de mercado:** se exploró información de mercado de los productos derivados de la palma a nivel nacional e internacional, así como las características de las principales cadenas de valor derivadas.
7. **Análisis del marco regulatorio, instituciones y gobernanza:** se investigó sobre el marco regulatorio para el uso de PFNM en Colombia.
8. **Entrevistas:** para validar y contrastar la información recopilada, se entrevistaron veintidós expertos representantes de quince empresas y entidades pertenecientes a las cadenas de valor para naidí o asaí en Colombia. Como introducción para las entrevistas a los expertos, se usó la infografía producida en la etapa 4.
9. **Análisis de la red de valor:** se diagramó la red de valor del asaí o naidí en Colombia y se analizaron los actores relacionados.
10. **Discusión y recomendaciones:** se generaron recomendaciones en torno a la sostenibilidad del uso del asaí en el marco de la bioeconomía.

Descripción del asaí/naidí y su ecosistema

El naidí o asaí es un fruto de dos especies de palma neotropical del género *Euterpe*: *Euterpe precatoria* Mart. y *Euterpe oleracea* Mart. (Paniagua-Zambrana et al., 2017). La distribución de estas palmas es amplia: se encuentran desde Centro América (Belice) hasta el norte de Sur América, incluyendo la cuenca amazónica y la costa pacífica (Castro-Rodríguez et al., 2015). En Colombia, las poblaciones naturales de *E. precatoria* se encuentran mayoritariamente en la región amazónica, mientras que las de *E. oleracea* son más comunes en la región pacífica.

E. precatoria es similar a *E. oleracea*, pero tienen características organolépticas y físicas diferenciadas (Castro-Rodríguez et al., 2015). *E. precatoria* por lo general se encuentra sola, tiene menores cualidades organolépticas para alimentos y requiere de zonas inundables. *E. oleracea* contiene mayor cantidad de aceites (lo que implica cambios en textura, entre otras cualidades). La palma de *E. oleracea* se puede encontrar en el bosque húmedo tropical estacionalmente inundable, donde forma agregaciones densas (50-64 individuos/ha) y también en bosques de tierra firme, en los que se encuentra más dispersa la especie (Isaza-Aranguren et al., 2014). El manejo de *E. oleracea* es mínimo en muchas áreas de Brasil,

Bolivia y Colombia. Además, se talan los individuos fértiles para la cosecha de frutos, lo que es destructivo, ya que interrumpe los ritmos de crecimiento poblacional y limita la oferta del recurso cosechado (Isaza-Aranguren et al., 2014). La mejor forma de manejar las palmas es emplear métodos de cosecha que no diezmen las poblaciones y eviten talas innecesarias para la cosecha de hojas o frutos (Bernal et al., 2011).

En la mayoría de los países, la cosecha de la palma es principalmente silvestre. Sin embargo, *E. oleracea* está en proceso de domesticación y se ha venido incluyendo en sistemas agroforestales para la Amazonia (Paniagua-Zambrana et al., 2017). En Brasil, por ejemplo, ya existe un proceso de domesticación de la especie que involucra plantaciones y mejoramiento genético; incluso se han generado materiales genéticos con ciertas cualidades apetecidas por el mercado.

Resultados

Se han identificado setenta usos locales de la palma de asaí o naidí por comunidades rurales de Perú y Bolivia (Paniagua-Zambrana et al., 2017). Entre ellos se destacan usos medicinales y veterinarios, para construcción, alimentación humana, usos culturales, utensilios y herramientas, y ornamentales y ambientales (cercas). Se estima que el tamaño del mercado del asaí en el mundo fue de 1,23 billones de dólares en 2024, y se proyecta que sea de 3 billones al 2032, con un crecimiento promedio de 12,2 % anual (Market Data Forecast, 2024).

En un análisis de góndola virtual mundial realizado en 2024 mediante consultas a plataformas como Amazon Marketplace y Alibaba, se encontró que los principales productos alimenticios comercializados son mezclas de asaí en polvo (líoofilizado y orgánico) o mezclas líquidas listas para consumir. Esta presentación se usa con otros productos para formar superalimentos: jugos, helados, yogures, granizados, entre otros. Otros productos destacados son las cápsulas de extracto de asaí o naidí y las bebidas energizantes. En productos cosméticos, se destacan los sérums y aceites con extractos de asaí y ácido hialurónico para tonificar la piel y reducir la apariencia de las arrugas, así como productos para hidratar y acondicionar el pelo.

El potencial del asaí se deriva de sus cualidades antioxidantes. La fruta tiene altas proporciones de antocianinas, especialmente delphinidina, cianidina y ácido ferúlico, que protegen a las células de la oxidación (Avila-Sosa et al., 2019). Estas antocianinas actúan modulando el metabolismo de los lípidos para minimizar el daño al organismo provocado por el estrés oxidativo, el cual es desencadenado por enfermedades crónicas. Además, tienen efectos satisfactorios sobre los niveles de glucosa en la sangre y la presión arterial, ya que previenen y controlan los efectos del síndrome metabólico (Silva-Cedrim et al., 2018). De esta manera, el asaí también puede ser usado para prevenir enfermedades crónicas como la obesidad y la diabetes tipo 2, entre otras relacionadas con cáncer temprano de colon, disfunción cardíaca y prevención de daño en el cerebro (Avila-Sosa et al., 2019). El aceite de asaí puede utilizarse como ingrediente natural en productos cosméticos, como cremas y lociones corporales, ya que tiene el potencial de absorberse fácilmente por la piel para hidratarla y suavizarla (Cardona-Jaramillo et al., 2019).

De esta manera, el asaí es ampliamente reconocido como una “superfruta” que puede ser usada en la industria farmacéutica, cosmética y de alimentos gracias a sus cualidades funcionales (de Souza et al., 2020). En respuesta a este mercado emergente, Brasil es el principal productor y exportador de asaí en forma de pulpa de fruta y polvo liofilizado, esencia y extracto, así como insumo para la elaboración de cosméticos y perfumes, alimentos, compuestos o insumos aromáticos, entre otras presentaciones (Baltazar-Ramos et al., 2018).

Según Agronet (2022), la producción de asaí en Colombia en 2022 fue de 2238 toneladas de un área de 4672 ha, y se usó una cosecha silvestre en tres regiones principales: Amazonia, Pacífico y Orinoquía. Una palma puede tener entre una a dos cosechas al año, con registros de hasta ocho racimos. Un racimo puede tener entre 573 a 3677 frutos. El peso por fruto oscila entre 1,44 g y 1,7 g, y el de un racimo entre 3 y 9 kg de fruta (Castro-Rodríguez et al., 2015).

Marco regulatorio en Colombia sobre PFNM

En Colombia, el aprovechamiento sostenible de la flora silvestre y de los bosques es una estrategia de conservación y manejo del recurso (Decreto 1076 de 2015). En la legislación nacional, los PFNM son bienes de origen biológico distintos de la madera y la fauna, que se obtienen de las variadas formas de vida de la flora silvestre (Decreto 690 de 2021).

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de Colombia aprobó el Decreto No. 690 de 2021, por el cual se regula el manejo sostenible de la flora silvestre y los productos forestales no maderables. En este, el manejo sostenible incluye la planificación y ejecución de prácticas sostenibles para el manejo, uso y aprovechamiento de la flora silvestre y los PFNM que conserven el equilibrio de los ecosistemas y sus funciones, y permitan mejorar la producción de bienes y servicios respetando los usos tradicionales y el valor cultural (Decreto 690 de 2021). Este decreto resalta que todos los habitantes del país pueden usar de forma gratuita y sin permiso los recursos naturales para satisfacer sus necesidades elementales y las de sus animales domésticos. Además, reconoce a los pueblos indígenas el derecho a la propiedad y posesión de sus tierras (Ley 21 de 1991, artículo 15), y exige a las comunidades negras de tramitar permisos para su uso si se trata de prácticas tradicionales y se garantiza la persistencia de los recursos en calidad y cantidad. En estos casos, el uso para subsistencia tiene prelación frente a otros usos (Ley 70 de 1993, artículo 19).

Esta reglamentación se aplica siempre que los PFNM no sean comercializados. Los interesados en el aprovechamiento sostenible de los PFNM con fines comerciales deben tramitar un permiso o autorización para su aprovechamiento, mediante un formato único nacional. Si la autoridad ambiental regional carece de un protocolo de manejo de la especie, los interesados deben elaborar un estudio técnico. El contenido y los lineamientos para la elaboración y evaluación del estudio técnico y el protocolo de manejo deben ser aportados por el MADS en seis meses a partir de la vigencia del Decreto (24 de diciembre de 2021). Para la movilización de PFNM en primer grado de transformación, se requerirá de un salvoconducto único nacional expedido por la autoridad ambiental competente.

Los costos asociados a los estudios técnicos para la obtención de permisos son muy altos (López Camacho & Murcia Orjuela, 2020). Algunos empresarios locales de asái o naidí consideran que elaborar un estudio de esta naturaleza, al menos en ciertas zonas del país, es complicado, pues no se cuenta con el capital humano para realizarlo, lo que genera altos costos de transacción. De esta manera, los requisitos siguen siendo una barrera para los interesados locales, en especial si son comunitarios.

Experiencia del Consejo Comunitario de Comunidades Negras de La Plata y el aprovechamiento del naidí

El Consejo Comunitario de Comunidades Negras de La Plata (CCLP), registrado en 2017 ante el Ministerio del Interior, es una organización social con personería jurídica creada en 1998 con la misión de administrar las tierras de propiedad colectiva y velar por la conservación del capital natural y cultural dentro de las tierras adjudicadas, y el bienestar de los habitantes del territorio. El CCLP cuenta con 5 comunidades locales y 182 familias (700 personas) (USAID, 2015). Actualmente, la comunidad está desarrollando la cadena de valor del naidí, anidada a la cadena del turismo, como una apuesta para mejorar sus ingresos y agregar valor a los turistas.

Dentro del CCLP se ha creado la Asociación de madereros, que abarca cualquier actividad asociada con la cadena de valor del naidí. Durante el taller de 2021, se verificó que el naidí no se comercializa, sino que se aprovecha principalmente para el consumo como fruta o jugo (también se ha documentado el consumo del tallo, al tumbar la palma). La comunidad tiene la expectativa de aprovechar la fruta como una cadena de valor ligada al turismo comunitario como un atractivo para desarrollar la “ruta del naidí” para que los turistas conozcan la especie, sepan cómo se cosecha y consuman la fruta, su jugo, pulpa, vino y biche (licor tradicional). Evitar el uso de palmas y sus frutos también es importante para la comunidad, pues es alimento de la fauna silvestre (pavas, guaguas, guatines, armadillos, venados y tatabros) que ellos mismos consumen tras jornadas de cacería y que aporta a su seguridad alimentaria.

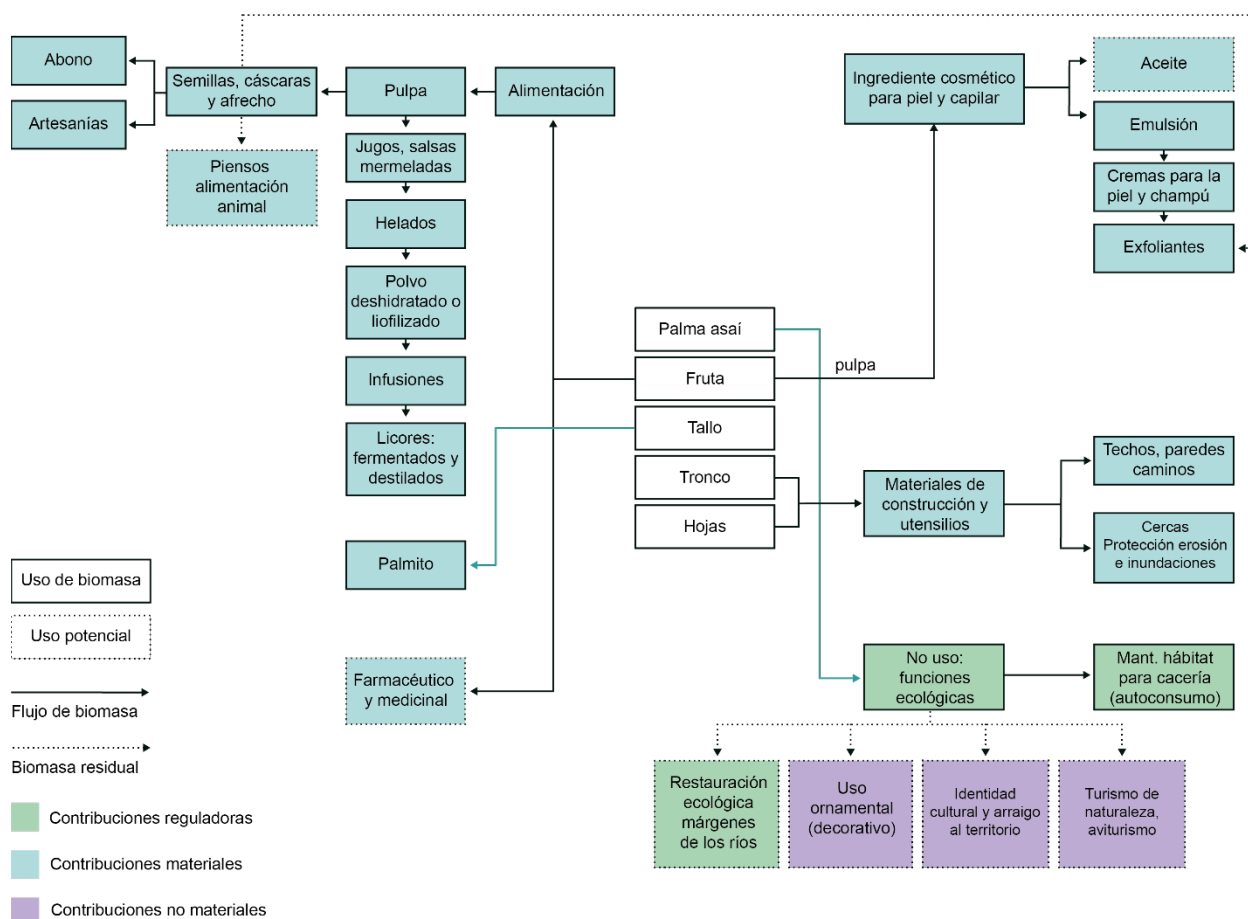
La comunidad enfrenta varias dificultades para extraer y almacenar el naidí. Por ejemplo, el punto más cercano para acceder al naidizal está aproximadamente a cuarenta minutos en lancha, en zonas ribereñas, lo cual representa una inversión de unos cuatro a seis galones de gasolina. Después se debe caminar en el lodo para acceder a los lugares donde están los naidizales (que tienen entre ocho y veinte palmas). Para extraer el naidí en las dos cosechas anuales, se necesitan por lo menos dos personas; una de ellas trepa la palma de la forma tradicional (con pecoña, una herramienta artesanal de soporte para los pies hecha con la misma hoja de la palma) y la otra recibe el racimo de frutas. En este proceso deben usar telas para que el racimo caiga sobre la tela y no se dañe. Un racimo puede pesar entre dos y cuatro kilogramos. Ante la dificultad de extraer el recurso, la mayoría de las cosechas se dejan en la palma y no se aprovechan.

La comunidad no cuenta con un suministro constante de energía eléctrica. Las cuatro horas de energía con las que cuentan al día dificultan mantener la cadena de frío del naidí, que es muy perecedero y en tres días pierde su calidad (Isaza-Aranguren et al., 2014). Tampoco tienen suministro de agua potable, lo que dificulta la elaboración de jugos y derivados, pues les toca traer este recurso desde Buenaventura en botellones.

Red de valor del asaí o naidí en Colombia

La información aportada por el CCLP fue complementada a partir de la investigación documental y se convirtió en insumo para las entrevistas realizadas a veintidós expertos de quince empresas e instituciones asociadas al asaí o naidí en Colombia (ver listado de entrevistados en la sección de agradecimientos). En la Figura 3 se presenta el diagrama de la red de valor de esta palma, el cual fue desarrollado después de las entrevistas.

Figura 3. Red de valor de asaí o naidí en el contexto colombiano.



Notas. Se resaltan en color las CNP encontradas dentro de la red de valor. Se pueden observar contribuciones regulatorias (verde = no uso de funciones ecológicas; azul = alimentación, materiales y cosmético) y no materiales (morado = uso ornamental, turismo de naturaleza, identidad y arraigo).

Las dos cadenas de valor interconectadas que generan el mayor volumen y valor de transacciones actualmente son la de alimentos con distintos grados de valor agregado y la de cosmética. En la cadena de alimentos se encontraron dos mercados: de palmito y de fruta.

Entre finales de la década de 1970 e inicios del 2000 el uso principal de *E. oleracea* en Colombia fue el aprovechamiento extractivo del palmito para mercados de exportación. Este ha sido el negocio más grande en volumen y valor asociado al asaí/naidí liderado por empresas que se instalaron en el Pacífico. Inicialmente esta explotación preocupó a las autoridades, pues implicaba cortar toda la palma sin estudios que garantizaran que la población no se agotara. A pesar de esta explotación inicial, algunas investigaciones evidencian que las poblaciones del Pacífico se mantuvieron debido a factores como la estrategia de reproducción de la especie, su abundancia, su carácter invasor y la participación de las comunidades afrodescendientes en el manejo de la especie a partir de 1993 (Vallejo-Joyas, 2013).

El uso comercial de la fruta del naidí/asaí es más reciente (mediados del 2000), y es el mercado de mayor crecimiento. A diferencia del uso comercial del palmito, para aprovechar la fruta no es necesario cortar toda la palma. Actualmente, en Colombia continúan operando empresas nacionales que se dedican a la extracción de palmito y a la comercialización del fruto, lo cual abre mercados a nivel nacional para los dos usos alimenticios.

Otras cadenas de valor están asociadas a la restauración ecológica y al turismo de naturaleza. Los expertos entrevistados y la CCLP identificaron el potencial de la especie para la restauración ecológica, en especial en ecosistemas inundables en los márgenes de ríos, así como para el uso ornamental, gracias al desarrollo de técnicas de propagación de la especie (todavía en fase de investigación y experimentación). Estos usos procuran condiciones para su regeneración natural, la restauración del ecosistema y la siembra de la especie en los márgenes de los ríos.

Mantener asaizales/naidizales en buen estado de conservación atrae fauna silvestre, la cual es valiosa para el turismo de naturaleza (en especial el aviturismo) y para la seguridad alimentaria de comunidades indígenas y negras que tienen dentro de sus usos tradicionales la cacería. El naidí/asaí hace parte fundamental de la cotidianidad, cultura y arraigo al territorio de las comunidades locales. Por otro lado, la restauración también es compatible con la producción sostenible. En este caso se identificó una iniciativa de una empresa con bonos de carbono que pretende implementar un modelo de restauración productiva para beneficio de las comunidades y empresas que quieran compensar su huella de carbono.

En el territorio se identificaron dos sistemas de aprovechamiento: uno silvestre, que genera mayor volumen de producto, y otro de cultivo domesticado en sistemas agroforestales. Aproximadamente el 95 % del aprovechamiento actual es silvestre, lo que implica un esfuerzo logístico tanto para acceder a los asaizales y a los racimos cuando la fruta está en condiciones óptimas de maduración, como para transportar el fruto en el menor tiempo posible a la planta de transformación. Algunos entrevistados mencionaron que si la ubicación del asaizal está a más de 35 km el negocio ya no es rentable.

El cultivo agroforestal de asaí o naidí es una opción utilizada en Colombia y países como Brasil, gracias a la innovación del sector productivo. Los empresarios sostienen que, si se domesticara la palma, la productividad se multiplicaría y podrían satisfacer la demanda de los mercados. Los sistemas agroforestales encontrados con asaí o naidí incluyen diferentes frutos amazónicos (p. ej., camu-camu, copoazú) como alternativa a los cultivos convencionales en regiones como el Putumayo. Estos sistemas

se consideran beneficiosos para restaurar tierras que han sido transformadas en potreros para ganado, utilizadas en sistemas agrícolas convencionales o para cultivo de productos de uso ilícito (Agrosavia, 2020).

Discusión y recomendaciones

La integración del enfoque de la red de valor con el de las CNP resulta relevante para evaluar el potencial de los PFM dentro de la bioeconomía, al resaltar el componente social y cultural que generalmente se invisibiliza frente al económico y ecológico. En el estudio de caso, la integración de enfoques permitió identificar innovaciones con respecto al análisis convencional de la red de valor. Para el naidí/ asaí, se logró tener una visión amplia de los usos de la especie, tanto aquellos destinados al mercado como los tradicionales. Analizar el ecosistema, su estado y relación con el PFM también es una innovación frente a la red de valor tradicional. Estos temas generaron vínculos con otros aspectos como alternativas a la deforestación (uno de los problemas más críticos en Colombia y en otros países megadiversos) o la domesticación de especies silvestres.

En cuanto al marco legal, si bien el Decreto 690 de 2021 representa un avance sustancial, aún faltan lineamientos para la elaboración y evaluación de los estudios técnicos por parte del MADS. Adicionalmente, se encontró el cumplimiento de esta normativa constituye una barrera económica para empresas comunitarias como el CCLP.

Potenciar la bioeconomía mediante la biodiversidad y el uso sostenible de PFM como el asaí o naidí tiene varios retos y oportunidades. Teniendo en cuenta que las empresas y el mercado son el motor de la bioeconomía sostenible en los territorios, el Estado debería identificar y promover emprendimientos comunitarios en zonas apartadas, fortalecer capacidades y facilitar los trámites en materia agroindustrial. Esto supone mejorar el acceso a capital de financiación (que actualmente es mínimo y depende principalmente de la cooperación internacional) e invertir en infraestructura y servicios públicos, ya que la energía y el agua potable son requisitos para cualquier actividad económica. Además, en Colombia el consumo de asaí o naidí todavía está en proceso de posicionamiento. Y si bien el sector de hoteles, restaurantes y cafeterías (HORECA) ha facilitado el contacto de las personas con el asaí o naidí, el consumidor aún no reconoce la fruta y sus bondades. De ahí que las campañas de consumo e información sobre la especie y sus cualidades podrían ayudar a posicionar el fruto e incrementar su demanda.

Por otro lado, la innovación tecnológica es clave para promover negocios basados en biodiversidad. Se debe invertir en investigación de cosecha, postcosecha y monitoreo para facilitar la logística en el bosque, así como en tecnologías que amplíen la durabilidad de la pulpa fresca y satisfagan las necesidades de los consumidores y de la industria (p. ej., la liofilización). Se necesita, además, más documentación sobre la productividad de la especie para fortalecer las redes de valor. Las expediciones científicas que permiten la recolección de material silvestre y su análisis también son esenciales para la conservación de la especie y su posible domesticación para uso agroforestal. A este respecto, los empresarios mencionaron la necesidad de estudios y tecnologías para mejorar la cosecha en altura, y obtener mayor proporción de pulpa en cada fruto, mayores frutos por racimo, palmas más bajas, entre otros.

Los sistemas agroforestales ocupan un lugar estratégico en la bioeconomía. Por ello, los institutos de investigación deberían acompañar a las empresas en el diseño de sistemas de producción sostenible de PFNM. Esto supone hacer una transición de sistemas convencionales agropecuarios a sistemas más sostenibles y amigables con las especies nativas, que fomenten la economía local, por lo cual se debe evitar talar el bosque natural para implementarlos. En general, los empresarios entrevistados hacen parte de procesos sostenibles en las regiones que aprovechan el recurso. En la gran mayoría de casos cuentan con planes de manejo para su aprovechamiento, conocen el Decreto 690 de 2021 y hacen parte de procesos y proyectos de cooperación internacional que promueven alternativas económicas para frenar la deforestación en Colombia.

Aún se requieren aplicaciones enfocadas en una gama más amplia de PFNM para validar el enfoque integrado y los pasos metodológicos en otros lugares. El manejo de otras especies puede servir para abordar contribuciones no materiales con mayor profundidad, por ejemplo, en asuntos culturales. Aunque es necesario trabajar más para formalizar la metodología, estos primeros resultados sugieren que la integración de los enfoques es una forma innovadora de incluir diversas perspectivas (como la socioecosistémica), que no solo son valiosas para los PFNM, sino que también podrían ser útiles para los *commodities* tradicionales en la red de valor.

Referencias

- Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. (2015). *Plan de negocios açai (Euterpe oleracea)*. USAID.
- Agronet. (2022). *Área, producción y rendimiento nacional por cultivo*. MinAgricultura. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Agrosavia. (2020). *Posibilidades de desarrollo alternativo en áreas de conflicto del bosque amazónico en Colombia*. <https://www.agrosavia.co/noticias/posibilidades-de-desarrollo-alternativo-en-%C3%A1reas-de-conflicto-del-bosque-amaz%C3%B3nico-en-colombia>
- Angelsen, A., Jagger, P., Babigumira, R., Belcher, B., Hogarth, N. J., Bauch, S., Börner, J., Smith-Hall, C., & Wunder, S. (2014). Environmental Income and Rural Livelihoods: A Global-Comparative Analysis. *World Development*, 64(1, Suppl.), S12-S28. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.03.006>
- Avila-Sosa, R., Montero-Rodríguez, A. F., Aguilar-Alonso, P., Vera-López, O., Lazcano-Hernández, M., Morales-Medina, J. C., & Navarro-Cruz, A. R. (2019). Antioxidant Properties of Amazonian Fruits: A Mini Review of in Vivo and in Vitro Studies. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019(1). <https://doi.org/10.1155/2019/8204129>
- Baltazar-Ramos, V. I., Sandoval-Aquino, E. A., & Toledo-Ruiz, M. V. (2018). *Investigación aplicada para el estudio del Acaí como cultivo alternativo en beneficio de las comunidades nativas de la selva baja del Perú*. ESAN Graduate School of Business.

- Bernal, R., Torres, C., García, N., Isaza, C., Navarro, J., Vallejo, M. I., Galeano, G., & Balslev, H. (2011). Palm Management in South America. *The New York Botanical Garden*, 77(4), 607-646. <https://doi.org/10.1007/s12229-011-9088-6>
- Brauman, K. A., Garibaldi, L. A., Polasky, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Brancalion, P. H. S., DeClerck, F., Jacob, U., Mastrangelo, M. E., Nkongolo, N. V., Palang, H., Perez-Mendez, N., Shannon, L. J., Shrestha, U. B., Strombom, E., & Verma, M. (2020). Global trends in nature's contributions to people. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(51), 32799-32805. <https://doi.org/10.1073/pnas.2010473117>
- Callo-Concha, D., Jaenicke, H., Schmitt, C. B., & Denich, M. (2020). Food and Non-food biomass production, processing and use in sub-Saharan Africa: Towards a regional bioeconomy. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5), 1-9. <https://doi.org/10.3390/su12052013>
- Canales, N., Purkey, D., & Johnson, F. X. (2024). *Integrating Nature Contributions to People in biomass value webs for non-timber forest products* [Unpublished manuscript].
- Canales, N., & Trujillo, M. (2021). La red de valor de la yuca y su potencial en la bioeconomía de Colombia. *Instituto de Ambiente de Estocolmo*, 1-30.
- Cardona-Jaramillo, J. E. C., Carrillo-Bautista, M. P., Alvarez-Solano, O. A., Achenie, L. E. K., & González-Barrios, A. F. (2019). Impact of the mode of extraction on the lipidomic profile of oils obtained from selected amazonian palms. *Biomolecules*, 31(4), 24-30.
- Castro-Rodríguez, S. Y., Barrera-García, J. A., Carrillo-Bautista, M. P., & Hernández-Gómez, M. S. (2015). Asaí (Euterpe precatoria). Cadena de valor en el sur de la región amazónica. Instituto amazónico de investigaciones científicas SINCHI; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Congreso de la República de Colombia. (1991). Ley 21 de 1991. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=37032
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 70 de 1993. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=7388>
- de Souza, F. G., de Araújo, F. F., de Paulo-Farias, D., Zanotto, A. W., Neri-Numa, I. A., & Pastore, G. M. (2020). Brazilian fruits of Arecaceae family: An overview of some representatives with promising food, therapeutic and industrial applications. *Food Research International*, 138(Part A). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109690>
- Díaz, S., Pascual, U., Stenseke, M., Martín-López, B., Watson, R. T., Molnár, Z., Hill, R., Chan, K. M. A., Baste, I. A., Brauman, K. A., Polasky, S., Church, A., Lonsdale, M., Larigauderie, A., Leadley, P. W., van Oudenhoven, A. P. E., van der Plaats, F., Schröter, M., Lavorel, S., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bukvareva, E., Davies, K., Demissew, S., Erpul, G., Failler, P., Guerra, C. A., Hewitt, C. L., Keune, H., Lindley, S., &

- Shirayama, Y. (2018). Assessing nature's contributions to people. *Science*, 359(6373), 270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>
- Dietz, T., Börner, J., Förster J. J., & Braun, J. V. (2018). Governance of the Bioeconomy: A Global Comparative Study of National Bioeconomy Strategies. *Sustainability*, 10(9), 3190. <https://doi.org/10.3390/su10093190>
- Epanda, M. A., Donkeng, R. T., Nonga, F. N., Frynta, D., Adi, N. N., Willie, J., & Speelman, S. (2020). Contribution of non-timber forest product valorisation to the livelihood assets of local people in the northern periphery of the Dja Faunal Reserve, East Cameroon. *Forests*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/F11091019>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2000). *Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros*. FAO. <https://www.fao.org/3/Y1457s/Y1457s00.htm>
- Global Bioeconomy Summit. (2018). *Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing*. <https://www.bioekonomierat.de/media/pdf/archiv/international-gbs-2018-communique.pdf>
- Gobierno de Colombia. (2020). *Bioeconomía para una Colombia Potencia viva y diversa: Hacia una sociedad impulsada por el Conocimiento*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia_para_un_crecimiento_sostenible-qm_print.pdf
- Isaza-Aranguren, C., Galeano, G., & Bernal, R. (2014). Manejo actual del asaí (euterpe precatoria mart.) para la producción de frutos en el sur de la amazonia colombiana. *Colombia Forestal*, 17(1), 77-99.
- Locke, H., Rockström, J., Bakker, P., Bapna, M., Gough, M., Lambertini, M., Morris, J., Polman, P., Carlos, M. R., Samper, C., Sanjayan, M., Zabey, E., & Zurita, P. (2020). *A Nature-Positive World: The Global Goal for Nature*. 21.
- Loos, T. K., Hoppe, M., Dzomeku, B. M., & Scheiterle, L. (2018). The potential of plantain residues for the ghanaian bioeconomy-assessing the current fiber value web. *Sustainability (Switzerland)*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/su10124825>
- López-Camacho, R., & Murcia-Orjuela, G. O. (2020). Productos Forestales no Maderables en Colombia. Consideraciones para su Desarrollo. <https://doi.org/10.14483/9789587872279>
- Market Data Forecast. (2024). *Acai Berry Market Size*. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/acai-berry-market>
- Masoodi, H. U. R., & Sundriyal, R. C. (2020). Richness of non-timber forest products in Himalayan communities—Diversity, distribution, use pattern and conservation status. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00405-0>

- Millennium Ecosystem Assessment. (2015). Ecosystems and human well-being: Synthesis. En *Island Press* (Número 715). MEA. <https://doi.org/10.3897/zookeys.715.13865>
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2023). *Hoja de Ruta Bioeconomía y Territorio—Documento consulta pública*. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/noticias/1._documento_de_politica_bioeconomia_y_territorio.pdf
- Paniagua-Zambrana, N., Bussmann, R. W., & Macía, M. J. (2017). The socioeconomic context of the use of *Euterpe precatoria* Mart. And *E. oleracea* Mart. In Bolivia and Peru. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 13(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0160-0>
- Petkova, E., Larson, A., & Pacheco, P. (2011). *Gobernanza forestal y REDD+: Desafíos para las políticas y mercados en América Latina* (CIFOR).
- Poku, A. G., Birner, R., & Gupta, S. (2018). Is Africa ready to develop a competitive bioeconomy? The case of the cassava value web in Ghana. *Journal of Cleaner Production*, 200, 134-147. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.290>
- Presidente de la República De Colombia. (2021). Decreto 690 de 2021. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=164893>
- República de Colombia. (2015). Decreto 1076 de 2015. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Scheiterle, L., Ulmer, A., Birner, R., & Pyka, A. (2018). From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil's bioeconomy. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3851-3863. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.150>
- Silva-Cedrim, P. C. A., Barros, E. M. A., & Do Nascimento, T. G. (2018). Antioxidant properties of acai (*Euterpe oleracea*) in the metabolic syndrome. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.09217>
- Soe, K. T., & Yeo-Chang, Y. O. U. N. (2019). Perceptions of forest-dependent communities toward participation in forest conservation: A case study in Bago Yoma, South-Central Myanmar. *Forest Policy and Economics*, 100(July 2018), 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.11.009>
- Talukdar, N. R., Choudhury, P., Barbhuiya, R. A., & Singh, B. (2021). Importance of Non-Timber Forest Products (NTFPs) in rural livelihood: A study in Patharia Hills Reserve Forest, northeast India. *Trees, Forests and People*, 3, 100042. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2020.100042>
- Vallejo-Joyas, M. I. (2013). *Impacto de la cosecha de palmito sobre la estructura y dinámica poblacional de Euterpe oleracea en la Costa Pacífica colombiana*.

Virchow, D., Beuchelt, T. D., Kuhn, A., & Denich, M. (2016). Biomass-Based Value Webs: A Novel Perspective for Emerging Bioeconomies in Sub-Saharan Africa. En F. W. Gatzweiler & J. von Braun (Eds.), *Technological and Institutional Innovations for Marginalized Smallholders in Agricultural Development* (pp. 225-238). https://doi.org/10.1007/978-3-319-25718-1_14