SEI Stockholm Environment Institute

La red de valor de la yuca y su potencial en la bioeconomía de Colombia

SEI Documento de trabajo
Mayo 2021

Nella Canales

Mónica Trujilo

Instituto de Ambiente de Estocolmo
Linnégatan 87D 115 23 Estocolmo, Suecia
Tel: +46 8 30 80 44 www.sei.org

Contacto: Nella Canales
nella.canales@sei.org
Diseño: Natalia Ortiz
Foto de portada: Yuca por Neil Palmer ©2011CIAT/ Flickr / CC BY-NC-ND 2.0

Esta publicación puede reproducirse total o parcialmente y en cualquier forma con fines educativos o sin fines de lucro, sin un permiso especial del titular de los derechos de autor, siempre que se haga un reconocimiento de la fuente. No se puede hacer uso de esta publicación para reventa u otro propósito comercial, sin el permiso por escrito de los titularesde los derechos de autor.

Copyright © Mayo 2021 por Instituto de Ambiente de Estocolmo

El Instituto de Ambiente de Estocolmo es una organización internacional de investigación y política sin ánimo de lucro que aborda los desafíos del medio ambiente y el desarrollo. Conectamos la ciencia y la toma de decisiones para desarrollar soluciones que conduzcan a un futuro sostenible para todos. Nuestro enfoque es altamente colaborativo: la participación de actores clave está en el centro de nuestros esfuerzos para desarrollar capacidades, fortalecer instituciones y equipar socios a largo plazo. Nuestro trabajo abarca temas de clima, agua, aire y uso de la tierra, e integra evidencia y perspectivas sobre gobernanza, economía, género y salud humana. En nuestros ocho centros en Europa, Asia, África y las Américas, nos comprometemos con la política, procesos, acciones de desarrollo y prácticas comerciales en todo el mundo.

Contenido

Introducción....4

1. La yuca en la bioeconomía mundial....5

2. La yuca en Colombia....6

3. Metodología....7

4. Red de valor de la biomasa de yuca en Colombia....8

4.1. Los productos y subproductos de la red de valor de la yuca en Colombia....9

4.2. Vínculos entre actores en la red de valor....10

4.2.1. Vínculos comerciales....10

4.2.2. Vínculos financieros....14

4.2.3 Vínculos de conocimiento....15

5. Oportunidades y desafíos de sostenibilidad para la bioeconomía en la red de valor de la yuca 17

5.1. Oportunidades y desafíos en los vínculos comerciales....17

5.2. Oportunidades y desafíos en los vínculos financieros....18

5.3. Oportunidades y desafíos en los vínculos de conocimiento....19

6. Temas clave para incrementar el rol de la yuca en la bioeconomía emergente de Colombia....19

7. Siguientes pasos para investigación 21

8. Conclusiones....21

Anexo I....23

Referencias....24

Introducción

A nivel mundial, la bioeconomía se ha convertido en un tema cada vez más presente dentro de las políticas públicas, con más de 60 países que la incluyen en sus estrategias nacionales (GBS & IACGB 2020). En Latinoamérica, diversos países, incluidos Argentina, Brasil, Costa Rica, Ecuador y Colombia, cuentan con políticas de bioeconomía y se encuentran desarrollando estrategias con múltiples propósitos, incluyendo el desarrollo económico territorial o subnacional, la reducción de la deforestación, y la reducción de los altos niveles de inequidad (Henry and Hodson 2019). Estos propósitos están en consonancia con la visión de una bioeconomía sostenible, en la que "la humanidad vive con respeto a la naturaleza, y donde la economía beneficia a la sociedad y protege el planeta y los entornos locales apoyados en innovaciones tecnológicas y sociales" (GBS & IACGB 2020, p.19).

Colombia ha reconocido en la bioeconomía un nuevo camino hacia su diversificación económica. Esto se evidencia a través de iniciativas como la Política de Crecimiento Verde y la Misión Internacional de Sabios 2019. La Política de Crecimiento Verde define a la bioeconomía como la "gestión eficiente y sostenible de la biodiversidad y la biomasa para generar nuevos productos, procesos y servicios de valor agregado, basados en el conocimiento y la innovación" (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018, p.26). Mientras que la Misión Internacional de Sabios 2019 adoptó la definición del *Global Bioeconomy Summit,* en donde la bioeconomía es la "producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo conocimiento, ciencia, tecnología e innovación para la provisión de información, productos, procesos y servicios a través de todos los sectores económicos, hacia una economía sostenible" (Global Bioeconomy Summit 2018, p.2). A través de estas iniciativas, Colombia se ha propuesto metas ambiciosas hacia el 2030, incluyendo una contribución del 10% de la bioeconomía al Producto Bruto Interno y la generación de, por lo menos, 100.000 empleos (Misión Internacional de Sabios 2019). La aspiración es que este crecimiento promueva una transición hacia una economía basada en el capital natural, con altos niveles de productividad y competitividad económica, asegurando el uso sostenible y circular de los biorecursos, la compatibilidad con el clima, y la inclusión social (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018). Además, se espera que la bioeconomía contribuya al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia, y a reducir la dependencia de los combustibles fósiles (Consejo Nacional de Política Económica y Social 2018; Misión Internacional de Sabios 2019). Sin embargo, estas aspiraciones generan varios interrogantes: ¿Qué biorecursos deben formar la base de la futura bioeconomía en Colombia?, ¿Cómo y quiénes deberán formar parte de esta base?

Colombia está entrando en una fase de implementación de la bioeconomía a través de la Misión de Bioeconomía, liderada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, en colaboración con el Departamento Nacional de Planeación. Esta misión tiene como uno de sus objetivos armonizar las aspiraciones nacionales con las realidades locales, identificando oportunidades especificas a nivel territorial (Gobierno de Colombia 2020).

La yuca, un cultivo domesticado en la Amazonía, podría ser uno de los recursos base de la bioeconomía en Colombia, ya que se produce en los 32 departamentos del país, con potencial para generación de empleos tanto en la producción primaria, como en la transformación para su uso en diversas industrias. Este documento de trabajo evalúa el potencial de este cultivo en el marco de una bioeconomía sostenible, identificando retos y definiendo pautas hacia nuevas oportunidades. Para ello, se utiliza una metodología denominada "enfoque de red de valor", que permite hacer una evaluación rápida del potencial de un biorecurso (Virchow et al. 2016).

Las secciones 1 y 2 contextualizan la importancia de la yuca en la bioeconomía a nivel mundial y la situación de la yuca en Colombia. La sección 3 presenta la metodología utilizada y la sección 4 presenta la aplicación de la metodología para el recurso yuca en Colombia. La sección 5 discute

oportunidades y desafíos para la red de valor de la yuca y la sección 6 presenta temas clave para potenciar el rol de la yuca en la bioeconomía en Colombia. La sección 7 propone pasos a seguir para siguientes investigaciones. Finalmente, la sección 8 presenta las conclusiones.

1. La yuca en la bioeconomía mundial

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo importante para la bioeconomía por su contenido de almidón, útil para producción de bioetanol, bioquímicos y bioplásticos, y de aplicación en diversas industrias (Gao et al. 2020). La ventaja competitiva de la yuca frente a otros cultivos similares (p.ej. raíces) se debe a su capacidad para crecer en suelos ácidos de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos periodos de sequía (Aristizábal et al. 2007). Existen más de 6000 accesiones, unidades de conservación de semillas o plantas, entre las que se distinguen variedades dulces para consumo humano con niveles bajos de cianuro, y variedades amargas para procesos industriales. También hay variedades multipropósito, aptas para producción industrial y consumo humano directo (CIAT 2019).

En el mundo, la mayor producción de yuca se desarrolla en África (62% del volumen global), con más de 277 millones de toneladas en el 2018; el 29% se produce en Asia y el 9% en Latinoamérica (FAO 2020). En África el mayor productor es Nigeria, con una productividad promedio de 9 ton/ha (Ikuemonisan et al. 2020). El segundo mayor productor en la región es la República Democrática del Congo, con una productividad promedio de 8.1 ton/ha. Ghana es el tercer productor, con una productividad de 14 ton/ha y una industria creciente liderada por pequeñas empresas (Poku et al. 2018). En Asia, Tailandia es uno de los líderes de producción de yuca industrial y ha propuesto a la yuca como uno de los cultivos prioritarios para el desarrollo de su bioeconomía. Su propuesta consiste en implementar biorrefinerías para desarrollar productos de valor agregado, como ácido láctico, almidones, y bioplásticos a partir de la yuca y la caña de azúcar; con el objetivo de mantener su ventaja competitiva como líder exportador de yuca a nivel mundial (Saardchom 2017; Lane 2017). Tailandia es líder en el mercado global, exportando el 26% de la yuca fresca, congelada o seca y el 72% de almidón de yuca (FAO 2020). En Latinoamérica, el principal productor es Brasil, seguido de Paraguay (FAO 2020). Brasil cuenta con uno de los parques industriales más modernos desde los 2000 y la yuca sirve a las industrias de almidón, en el centro sur; y de harina, en el noreste, principalmente para consumo interno (Felipe 2020). La producción primaria para harina es desarrollada, en su mayoría, por pequeños agricultores, mientras que la producción para almidón es de mayor escala (Felipe 2019). Los principales compradores de estos insumos son empresas de pasta, galletería y panadería, tapioca y productos cárnicos (Felipe 2019). En Paraguay, 70% de la producción es para autoconsumo de los productores (alimentación humana y animal), mientras que el 30% se comercializa (Infonegocios 2019). Las principales zonas de producción están en la región oriental, en donde (69%) pequeños productores cultivan de 1 a 10 ha (Enciso Rodríguez et al. 2014). Paraguay es el principal exportador de almidón de yuca de Latinoamérica, con CODIPSA liderando el 60% del total de la exportación (Diaz 2019).

El almidón de yuca es un producto utilizado en diversas industrias. En la industria alimentaria, se destaca por su mayor capacidad de expansión, comparado con la del almidón de trigo, brindando una textura crujiente pero flexible (Oladunmoye et al. 2014; Ingredion 2019). Además, el perfil de sabor es más neutro comparado con el almidón de maíz, reduciendo la cantidad de ingredientes necesarios para compensar sabores indeseables (Breuninger et al. 2009; Ingredion 2019). En la cocción, el almidón de yuca proporciona una apariencia más transparente y ligeramente brillante, y requiere menor tiempo de cocción y procesamiento (Ingredion 2019). En las industrias de papel, corrugado y textil, este almidón es preferido a los almidones de papa, maíz y arroz por su capacidad adhesiva o de pegado (Ellis et al. 1998; Integrated Cassava Project 2005). En la industria de plásticos,

se suele utilizar por tener mejor consistencia que el almidón de trigo (Lopattananon et al. 2012), y también para la obtención de biopolímeros termoplásticos y películas (Bernal Bustos et al. 2017). En la industria farmacéutica, el almidón de yuca se utiliza como excipiente, encapsulante y para aumentar la vida útil de los productos (Alcázar-Alay and Meireles 2015). En la industria energética, también ha sido utilizado para la producción de bioetanol (Aristizábal et al. 2007).

Además de su utilidad en diversas industrias, existen dos tendencias de mercado que podrían incrementar la demanda de biomasa de yuca: los alimentos sin gluten y los bioplásticos. El mercado mundial de los alimentos sin gluten se ha estimado en USD 5.6 mil millones en 2020 (Markets and Markets 2020) con precios que pueden llegar a ser cuatro veces más altos que de los insumos con gluten (TechNavio 2017). La harina y el almidón de yuca, que no contienen gluten, son alternativas que podrían competir en este mercado. Otra oportunidad de mercado para la biomasa de yuca es el incremento en la demanda de bioplásticos, pues puede ser utilizada para la obtención de biopolímeros termoplásticos y películas. Al 2018, el 66% de los países ya habían adoptado algún tipo de regulación para disminuir el consumo de plásticos provenientes de recursos fósiles (PNUMA & WRI 2018). Aunque la producción de bioplásticos representa solo 1% de la producción total de plásticos del mundo, se prevé un crecimiento promedio de 20% al 2024 (European Bioplastics 2020).

2. La yuca en Colombia

Colombia es el tercer productor de yuca de Latinoamérica. La yuca es el quinto bien agrícola que más se produce en volúmenes, después de la caña panelera, el plátano, la papa, y el arroz (Parra 2019). En 2019, Colombia produjo 2.8 millones de toneladas en un área cosechada de 259 931 ha; reportando una tendencia de crecimiento en área (4%) y producción (11%) entre 2015-2018 (Parra 2019). A pesar de este crecimiento, el rendimiento promedio en Colombia es bajo (11.34 ton/ha.), comparado con los líderes mundiales como Tailandia (22 ton/ha), y de la región, Brasil (14 ton/ha) y Paraguay (18 ton/ha) (FAO 2020).

La yuca se cultiva en los 32 departamentos del país. Los núcleos productivos más destacados son Costa Atlántica, Orinoquía y Cauca. Las cifras preliminares del 2019 indican como principales productores a los departamentos de Bolívar (17% de la producción nacional), seguido por Córdoba (11%) y Sucre (8%) (Parra 2019). En la Orinoquía, núcleo que presenta los mayores rendimientos a nivel nacional, Meta es el mayor productor (7%), seguido de Arauca (5%). El núcleo Cauca (5%) presenta una de las tasas de crecimiento de producción más altas del país (117%) en los últimos años (Parra 2019).

El 94.4% del total de la producción de yuca a nivel nacional es para consumo humano directo y sólo 5.6% se destina a la industrialización (Parra 2020a). El sistema de producción es principalmente de pequeña escala (85%), cultivado en áreas menores a 10 ha, con prácticas tradicionales y poca tecnificación (MADR 2017). El cultivo se desarrolla mayoritariamente (70%) en tierras en arrendamiento, y genera en promedio 53 jornales de trabajo por hectárea de yuca industrial, y 40 jornales por hectárea de yuca fresca (MADR 2017). El cultivo de yuca fresca, o de consumo humano, se desarrolla en rotación o asocio con maíz, ñame o algodón; mientras que el cultivo industrial se desarrolla en monocultivo y es más tecnificado (MADR 2017). Solo alrededor del 6% de la producción de yuca fresca en el 2019 se comercializó a través de las centrales mayoristas de abastos CORABASTOS– Bogotá (47%), Barranquilla (8%) y Bucaramanga (6%) (Parra 2019). El otro 94% de yuca fresca incluye surtidores de frutas y verduras, y las empresas exportadoras de productos congelados y snacks (Parra 2020b).

En Colombia existe una demanda insatisfecha de almidón de yuca. En 2019, Colombia importó USD 6.5 millones (13.4 mil toneladas) de almidón de yuca, proveniente de Paraguay (Legiscomex 2020). Esto representa más del doble del valor importado de almidón de maíz en el mismo periodo. Las dos principales importadoras son Almidones de Sucre (ADS) e Ingredion, quienes concentraron el 81% del volumen total importado en 2019. Estas empresas importaron almidón de Paraguay para contrarrestar el desabastecimiento de yuca industrial en Colombia, común durante el segundo semestre de cada año (Almidones de Sucre 2020; Parra 2020b). También se importó almidón de yuca para empresas cuya actividad incluye otros usos industriales en un 6% y para empresas cosméticas (0,01% del volumen) (Legiscomex 2020).

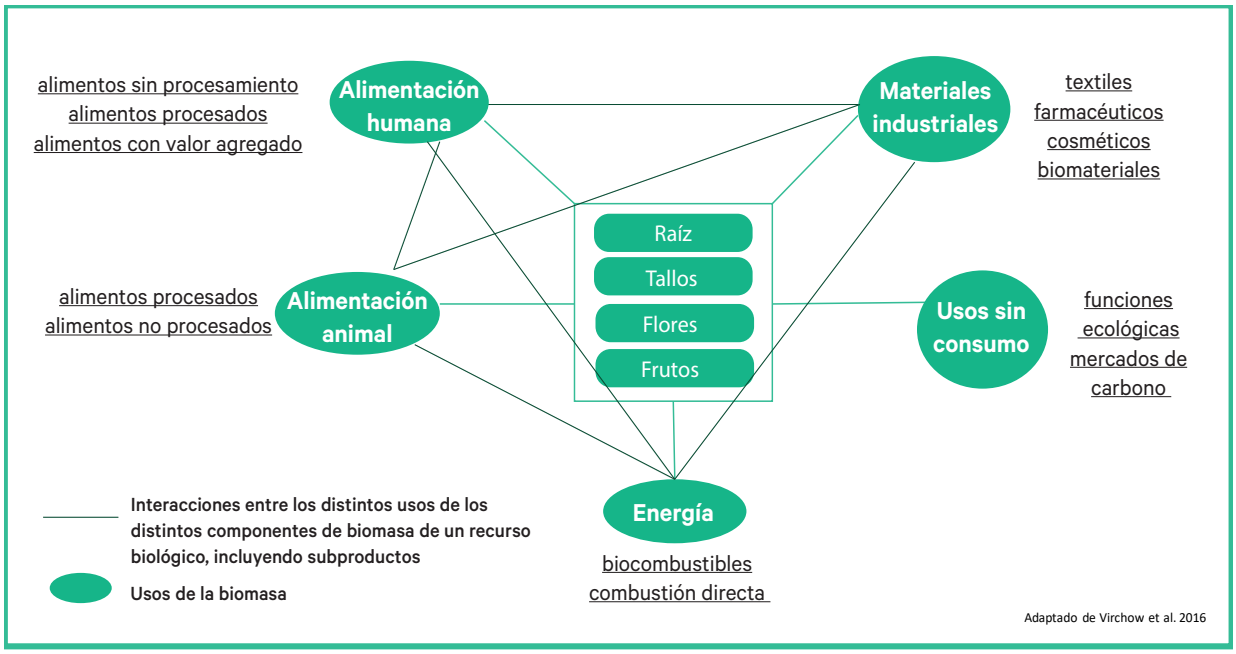
La precariedad e ineficiencia de transferencia tecnológica en la producción primaria ha sido una de las principales debilidades de la cadena productiva de yuca en Colombia (MADR 2014). Esto a pesar de la presencia del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), uno de los organismos de investigación más importantes sobre el cultivo de yuca a nivel global, su trabajo en conjunto con la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) y que mucha de la información sobre tecnologías para este cultivo ya existe a nivel mundial. La visión de la cadena de yuca en Colombia 2010-2024 reconoce estas debilidades y busca formar y consolidar una cadena agroalimentaria competitiva y sostenible económica, social y ambientalmente; activa en mercados nacionales e internacionales y con innovación tecnológica, desarrollo empresarial y apoyo a la seguridad alimentaria (MADR 2014). Para ello, las demandas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) están enfocadas en mejorar la competitividad y la productividad. Esto incluye manejo de cosecha, postcosecha y transformación; material de siembra y mejoramiento genético; socio economía, inteligencia competitiva y desarrollo empresarial; sistemas de información; zonificación (nichos agroecológicos); transferencia de tecnología y asistencia técnica; y manejo sanitario y fitosanitario (Corpoica, MADR, Colciencias 2016). Desde la bioeconomía, esta visión debería ir más allá del sector agroalimentario, considerando las oportunidades de generación de valor local en los otros mercados.

3. Metodología

Este estudio de caso busca identificar el potencial de la yuca en el marco de una bioeconomía sostenible en Colombia, a través del enfoque de red de valor de Virchow et al. (2016), y la herramienta Net-Map de Schiffer (2007). Ambos enfoques se han utilizado en otros análisis de redes de valor, incluyendo yuca en Ghana (Poku et al. 2018), caña de azúcar en Brasil (Scheirtele et al. 2018) y quinua en Bolivia (Canales et al. 2020).

La red de valor es un enfoque creado por Virchow et al. (2016), como una propuesta multidimensional para la bioeconomía. Es un enfoque no lineal que permite analizar las diferentes cadenas de valor que se originan desde un solo recurso y las conexiones entre éstas. La red de valor considera como punto de partida al recurso completo (i.e. raíces, tronco, hojas, flores, y frutos, y sus componentes) y busca identificar sus diferentes usos actuales y potenciales. Estos usos incluyen consumo humano (alimentación) y consumo animal (alimentación animal), combustibles (energía) y materiales industriales. Virchow et al. (2016) también propone identificar usos relacionados con las funciones ecológicas o los mercados de carbono. Esta mirada más sistémica busca incluir también el concepto de economía circular, a través de la identificación de usos de subproductos o residuos (p. ej. cáscaras, componentes químicos) y su reutilización (Ver Figura 1).

Figura 1. Red de valor de la biomasa



La Net-Map es una herramienta participativa desarrollada por Schiffer (2007) para identificar qué actores están involucrados en una red y cómo se relacionan entre ellos. En este documento de trabajo, se analiza la red de valor de la yuca en Colombia y se busca identificar qué actores participan y cómo se relacionan. Para ello se mapean los vínculos comerciales, es decir quiénes participan de la compra y venta de biomasa de yuca; vínculos de innovación, identificando quiénes generan conocimientos; y vínculos de financiamiento, mapeando quiénes apoyan financieramente la innovación.

Ambos enfoques se utilizaron para recolectar información sobre la biomasa de yuca en Colombia, a través de 13 entrevistas semi estructuradas de 1.5 horas cada una. Las entrevistas se desarrollaron en línea, durante octubre 2020, con empresas, investigadores y representantes de las asociaciones de productores, identificando actores a través de una técnica de “bola de nieve” (Ver Anexo I). Las entrevistas se desarrollaron en dos pasos, con ayuda visual de Miro. Primero, se identificaron los usos, productos y subproductos de la red de valor. Para el segundo paso, la red de actores, se utilizó la red de valor como insumo para la discusión y se identificaron los actores participantes en los intercambios o vínculos comerciales, financieros y de conocimientos. Estos vínculos fueron seleccionados debido a la importancia de identificar los flujos de biomasa, la capacidad de aprendizaje en una red de valor y el apoyo financiero existente en un contexto particular (Lundvall 2010; Scheiterle et al. 2018).

La visualización de actores permitió además continuar la discusión sobre recomendaciones para desarrollar el potencial de la yuca en Colombia. El procesamiento de las entrevistas se realizó utilizando el software NVivo, de acuerdo con los usos propuestos por Virchow: alimentación humana, alimentación animal, materiales industriales, energía, usos sin consumo; y a los vínculos propuestos. Finalmente, la información de las entrevistasen se verificó con revisión de literatura.

4. Red de valor de la biomasa de yuca en Colombia

De la aplicación de la red de valor de la yuca en Colombia, se observa que la biomasa de yuca, además de la comercialización en fresco, ya se utiliza también a nivel industrial, principalmente en la industria alimentaria. Sin embargo, también hay potencial para ampliar su uso en la industria de alimentos balanceados y para incursionar en la producción de bioplásticos (Ver Figura 2).

4.1. Los productos y subproductos de la red de valor de la yuca en Colombia

La red de valor de la yuca en Colombia incluye diversos usos y niveles de valor agregado. La raíz es lo que más se utiliza de la planta, tanto para alimentación humana como animal. Las hojas, que son consumidas en otros países como alimento humano y cuya base seca contiene 26% de proteína, sólo son consumidas en la Amazonía. Los tallos sólo son utilizados para la propagación vegetativa del cultivo y por ello, la planta no desarrolla flores, excepto en cultivos de investigación, o en la Amazonía. Todas las partes del cultivo pueden ser utilizadas para alimentación animal, aunque por ahora predomina el uso de la raíz también en este uso.

El principal producto del cultivo de yuca en Colombia es la raíz en fresco para consumo humano directo. Uno de los retos de la yuca fresca es su perecibilidad ya que debe ser consumida o transformada dentro de las primeras 48 horas luego de la cosecha. Para alargar la vida de la raíz se la puede encerar con parafina, o procesarla (pelado, trozado, o para la elaboración de fariña) para su venta en versiones congeladas y precocidas. También se comercializan croquetas de yuca (frescas y congeladas) y diversas meriendas. Los productos generados a partir de raíces lavadas y peladas generan efluentes del lavado de las raíces y subproductos sólidos (cáscaras y puntas de raíces). Las grandes industrias reutilizan el agua del lavado. Las cáscaras son muchas veces regaladas a productores para su uso en compost, o a ganaderos para su consumo sin procesamiento como alimentación animal.

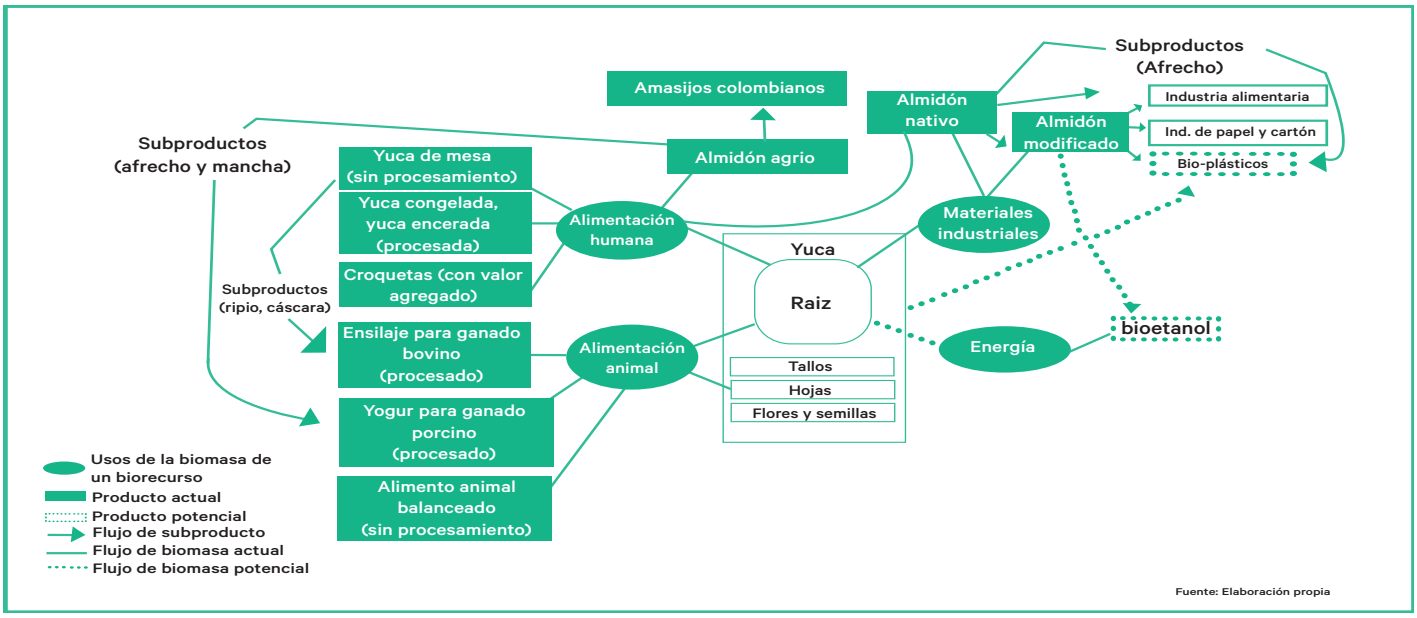
De la raíz también se obtiene almidón. En Colombia, se produce almidón agrio y almidón dulce, también llamado nativo o industrial. El agrio se produce a pequeña y mediana escala en molinos conocidos como rallanderías, y es un insumo para la producción de amasijos colombianos (p.ej. pandebono, pan de yuca) (Taborda 2018). El almidón dulce es producido por la gran industria, y es insumo en diversas industrias. La producción de almidón agrio genera subproductos sólidos (p.ej. afrecho, mancha) y efluentes con altos contenidos de cianuro. Los subproductos sólidos pueden ser utilizados como insumos en la producción de concentrados para alimentación animal mientras que los efluentes son, en su mayoría, vertidos directamente a los ríos o en la tierra, excepto en rallanderías grandes que sí cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). De acuerdo con nuestras entrevistas, aproximadamente solo 10 de las 60 rallanderías operativas en el Cauca cuentan con PTAR. La producción de almidón dulce también genera subproductos sólidos, que pueden ser comercializados, y los efluentes son tratados en PTAR. En la Amazonía, los efluentes de la producción artesanal de almidón, con altos contenidos de cianuro, son utilizados para la elaboración de tucupí, una salsa condimentada que se comercializa tanto en la Amazonía como en mercados gourmet.

La yuca también es utilizada para alimentación animal. En la Costa Atlántica, la yuca fresca también se utiliza con o sin procesamiento, para alimentar el ganado en tiempos de sequía y ausencia de pastos. Un procesamiento es el ensilaje para ganado bovino, que incluye un proceso de fermentación anaeróbico de hojas, tallos y raíces, para conservar biomasa. Además, hay algunas producciones de yogur de yuca para ganado porcino, en las cuales se utilizan los residuos de la producción de yuca fresca (p. ej. puntas, yucas delgadas, cáscaras). También se producen trozos secos de raíz y harina para alimentación animal.

En Colombia hubo varios intentos fallidos para promover el uso de biomasa de yuca para energía. Por ejemplo, en 2006 se anunció un proyecto para la construcción de una planta de producción de etanol de yuca en Corozal, Sucre. Sin embargo, en el 2009 se construyó en su lugar una planta de producción de almidón, hoy ADS.

El uso de la yuca como material industrial se basa, principalmente, en almidón dulce. En Colombia, los almidones de yuca se utilizan como aglutinantes en la industria alimentaria, como pegantes en la industria de papel y la industria textil, como cobertura en la industria farmacéutica y como ligante en la industria cosmética. Recientemente, se ha evidenciado un desarrollo, aún a nivel de investigación, para la producción de bioplásticos flexibles y semirrígidos que incluye la utilización de cáscaras, hojas y almidón de yuca.

Figura 2. Red de valor de la biomasa de yuca en Colombia



4.2. Vínculos entre actores de la red de valor

Del análisis de vínculos entre actores se identificó que existen núcleos de producción relativamente independientes, debido a que el consumo es principalmente en fresco y la industria requiere comercialización a pocas horas de la cosecha. Sin embargo, la yuca seca y el almidón de yuca sí se desplazan entre núcleos e incluso hay importación de almidón de yuca (Ver Figura 3). En los vínculos financieros se observa que el financiamiento actual hacia la producción primaria de pequeños productores se lleva a cabo, esencialmente, a través de las microfinancieras, sin mucha presencia de líneas de financiamiento del Estado; mientras que, en la transformación, sí se menciona la importancia de los fondos de regalías, aunque esos fondos son aún insuficientes y no se ha podido incluir a la industria de forma eficiente (Ver Figura 4). Finalmente, en los vínculos de conocimiento, CIAT y Agrosavia destacan como proveedores de conocimiento para producción primaria, mientras que el Consorcio latinoamericano y del Caribe de apoyo a la investigación y al desarrollo de la yuca (CLAYUCA) y las universidades Universidad del Cauca, Universidad Nacional y Universidad del Valle son reconocidas como generadoras de conocimiento a nivel de transformación. Sin embargo, la presencia de *spin-offs* es aún tímida (Ver Figura 5).

4.2.1. Vínculos comerciales

Aunque la yuca se cultiva en 32 departamentos del país, se identificaron los núcleos productivos Cauca, Costa Atlántica, Orinoquía y Amazonía. Se incluyen actores a lo largo de los eslabones de la cadena de suministro: producción primaria, transformación y comercialización.

Núcleo Cauca

La producción primaria en el Cauca es destinada principalmente para almidón agrio. Sin embargo, también se consume yuca industrial como alimento humano, luego de realizar varios hervores. El cultivo está a cargo de pequeños agricultores incluyendo miembros de grupos indígenas, y se desarrolla en llanos y laderas (Taborda 2018); y presenta una intensificación en el uso de agroquímicos en los últimos años (Corpoica, MADR, Colciencias 2016). Algunos productores se encuentran asociados (p. ej. Asociación de yuqueros del Municipio de Morales Cauca -Asyumor), aunque muchos son independientes. Los productores venden yuca a rallanderías, a través de sistemas de "compañía" o independientemente a intermediarios en las carreteras. En el sistema de compañía, las rallanderías ofrecen compra directa al productor, provisión de herbicidas, asistencia técnica, y promueven fertilización con gallinaza. El sistema de producción de los grupos indígenas se desarrolla a través de mingas, el trabajo colectivo recíproco en las comunidades (Obando 2015). Una de los entrevistados mencionó que existe desconfianza entre los productores indígenas y las pequeñas y medianas rallanderías. Muchas rallanderías cuentan también con sus propios cultivos de yuca, para asegurar insumos y tener mejor control de precios.

La rallanderías transforman las raíces en almidón agrio. En el Cauca, el número de rallanderías ha disminuido de 210 en 1995 a 60 en el 2018 (Agencia de Noticias UN 2018). Esta disminución se explica, en parte, por las presiones ejercidas por la Corporación Autónoma Regional del Cauca, la autoridad ambiental, para el control y manejo de vertimientos de las aguas residuales; y el control sanitario del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) en la fabricación de almidón agrio. Esto representa un ejemplo de cómo las regulaciones ambientales y su cumplimiento pueden incrementar la calidad ambiental de los procesos productivos y generar incentivos para una producción más sostenible, protegiendo el ecosistema y la calidad de los productos para alimentación humana.

Las rallanderías producen en promedio 2 toneladas de almidón agrio al día y solo algunas están asociadas (p. ej. Asociación de Rallanderos del Cauca - Asoraca). Entre las rallanderías más importantes se encuentra Almidones 1A. El almidón agrio del Cauca se vende a panaderías a nivel nacional para la producción de amasijos colombianos. Cada rallandería tiene clientes regulares, aunque el mercado de panadería más grande está en Bogotá, otras ventas importantes también ocurren en el Valle del Cauca y el eje cafetero. También se vende almidón agrio a mayoristas, para su distribución a pequeñas panaderías. Una transacción comercial reciente es el alquiler de espacios de secado al sol de rallanderías no operativas a rallanderías con producción creciente. De los subproductos del almidón agrio, se comercializa el afrecho para la producción de concentrados para alimentación animal. Sin embargo, a nivel nacional, esta comercialización depende del precio del maíz. Cuando el precio del maíz es alto, las empresas de concentrado animal compran afrecho de yuca. Si el precio del maíz es bajo, el afrecho no se vende y por lo general se abandona y descompone en las áreas aledañas a las rallanderías. En el Cauca, la comercialización del afrecho se realiza mayoritariamente en la carretera a familias intermediarias que lo secan para su posterior venta.

Núcleo Costa Atlántica

La producción de yuca en la Costa Atlántica tiene como destino principal el consumo humano. En este núcleo, las tierras son mayoritariamente de propiedad de ganaderos, por lo que la agricultura se desarrolla en tierras arrendadas de forma estacional (una sola vez al año), limitando la inversión en prácticas de tecnificación (p. ej. fertilización, riego). Si los contratos de arrendamiento finalizan y la yuca no es cosechada a tiempo, los dueños de la tierra dejen entrar al ganado a los predios para que se alimenten del cultivo. Los ganaderos de bovinos también cuentan con plantaciones de yuca para ensilaje, para alimentar al ganado en épocas de sequía (Agricultura y Ganadería 2020).

Además de la yuca fresca, en este núcleo hay una creciente producción de yuca industrial, con variedades que se caracterizan por altos rendimientos (25 ton/ha) y que no son aptas para el consumo humano. Dos de los 3 departamentos de mayor producción de yuca industrial se encuentran en este núcleo: Córdoba y Sucre (el tercero es Cauca). Este cultivo requiere por lo menos 10 ha para ser rentable. Sin embargo, en este núcleo la producción se realiza a pequeña escala, en predios de 4 ha en promedio.

En la producción de yuca industrial se destacan los siguientes actores: la Asociación Nacional de Productores y Procesadores de Yuca (ANPPY), la Cooperativa Agroindustrial de Betulia – Sucre (Cooagrobetulia) y dos empresas procesadoras de almidón, ADS e Ingredion. ANPPY, fundada en 1986, es una organización gremial. Sus 20 asociados cultivan en conjunto entre 600 y 1000 ha de yuca anualmente. ANPPY produce fundamentalmente yuca industrial para su venta a ADS e Ingredion, y yuca picada seca para la industria de alimentos balanceados (p.ej. Colanta, Solla, Italcol). Cooagrobetulia también produce yuca picada seca para su venta a Colanta.

ADS es una empresa creada por el Estado que produce almidón dulce y cuenta con una red de productores con quienes firma contratos anticipados. En el 2019, ADS firmó 109 contratos anticipados equivalentes a la producción de 608 ha. Además, esta empresa también forma parte del programa nacional “Coseche y Vende a la Fija” y ha firmado 18 contratos de abastecimiento en conjunto con el banco DAVIVIENDA (Almidones de Sucre 2020). Actualmente la planta de ADS opera 15 días calendario para su producción y los otros 15 días provee el servicio de maquila para Ingredion (Almidones de Sucre 2020). El mercado más grande de ADS es el Grupo Nutresa, a quien en el 2019 le vendió aproximadamente el 59% de su producción. ADS pone a la venta el subproducto afrecho y si no hay compradores, lo regala. Los entrevistados mencionaron que la relación entre los productores de yuca y ADS podría mejorar.

Ingredion es una sucursal de la Corporación Ingredion, una multinacional con sede principal en Estados Unidos, que produce diversos ingredientes para la industria alimentaria, incluyendo almidón dulce de yuca. Ingredion es el mayor proveedor de ingredientes en la industria nacional de alimentos (MADR 2017). Los proveedores principales de almidón de yuca son empresas en Brasil y Paraguay, sin embargo, Ingredion también tiene contratos anticipados con 280 pequeños agricultores (entre 5-10 ha) de yuca industrial en Sucre y Córdoba, a través del proyecto “Sembrando yuca, cultivamos progreso” (Ingredion Colombia 2020). ANPPY también es uno de los proveedores, con contratos anticipados de hasta el 30% del importe final (90% a la germinación y el otro 10% al inicio de la cosecha). De acuerdo con las entrevistas realizadas, los productores de yuca prefieren el programa de Ingredion al de ADS, ya que el precio es fijo y ofrece acompañamiento técnico.

Colanta es una cooperativa de productos lácteos, ubicada en el departamento de Antioquia. Su inclusión en la red de valor de yuca es debido al proyecto “Yuca amarga para una dulce leche”, que utiliza yuca industrial seca y picada producida en el Bajo Cauca y en los departamentos de Córdoba, Sucre y Cesar. La proveeduría se realiza también a través de contratos anticipados con pequeños productores, incluyendo miembros de ANPPY, equivalentes a 1060 ha de yuca de 500 familias campesinas. La yuca picada seca es utilizada para la alimentación del ganado bovino de los productores lecheros de Colanta (Colanta 2020). Este proyecto incluye asistencia técnica, créditos y ventas de insumos para los productores primarios.

En este núcleo también hay producción de yuca para almidón agrio. Este almidón se produce en pequeñas y medianas rallanderías siguiendo el modelo del núcleo Cauca. Este almidón es importante como insumo para pequeñas y medianas empresas de meriendas y alimentos tradicionales (p. ej. diabolín, casabe), lideradas por mujeres.

Núcleo Orinoquía

Este núcleo produce principalmente yuca para alimentación humana, es el principal proveedor de Bogotá y es el núcleo con mayores rendimientos. En esta región hay una apuesta por promover el mercado de yuca fresca para encadenamientos y procesos sostenibles.

En este núcleo uno de los actores principales es Agrícola del Llano (Agrollanos), que cuenta con una de las producciones a mayor escala (300 ha) en Colombia y con una pequeña red de proveeduría (aproximadamente 5%) que incluye pequeños productores en Meta. Los cultivos de Agrollanos son tecnificados, practican fertilización y experimentan con riego por goteo. Agrollanos procesa la yuca en yuca pelada y precocida (croquetas) y comercializa yuca pelada fresca congelada, yuca parafinada (23%) y yuca lavada (10%). Agrollanos abastece a empresas como McCain (antes Congelagro), líder en productos agrícolas congelados en Colombia, con la que mantiene contratos anticipados (Castro Rodríguez 2017); y también abastece restaurantes y supermercados (p. ej. Éxito, Alkosto, Jumbo, Carulla) (Castro Rodríguez 2017).

Núcleo Amazonía

En la Amazonía, la producción es realizada por familias de grupos indígenas en chagras. En este núcleo, el cultivo de yuca se lleva a cabo durante todo el año. En Amazonas las chagras tienen una producción aproximada de 30 kg yuca/día, que incluye hasta 15 variedades distintas. Estas variedades se consideran todas aptas para alimentación humana, sin importar su contenido de cianuro. La yuca es pelada por mujeres en la chagra y es transportada a pie a las casas de las familias para su procesamiento o consumo. Las cáscaras quedan en la parcela para el aprovechamiento de las plantas como compost.

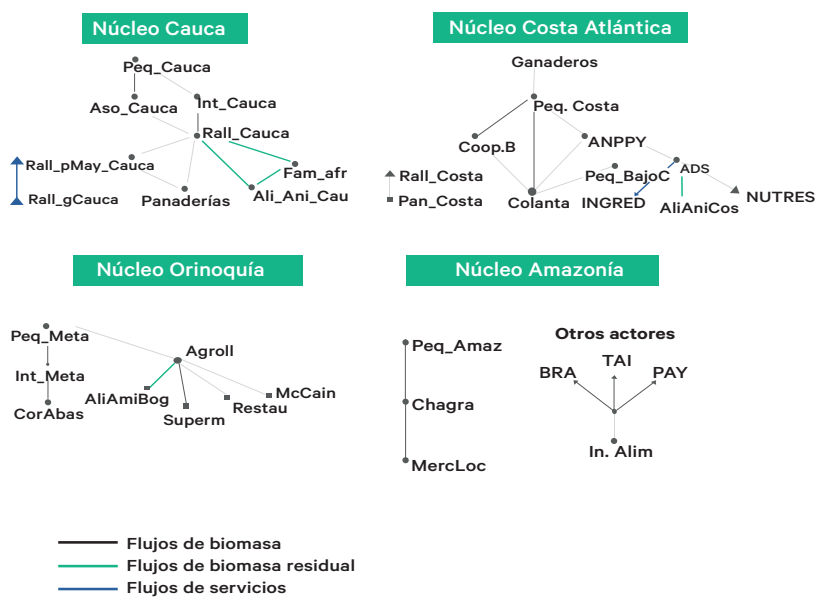
La transformación es para la producción artesanal de almidón agrio, casabe, fariña (harina fermentada), masato y tucupí. Los residuos del procesamiento de almidón, que en otras regiones son un problema ambiental, son aprovechados para el autoconsumo o la comercialización. Actualmente, existe un proyecto piloto de investigación con el Instituto Sinchi y la Universidad del Cauca para la producción de empaques biodegradables en la Amazonía, con el objetivo de disminuir los residuos plásticos.

Otros actores comerciales en la red de valor

Otro de los actores clave es Poltec S.A.S (Poltec), una empresa dedicada a la modificación de almidones para diferentes usos y aplicaciones. Poltec importa 80% del almidón nativo desde Paraguay, Nicaragua o Tailandia, debido a que la oferta nacional es insuficiente (Poltec 2019). Los almidones modificados por Poltec se comercializan para la producción de diversos productos para la industria alimentaria nacional, incluyendo cremas, revestimientos de alimentos, aliños y postres (Rodriguez-Sandoval et al. 2017).

Finalmente, otro actor importante es la Federación Nacional de Productores y Procesadores de Yuca (Fedeyuca), una iniciativa privada de los actores de la cadena para promover el establecimiento de un gremio de productores y procesadores de yuca a nivel nacional.

Figura 3. Vínculos comerciales en la red de valor de la yuca en Colombia



Leyenda

ADS	ADS
AGROLL	Agrollanos
AliAniBog	Ind.Alimentos_balanceadosBOG
AliAniCau	Ind.Alimentos_balanceadosCauca
AliAniCos	Ind.Alimentos_balanceadosCosta
ANPPY	ANPPY
Aso_Cauca	Asociaciones_Cauca
BRA	Brasil
Chagra	Chagras
Colanta	Colanta
Coop.B	Coop.AgroBetulia
CorAbas	Corabastos
CorAbas	Corabastos_Bog
Fam_afr	Familias_afrecho
Ganaderos	Ganaderos_Costa
In.Alim	Ind.Alimentaria
INGRED	Ingredion
Int_Cauca	Intermediarios_Cauca
Int_Mera	Intermediarios_meta
McCAIN	McCAIN
MercLoc	Mercados locales
NUTRES	Nutresa
Pan_Costa	Panaderías_Costa
Panaderías	Panaderías
PAY	Paraguay
Peq_Amaz	Pequeños_productores_Amazonía
Peq_BajoC	Pequeños_productores_BajoCauca
Peq_Cauca	Peq_productores_Cauca
Peq_Costa	Peq_productores_Costa
Peq_Meta	Peq_productores_Meta
Poltec	Poltec
Rall_Cauca	Rallanderías_Cauca
Rall_Costa	Rallanderías_Costa
Rall_gCauca	Rall_grandes_Cauca
Restau	Restaurantes
Superm	Supermercados
TAI	Tailandia

Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Vínculos financieros

Vínculos financieros en la producción primaria

El acceso al crédito para pequeños productores es limitado. La falta de propiedad de la tierra es un impedimento para el acceso a crédito, especialmente cuando no se forma parte de un sistema de proveeduría (p. ej. contratos anticipados, cartas de intención de compra). En el 2017, los que tenían acceso a financiamiento lo obtenían a través de crédito bancario directo (50%), crédito bancario a través de asociaciones (20%) y a través de sistemas de proveeduría (30%) (MADR 2017). De acuerdo con los entrevistados, las instituciones que más proveen crédito a pequeños productores son microfinancieras (p. ej. Crezcamos, Interactuar, Banca Mía). Estas son preferidas frente a otras instituciones como el Banco Agrario, debido a los requisitos menores y los desembolsos rápidos. De los créditos obtenidos a través de asociaciones, se identificó que ANPPY otorga créditos para la obtención de insumos agrícolas a sus asociados.

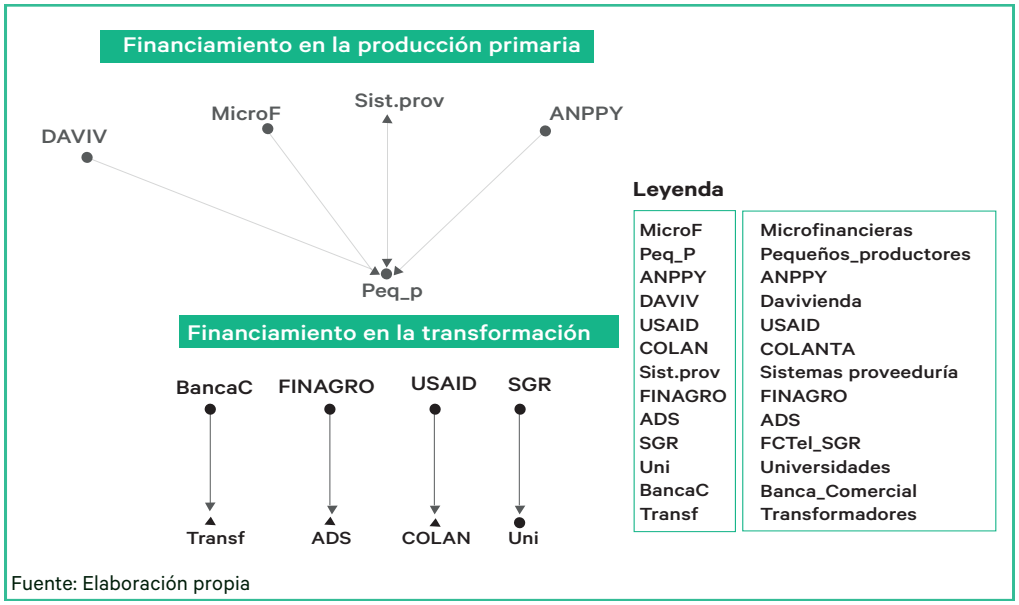
Desde el 2015, los sistemas de proveeduría se realizan con contratos anticipados con productores de yuca industrial y yuca fresca (SIOC 2020). En algunos casos, estos contratos se han utilizado como garantía para el acceso a crédito. Por ejemplo, el programa “Coseche y Venda a la Fija” ha utilizado contratos anticipados como garantía para la obtención de 10 créditos por un total de COP 284 millones con el banco comercial DAVIVIENDA (Finagro 2019). Estos créditos para pequeños y medianos productores tienen tasas efectivas anuales de 6% y 7%, respectivamente, y financiamiento equivalente al 80% de la prima del seguro de riesgos agroclimáticos (MADR 2019).

Vínculos financieros en la transformación

Se identificaron cuatro tipos de financiamiento en el eslabón de transformación, que incluyen inversiones de capital, créditos para maquinaria, fondos de cooperación internacional para proyectos, y financiamiento público para desarrollar nuevos procesos y productos. Se identificó un solo caso de inversiones de capital, a través del fondo de capitales de Finagro, para el establecimiento de ADS. Los créditos para maquinaria fueron destinados a rallanderías, la banca comercial es el principal proveedor de este tipo de crédito, aunque algunas rallanderías medianas sí han logrado acceder a créditos de Finagro, con bajas tasas de interés. Se identificó un solo caso de financiamiento de cooperación internacional, desde la Agencia de Estados Unidos para Desarrollo Internacional (USAID) para el proyecto "Yuca amarga para una dulce leche", en el que ha USAID contribuye con USD 5.3 millones y Colanta aporta USD 38.3 millones (Colanta 2020).

El apoyo de financiamiento público para el desarrollo de nuevos productos y procesos es uno de los motores principales en la red de valor de yuca Colombia, especialmente los fondos del Sistema General de Regalías, a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTeI-SGR). Estos se han utilizado para financiar proyectos de investigación e innovación con universidades públicas e institutos de investigación (p. ej. Universidad del Cauca, Universidad del Valle, Instituto Sinchi). Entre 2010 y 2017 se financiaron 19 proyectos de I+D+i relacionados con yuca, incluyendo desarrollo de productos y generación de nuevas variedades (García Blanco 2020). Un ejemplo es la producción de guantes, bolsas, y platos biodegradables de yuca, desarrollado por la Universidad de Cauca, en convenio con la Gobernación del Cauca y con participación de CLAYUCA (Universidad del Cauca 2018). Otro ejemplo, es la alianza empresa-estado-universidad con Poltec, para el desarrollo de métodos para las aplicaciones de almidones de yuca en diversas industrias. Sin embargo, este financiamiento continúa siendo considerado insuficiente, en particular para involucrar al sector industrial.

Figura 4: Vínculos financieros en la red de valor



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Vínculos de conocimiento

Vínculos de conocimiento en la producción primaria

En Colombia, se encuentra el CIAT, parte de la alianza Consultative Group of International Agricultural Research (CGIAR), que conserva el banco de germoplasma de yuca más grande del mundo y gestiona el Centro de Operaciones del Genoma de Yuca. En Colombia, el socio principal del CIAT para el

programa de yuca es Agrosavia. CIAT desarrolla variedades nutritivas, resistentes a plagas y enfermedades o con propiedades específicas para procesos industriales. Agrosavia se encarga de liberar estas nuevas variedades al mercado cada dos o tres años, facilitando el acceso a los agricultores, a través de las Secretarías de Agricultura, las Umatas, y otras entidades. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de Agrosavia, la utilización de estas variedades mejoradas e inocuas por parte de los agricultores aún es insuficiente. El Instituto Sinchi también ha trabajado con CIAT, en la identificación de variedades de la Amazonía, encontrando 160 genotipos cultivados, la mayoría nuevos para el germoplasma del CIAT (Peña-Venegas et al. 2014). El acceso al conocimiento y a la asesoría de expertos del CIAT es considerado limitado.

Los agricultores pueden acceder a asistencia técnica a través de Entidades Prestadoras del Servicio Público de Extensión Agropecuaria (EPSEAs), y a través de las redes de proveeduría. Las EPSEAs son contratadas por la Agencia de Desarrollo Rural a través de los gobiernos locales. Sin embargo, la cadena de la yuca ha recibido limitados servicios de asistencia técnica de los proveedores existentes (Corpoica, MADR, Colciencias 2016).

Vínculos de Conocimiento en la transformación

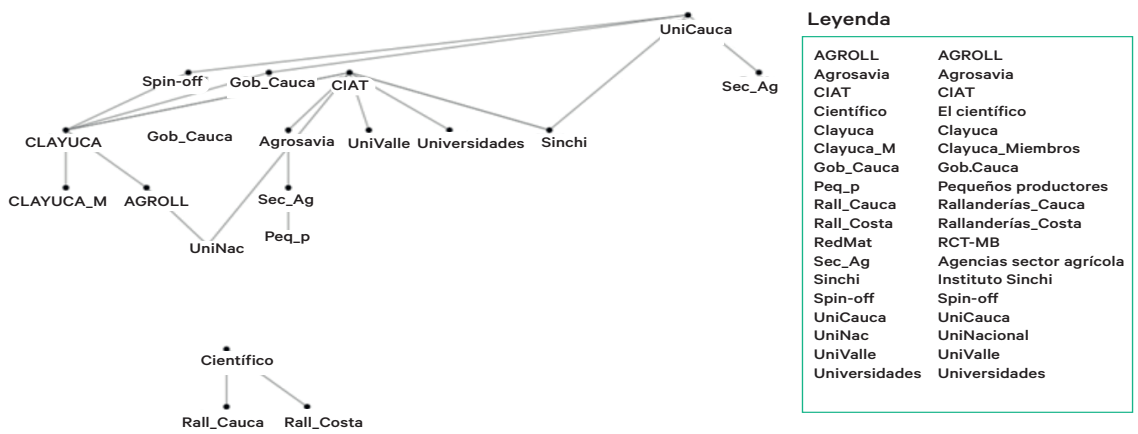
En la producción de almidón agrio, el conocimiento para desarrollo de maquinarias y procesos es limitado y se desarrolla a través de un sistema de prueba y error. Las maquinarias industriales para la producción de almidón dulce no son aplicables al almidón agrio, ya que operan a temperaturas muy altas y afectarían el proceso de fermentación. El actor más importante de conocimiento para las rallanderías es una persona del Cauca llamado “el científico”, cuyas maquinarias son utilizadas tanto en el Cauca, como en la Costa Atlántica. El conocimiento de “el científico” proviene de internet y YouTube, basado en los desarrollos de la industria de Brasil y Tailandia. El CIAT también trabaja en el mejoramiento de procesos tecnológicos para la extracción de almidón agrio, principalmente, para reducir el consumo de agua y energía, minimizando costos de producción y controlando la calidad de expansión del almidón agrio. Eso se desarrolla a través de proyectos de investigación con universidades locales (p. ej. Universidad Nacional sede Palmira, Universidad del Valle).

En alimentación animal, los actores de conocimiento destacados fueron Agrollanos y CLAYUCA. Agrollanos está desarrollando un yogur para alimentación de ganado porcino con raíces y subproductos de yuca fresca (ripios). Este producto aún es un piloto y contó con asesoría del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) de Cuba, la Universidad Nacional, y CLAYUCA. CLAYUCA, también resalta por su rol en innovación y desarrollo de nuevas líneas de producción, en particular para harina de yuca y de yogur de yuca para consumo animal, y los intercambios entre empresas colombianas y del Caribe.

En cuanto a aplicaciones industriales más allá de la industria de alimentos, los entrevistados destacaron el rol de la Universidad del Cauca para el desarrollo de bioplásticos. Esta universidad ha desarrollado plásticos biodegradables a base de harina, almidón y afrecho de yuca. Además, en conjunto con la Gobernación del Cauca y CLAYUCA, ha establecido la empresa de base tecnológica (EBT), o *spin-off,* Bioempaques (Universidad del Cauca 2020). La Universidad del Cauca también trabaja con el Instituto Sinchi para transferir conocimiento y tecnología al sector industrial para utilizar las raíces y el bagazo de yuca en la producción de empaques semirrígidos; y en investigación sobre variedades de yuca amazónica. Esta universidad también lidera la Red de Cooperación Tecnológica para el Desarrollo de Materiales Biodegradables (RCT-MB).

Diversas universidades también participan en el desarrollo de conocimientos para la transformación en la red de valor, especialmente aquellas que reciben financiamiento del FCTeI-SGR. La Universidad de Sucre fue resaltada por sus esfuerzos en desarrollar productos para alimentación humana (p. ej. diabolines, panes, suplementos alimenticios) y por realizar transferencia tecnológica a pequeños y medianos productores. La Universidad de Antioquia, por su rol en el desarrollo de bioetanol de yuca y también de alimento animal de hoja de yuca. Otras universidades mencionadas por los entrevistados incluyen la Universidad del Quindío (productos de alimentación humana) y la Universidad de La Salle (procesos de transformación).

Figura 2. Red de valor de la biomasa de yuca en Colombia



Fuente: Elaboración propia

5. Oportunidades y desafíos de sostenibilidad para la bioeconomía en la red de valor de la yuca

Con el fin de garantizar coherencia con el concepto de una bioeconomía sostenible, se identifican oportunidades y desafíos en la red de valor de la yuca en Colombia.

5.1. Oportunidades y desafíos en los vínculos comerciales o de mercado

Una de las oportunidades comerciales es la demanda insatisfecha de almidón de yuca, evidenciada por la importación para la industria alimentaria. Los almidones son mercados especializados, lo que podría garantizar mejores precios para los productores (MADR 2017). Para satisfacer esta demanda, es necesario mejorar la productividad del cultivo de yuca industrial y competir con el almidón importado de Tailandia y Paraguay. Sin embargo, el incremento de la producción nacional de almidón deberá ser planificado a nivel territorial, considerando el potencial impacto en los cuerpos de agua aledaños a los centros de producción, debido a la alta demanda de agua de esta industria.

Otra oportunidad para incrementar la demanda nacional de biomasa de yuca es a través de compras del Estado. Actualmente, los Programas de Alimentación Escolar (PAE) funcionan principalmente con harina de trigo importada. Estos programas podrían, por ejemplo, reemplazar hasta el 15% de harina de trigo importada por harina de yuca producida a nivel nacional, incentivando los circuitos cortos de comercialización y beneficiando a productores nacionales. Además, la producción de harina no requiere tanta agua como el almidón. CLAYUCA ha desarrollado un proceso tecnológico para producción de harina de yuca para consumo humano que podría usarse en plantas rurales, manejadas por comunidades de productores y articuladas con programas de alimentación escolar. Sin embargo, esta oportunidad también está limitada actualmente por los altos costos de la yuca nacional.

También hay potencial de mercado en la industria colombiana de alimento animal. La industria de alimentos balanceados usa maíz, soya, y sorgo principalmente de origen importado. En el 2020 esta industria importó 8.1 millones de toneladas, incluyendo maíz (68%) y torta de soya (19%) (ANDI 2020). La importancia de la importación de estos insumos se refleja en la suspensión temporal de aranceles a las importaciones de estos productos en el 2020, con el fin de reducir los costos del sector agropecuario (Reuters staff 2020). Estas importaciones podrían ser reemplazadas por insumos locales de biomasa de yuca. Esta industria utiliza raíz de yuca seca picada, un producto de baja tecnología, desarrollado por pequeños agricultores, pero podría utilizar también residuos de cosecha (e.g. hojas y tallos), y subproductos de la industria del almidón (i.e. afrecho) y de los productos de valor agregado en base a yuca fresca (i.e. puntas de raíces, cáscaras).

La industria de bioplásticos también podría ser un nuevo mercado, si se cumplen las actuales proyecciones de crecimiento. La Universidad del Cauca cuenta ya con diversas patentes para la producción de bioplásticos con insumos de yuca. Sin embargo, aún es necesario desarrollar productos a nivel comercial con empresas locales. Por ahora, el precio de la yuca nacional (raíz) no es competitivo frente a otras fuentes de biomasa nacional o comparado con los insumos importados (almidón de yuca), por lo que también será importante incluir subproductos o enfocarse en aquella producción que actualmente se pierde. La tendencia mundial a restringir el mercado de plástico de origen fósil es una oportunidad para incentivar la industria de bioplásticos en Colombia. Las iniciativas legislativas que respalden esta tendencia podrían incluir la promoción del uso de biomasa nacional y de productos generados por pequeños productores, como la yuca.

Varias de las oportunidades mencionadas están dirigidas a la producción de yuca industrial, que requiere mayor capital humano que la producción de yuca fresca, tanto en número de jornales en la producción primaria, como en la transformación. Sin embargo, a fin de contribuir a una bioeconomía inclusiva es importante identificar quiénes estarían aptos para participar en estas cadenas de proveeduría industrial, considerando inequidades existentes relacionadas con acceso a carreteras que permita transportar la biomasa desde las parcelas de producción hacia las industrias.

5.2. Oportunidades y desafíos en los vínculos financieros

Uno de los desafíos es el acceso limitado al crédito de los pequeños productores de yuca, que limita inversiones para incrementar productividad. Esta situación responde, en parte, a los altos niveles de arrendamiento de tierras, especialmente en la Costa Atlántica. El acceso a crédito, aun trabajando en tierras arrendadas, podría solucionarse en parte a través del desarrollo de cadenas de proveeduría, cuyos contratos funcionen como garantía. Se espera que los actuales desarrollos para el establecimiento de un gremio, como FEDEYUCA y de la formalización de cadena productiva por parte del MADR, brinden apoyo institucional a los productores para ampliar el acceso a crédito.

También se identificó acceso limitado a crédito o financiamiento en la transformación, sobre todo para pequeñas y medianas empresas. La mayoría de estas empresas trabajan con la banca comercial, con pocas referencias a programas o incentivos desarrollados por el Estado. Este tipo de incentivos o programas podría incrementar su acceso a financiamiento, esencial para incluir procesos de producción más eficientes y ambientalmente sostenibles, como las inversiones en

plantas de producción eficientes en uso de agua (de 10 y 20 m3 por tonelada de almidón) o en PTAR.

5.3. Oportunidades y desafíos en los vínculos de conocimiento

Uno de los desafíos más importantes para el desarrollo de una red de valor de yuca para la bioeconomía en Colombia es la baja tecnificación del cultivo, de baja productividad y altos costos de transacción por la presencia de intermediarios. Por ello, es necesario incrementar la asistencia técnica o extensión agropecuaria, incluyendo para el incremento en el uso de semillas mejoradas, incentivar prácticas de mecanización y fertilización, y promover un uso sostenible de herbicidas.

Además, es necesario asegurar que la mayor demanda de yuca no perjudicará la biodiversidad. Varios de los núcleos de producción más importante de yuca industrial se encuentran aledaños a ecosistemas importantes, como el bosque seco tropical en Costa Atlántica y el bosque andino en Cauca. Si se desea promover a la yuca como un cultivo respetuoso de la biodiversidad, es necesario articular a las autoridades ambientales regionales y el sector agropecuario para asegurar que se tenga en cuenta la vocación del suelo, el tipo de ecosistema en donde se siembra, y las proyecciones de cambio climático.

Desde la bioeconomía, se propone una transición desde plantas para producción de productos específicos hacia plantas tipo biorrefinerías, en las cuales se maximiza el uso de la biomasa. Las biorrefinerías se caracterizan por la generación de energía acoplada, una combinación de procesos mecánicos y termoquímicos, y el uso de diferentes materiales incluyendo residuos (Hingsamer and Jungmeier 2019). Esta podría ser una opción para la yuca en Colombia, en particular si se diseñan para maximizar el uso de residuos. Sin embargo, las biorrefinerías de yuca existentes se han propuesto tomando en cuenta producciones centrales de almidón y etanol. La producción de bioetanol de yuca no ha sido exitosa en Colombia y las 6 plantas de bioetanol que existen actualmente en el país son todas de caña de azúcar. La investigación sobre la viabilidad de biorrefinerías para la yuca en el contexto colombiano será clave para desarrollar una bioeconomía alrededor de este cultivo.

6. Temas clave para incrementar el rol de la yuca en la bioeconomía emergente de Colombia

La aplicación de la red de valor y del mapeo de actores muestra que el potencial de la yuca en la bioeconomía de Colombia podría ser alto y cuenta con algunos mercados emergentes en los que se podría desarrollar este potencial. Sin embargo, la productividad promedio del cultivo en Colombia está por debajo de los países líderes en producción y exportación como Tailandia, Brasil y Paraguay. Esta baja producción se explica, parcialmente, por la situación de la propiedad de la tierra, la limitada tecnificación del cultivo y la poca articulación comercial. Desde lo industrial, actualmente existe un déficit de producción en la industria nacional de almidón que es cubierto por importaciones. A fin de desarrollar el potencial, se presentan temas clave que podrían representar el inicio de una hoja de ruta para incrementar el rol de la yuca en la bioeconomía emergente en Colombia:

- Explorar las diversas oportunidades de mercado para la biomasa más allá de la raíz de yuca. Es necesario enfocarse en poder consumir o transformar la raíz de yuca dentro de las primeras 48 horas postcosecha, para reducir el riesgo de perecibilidad. Para la yuca amarga, se identificó

en el mercado de almidón una de las principales demandas insatisfechas; sin embargo, la competencia por parte del almidón de yuca importado representa un gran reto en términos de precios. Otra oportunidad está en el mercado para biomateriales como bioplásticos. Sin embargo, esta industria está aún en desarrollo en Colombia y enfrenta competencia con otros almidones. En alimentación humana, las compras del Estado de productos como la harina de yuca para programas de alimentación escolar podrían contribuir a incrementar la demanda nacional. En las industrias de alimentos balanceados y biomateriales hay posibilidades de utilizar biomasa de yuca que actualmente no es aprovechada, como residuos de cosecha y residuos agroindustriales.

- Desarrollar cadenas de proveeduría inclusivas para contrarrestar la poca inversión en el cultivo. La poca tecnificación del cultivo es uno de los principales retos de la yuca en Colombia. Esto podría contrarrestarse, en parte, a través de cadenas de suministro con pequeños productores, incluyendo arrendatarios de tierras, y se deberán considerar las restricciones actuales de acceso a carreteras para el transporte de la biomasa. Estas cadenas podrían incluir mecanismos para incrementar el acceso a crédito para inversiones en tecnificación. Estas cadenas de suministro podrían servir de plataforma para mejorar las relaciones entre los pequeños agricultores y los transformadores, y reducir los costos de transacción. El reconocimiento de la yuca como una cadena productiva por parte del MADR y del gremio en formación de FEDEYUCA jugaría un rol significativo en establecer estas cadenas.
- Promover la yuca como parte de una bioeconomía sostenible para dar solución a los impactos ambientales de su producción y transformación. En este estudio, dos temas fueron mencionados repetidamente por los entrevistados en cuanto a impactos ambientales: el incremento poco controlado del uso de herbicidas y la erosión de suelos de los cultivos en ladera. Estos impactos deben ser abordados como parte de una producción de bioeconomía sostenible. En la transformación, la industria del almidón agrio, además de ser intensiva en uso de agua, genera aguas residuales con contenidos de cianuro que sin tratamiento apropiado puede tener un impacto negativo en las fuentes de agua. Para asegurar su sostenibilidad, desde la bioeconomía se deberán incluir incentivos para contar con PTAR, incluyendo regulaciones ambientales y el monitoreo de su cumplimiento por parte de las autoridades a nivel territorial. Además, la economía circular, también parte de la bioeconomía sostenible, puede ser una estrategia para reducir la generación de residuos, tanto de la producción primaria y como de la transformación.
- Tecnificar la producción agrícola asegurando su sostenibilidad. Una de las prioridades para asegurar un rol para la yuca en la bioeconomía de Colombia es garantizar el uso de variedades mejoradas con alta calidad genética y fitosanitaria. Si bien el rol del CIAT y Agrosavia es reconocido por los actores, también se ha resaltado que los esfuerzos por hacer llegar estas variedades a los productores son insuficientes. Es necesario incentivar también prácticas agrícolas sostenibles, ampliando servicios de asistencia técnica que incrementen la productividad, manteniendo la biodiversidad y las calidades del suelo y el agua. Estas prácticas incluyen fertilización y uso sostenible de herbicidas, así como incluir las proyecciones de cambio climático que afectarán las áreas aptas para el cultivo, así como la incidencia de plagas.
- Generar más incentivos para la innovación y su integración a nivel comercial. Se ha reconocido el apoyo en investigación para desarrollar productos nuevos de yuca. Sin embargo, también se ha identificado la necesidad de contar con mayores incentivos para involucrar al sector privado y lograr la comercialización de dichos productos. Sugerencias para incentivar mayor innovación incluyen: exoneración de impuestos a empresas de productos de alto valor agregado; uso del sistema general de regalías para la conformación de *startups* o *spin-offs;*

y ampliar la oferta de crédito para pequeñas y medianas empresas que quieran invertir en mejorar su maquinaria o en desarrollar procesos de producción más sostenible.

7. Siguientes pasos de investigación

Para proponer recomendaciones específicas sobre los temas clave a nivel territorial, se sugiere desarrollar las siguientes investigaciones adicionales por núcleos de producción o a nivel departamental:

- Desarrollar investigaciones sobre los mercados potenciales a nivel territorial: (a) Desde las compras públicas, se ha identificado a los PAE como herramientas de sostenibilidad para la agricultura a nivel territorial (Zuleta 2016). Para incrementar la demanda de productos de yuca dentro de los PAE, se deben desarrollar estudios que identifiquen por qué no ha habido mayores compras de estos productos en los grupos de alimentos derivados de cereal o de cereal acompañante. Esto, a pesar de que se cultiva yuca en todos los departamentos a nivel nacional y que desde el 2014 son los entes territoriales los que seleccionan y contratan los suministros dependiendo de la disponibilidad a nivel regional (MinEducación 2014). Estas investigaciones podrían incluir además evaluaciones sobre los programas de alimentación escolar en Brasil, Paraguay y Nigeria, que incluyen yuca en estos programas como uno de los incentivos de política. Estas evaluaciones deberían incluir no sólo elementos de mercado, sino también temas relacionados con los objetivos de bioeconomía, como impactos en empleos e ingresos a pequeños agricultores, y en la reducción de importaciones de harina de maíz y trigo. (b) Investigar el potencial de la yuca en la industria de alimentos balanceados a nivel territorial, en particular para el aprovechamiento integral del recurso (raíces, hojas y tallos). Esto incluiría las experiencias de ensilaje y yogur; así como el potencial impacto en la reducción gradual de importaciones de insumos y su reemplazo por productos derivados de yuca nacional. Se recomienda desarrollar este potencial a nivel territorial haciendo un mapeo de actores más detallado a nivel de núcleo para maximizar el uso de circuitos cortos de comercialización. (c) Dentro de un contexto territorial, evaluar el potencial de la yuca y sus derivados para la producción de bioplásticos en el marco del nuevo proyecto de ley que prohíbe los plásticos de un solo uso y regula su sustitución gradual por alternativas biodegradables. En particular, cómo abordar el mayor precio de los productos biodegradables en el contexto colombiano que puede llegar a ser hasta dos o tres veces mayor que los productos de plásticos fósiles, y teniendo en cuenta las industrias de reciclaje y plásticos existentes a nivel local (Hernández Parada 2019).
- Investigar el impacto de las cadenas de proveeduría existentes en términos de inclusión de pequeños productores y de inversión en tecnificación a nivel territorial.
- Desarrollar criterios de priorización para identificar recursos a desarrollar dentro de las bioeconomías a nivel territorial. Esta priorización deberá incluir aspectos ambientales que garanticen la producción y transformación sostenible, incluyendo potencial de economías circulares, así como uso de agua y tierras.
- Desarrollar una evaluación crítica de los Planes Departamentales de Extensión Agropecuaria (PDEA). Esta evaluación deberá incluir criterios de productividad, sostenibilidad y de fortalecimiento de capacidades de los productores en los PDEAs, vigentes desde el 2020, que incluyen la yuca como cultivo prioritario. Esta evaluación incorporaría el análisis de las soluciones propuestas para dar fin a los problemas existentes, incluyendo incrementar el uso de semillas mejoradas, el manejo fitosanitario adecuado del cultivo y la incorporación de los enfoques de agricultura sostenible y climáticamente inteligente.

- Identificar si existen incentivos específicos asociados con la innovación para generar productos derivados de yuca o en otros productos de la agro diversidad colombiana, en particular aquellos productos o procesos de alto valor agregado.

8. Conclusiones

La yuca tiene potencial de desarrollo en diversas industrias en la bioeconomía de Colombia con posibilidades de beneficiar a un gran sector de pequeños productores. Sin embargo, estas oportunidades no podrán concretarse si persisten los niveles actuales de baja productividad en la producción primaria que limitan la competitividad del cultivo. El incremento en productividad deberá generarse sin ampliar la frontera agrícola, con prácticas sostenibles, sin descuidar el impacto en el agua y priorizando la asistencia técnica a pequeños productores. El rol del gremio y la cadena productiva puede ser fundamental para la transferencia de conocimientos entre los actores de la red de valor. Una de las claves para el desarrollo de la yuca dentro del marco de bioeconomía será el desarrollo de productos en base a residuos de yuca (agrícolas y agroindustriales). Para ello, se deberán explorar posibilidades de desarrollo de biorrefinerías en base a este tipo de productos.

Es probable que el caso de la yuca, con potencial, pero también con retos significativos, sea similar al de otros biorecursos que podrían contribuir al desarrollo de la bioeconomía en Colombia. La aplicación de los enfoques de la red de valor y mapeo de los actores en esta red ofrece un modelo de cómo Colombia podría organizar evaluaciones rápidas del potencial de los componentes de su riqueza biológica. Esto permitiría avanzar hacia una visión de bioeconomía a nivel nacional, que priorice una economía basada más en recursos renovables que en la extracción de recursos no-renovables.

Anexo I

ENTREVISTADOS	ENTIDAD	ROL CADENA
Javier Sánchez	Almidones 1A	Industria
Lili Sofía Mendoza	FEDEYUCA	Industria
Victor Hugo Hernández	Compañía Poltec SAS	Industria
Elías Rico	Agrollanos	Industria
Guy Henry	CIRAD LA	Investigación
Elvia Rosero & Olga Perez	Agrosavia	Investigación
Clara Peña	Instituto Sinchi	Investigación
Hector Villada y Juan Manuel Duque	Universidad del Cauca	Investigación
Thierry Tran	CIAT- CIRAD	Investigación
Jairo Salcedo	Universidad del Sucre	Investigación
Tatiana Díaz	ANPPY	Productores primarios
Bernardo Ospina	Corporación CLAYUCA	Transferencia de tecnología
Jenny Parra	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Institución rectora

Referencias

Agencia de Noticias UN (2018). Desarrollo rural: Almidón de yuca, otra víctima del conflicto. Universidad Nacional de Colombia, 31 August. https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/almidon-de-yuca-otra-victima-del-conflicto.html

Agricultura y Ganadería (2020). Conozca los beneficios del ensilaje de yuca. 28 May. https://www.agriculturayganaderia.com/website/conozca-los-beneficios-del-ensilaje-de-yuca/

Alcázar-Alay, S. C. and Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. Food Science and Technology (Campinas), 35(2). 215–36. DOI: 10.1590/1678-457X.6749

Almidones de Sucre (2020). Informe de Gestión 2019.

ANDI (2020). Industria de alimentos balanceados. Asociación Nacional de Industrias. http://www.andi.com.co/Home/Camara/17-industria-de-alimentos-balanceados

Aristizábal, J., Sánchez Autoras, T. and Mejía Lorío, D. (2007). Guía técnica para la producción y análisis del almidón de Yuca. FAO. http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm

Bernal Bustos, C. R., Guarnizo Sánchez, J. P. P., Guevara, A., Suarez, D., Lozano, N. and Castillo, S. (2017). Propiedades, modificaciones y usos de los almidones, con miras a la obtención de películas biodegradables. Artículo de revisión. Revista de Investigación, 10(2). 135–52. DOI: 10.29097/2011-639X.87

Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K. and Sriroth, K. (2009). Tapioca/Cassava Starch. In Starch. Elsevier. 541–68. DOI: 10.1016/B978-0-12-746275-2.00012-4

Canales, N., Gómez Gonzáles, J., Fielding, M. and Dugarte, M. (2020). Potencial de La Quinua En La Bioeconomía de Bolivia. Stockholm Environment Insitute, Stockholm Sweden. https://www.sei.org/wp-content/uploads/2020/04/200331ortiz-canales-quinoa-bolivia-wp-spanishvf.pdf

Castro Rodríguez, R. S. (2017). Reestructuración técnico administrativa de la empresa AGROLLANOS Agrícola del Llano Ltda.

CIAT (2019). Qué hacemos: Yuca. CIAT. https://ciat.cgiar.org/lo-que-hacemos/mejoramiento-de-cultivos/yuca/?lang=es

Colanta (2020). Boletín de Prensa: Informe de gestión 2019. https://colanta.com/corporativo/wp-content/uploads/2020/08/informe-de-gestion-2019-colanta.pdf

Consejo Nacional de Política Económica y Social (2018). Política de Crecimiento Verde. CONPES 3934. https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/CONPES%203934%20-%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde.pdf

Corpoica, MADR, Colciencias (2016). Plan estratégico de ciencia, tecnología e innovación del sector agropecuario colombiano cadena de la yuca y su industria. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1395/109458_67501.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Diaz, D. (2019). CODIPSA. Club de Ejecutivos, 21 May. https://www.clubdeejecutivos.org.py/revista/codipsa#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20total%20de%20mandioca,con%203%20millones%20de%20toneladas.&text=El%2060%25%20de%20las%20exportaciones,tecnolog%C3%ADa%20europea%20en%20toda%20Sudam%C3%A9rica.

Ellis, R. P., Cochrane, M. P., Dale, M. F. B., Duffus, C. M., Lynn, A., Morrison, I. M., Prentice, R. D. M., Swanston, J. S. and Tiller, S. A. (1998). Starch production and industrial use. Journal of the Science of Food and Agriculture, 77(3). 289–311. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(199807)77:3<289::AID-JSFA38>3.0.CO;2-D

Enciso Rodríguez, M. A., Vera de Silveira, C., Villalba González, M., Vega Britez, G. D. and Silveia da Silveira, G. (2014). Rentabilidad económica de la producción de mandioca en la colonia Santa Clara, distrito de Pedro Juan Caballero – PY. Presented at the 2do Seminario Internacional de Integracao e Desenvolvimiento Regional, Mato Grosso do Sul.

European Bioplastics (2020). Bioplastics market data 2019: Global production capacities of bioplastics 2019-2024. European Bioplastics, Berlin. https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/Report_Bioplastics_Market_Data_2019.pdf

FAO (2020). FAOSTAT - Cassava. http://www.fao.org/faostat/en/#search/cassava

Felipe, F. I. (2019). Production and consumption of cassava starch in Brazil. 7 August. https://www.cepea.esalq.usp.br/en/opinion/production-and-consumption-of-cassava-starch-in-brazil.aspx

Felipe, F. I. (2020). COVID-19 Crisis affects cassava sector in different ways. 17 August. https://www.cepea.esalq.usp.br/en/opinion/covid-19-crisis-affects-cassava-sector-in-different-ways.aspx

Finagro (2019). Banca privada se une a la estrategia Coseche y Venda a la Fija de Minagricultura. Finagro, 25 June. https://www.finagro.com.co/noticias/banca-privada-se-une-la-estrategia-coseche-y-venda-la-fija-de-minagricultura

Gao, S., Song, W. and Guo, M. (2020). The integral role of bioproducts in the growing bioeconomy. Industrial Biotechnology, 16(1). 13–25. DOI: 10.1089/ind.2019.0033

García Blanco, S. M. (2020). Información proyectos de I+D+i: Caso de estudio yuca. , Bogotá, Colombia.

GBS & IACGB (2020). Expanding the sustainable bioeconomy – vision and way forward. Communiqué of the Global Bioeconomy Summit 2020. Global Bioeconomy Summit & International Advisory Council on Global Bioeconomy, Berlin. https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020_IACGB-Communique.pdf

Global Bioeconomy Summit (2018). Global Bioeconomy Summit Communiqué. https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf

Gobierno de Colombia (2020). Bioeconomía para una Colombia potencia viva y diversa: Hacia una sociedad impulsada por el conocimiento.

Hernández Parada, F. (2019). Colombia erradicaría plástico de un solo uso en 2030 ¿utopía o realidad? UN Periódico Digital, 18 March. Palmira. https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/colombia-erradicaria-plastico-de-un-solo-uso-en-2030-utopia-o-realidad/

Henry, G. and Hodson, E. (2019). La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Hingsamer, M. and Jungmeier, G. (2019). Biorefineries. In The Role of Bioenergy in the Bioeconomy. Elsevier. 179–222. DOI: 10.1016/B978-0-12-813056-8.00005-4

Ikuemonisan, E. S., Mafimisebi, T. E., Ajibefun, I. and Adenegan, K. (2020). Cassava production in Nigeria: trends, instability and decomposition analysis (1970–2018). Heliyon, 6(10). e05089. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05089

Infonegocios (2019). Mandioca: 70% de lo producido queda en las fincas, lo restante se comercializa en el mercado interno (180.000 hectáreas de cultivo). Infonegocios, 7 June. Paraguay. https://infonegocios.com.py/nota-principal/mandioca-70-de-lo-producido-queda-en-las-fincas-lo-restante-se-comercializa-en-el-mercado-interno-180-000-hectareas-de-cultivo

Ingredion (2019). Tapioca starches high performance, clean taste and texture. October. https://www.ingredion.us/Ingredients/foodbeverage/tapioca.html

Ingredion Colombia (2020). Ingredion Colombia es reconocida por la ANDI como una empresa INspiradora 2020. https://www.ingredion.co/ConoceIngredion/Blog/EmpresaINspiradora.html

Integrated Cassava Project (2005). Cassava starch in paper, textile and adhesives industries. Integrated Cassava Project. http://www.cassavabiz.org/postharvest/starch01.htm

Lane, J. (2017). Thailand announces $11.3BN 10-year plan to build sugarcane and cassava bioeconomy. Renewable Energy World, 27 January. https://www.renewableenergyworld.com/2017/01/27/thailand-announces-11-3bn-10-year-plan-to-build-sugarcane-and-cassava-bioeconomy/

Legiscomex (2020). Estadísticas de comercio exterior. Legiscomex. https://www.legiscomex.com/#SSO-LC-91

Lopattananon, N., Thongpin, C. and Sombatsompop, N. (2012). Bioplastics from blends of cassava and rice flours: the effect of blend composition. International Polymer Processing, 27(3). 334–40. DOI: 10.3139/217.2532

Lundvall, B.-Å. (2010). National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning. This ed. 1. publ. The Anthem other canon series. Anthem Press, London.

MADR (2014). Acuerdo de competitividad de la cadena agroindustrial de la yuca en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Normatividad/D.C.%202014%20Noviembre%20-%20Acuerdo%20de%20competitividad.pdf

MADR (2017). Documento clúster de tubérculos en los departamentos de Bolívar, Córdoba y Sucre para las líneas productivas de ñame, yuca y batata. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A890-DOCUMENTO%20CLUSTER%20TUBE%cc%81RCULOS%20UV.docx

MADR (2019). Coseche, Venda a la Fija. https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/Coseche-venda-a-la-fija.aspx

Markets and Markets (2020). Gluten-free products market by type (bakery products, snacks & rte products, condiments & dressings, pizzas & pastas), distribution channel (conventional stores, specialty stores and drugstores & pharmacies), form & region - Global Forecast to 2025. Market Research Reports, September. https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/gluten-free-products-market-738.html

MinEducación (2014). Programa de alimentación escolar. https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-235135.html

Misión Internacional de Sabios (2019). Informe de la Misión Internacional de Sabios 2019 por la educación, la ciencia, la tecnología y la innovación. Versión Preliminar. Misión Internacional de Sabios. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/191205_informe_mision_de_sabios_2019_vpreliminar.pdf

Obando Obando, J. C. (2015). La minga un instrumento vivo para el desarrollo comunitario. Revista de Sociología, IV. https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revsoci/article/view/3520

Oladunmoye, O. O., Aworh, O. C., Maziya- Dixon, B., Erukainure, O. L. and Elemo, G. N. (2014). Chemical and functional properties of cassava starch, durum wheat semolina flour, and their blends. Food Science & Nutrition, 2(2). 132–38. DOI: 10.1002/fsn3.83

Parra, J. (2019). Cifras sectoriales: Subsector productivo de la yuca. https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2019-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

Parra, J. (2020a). Cifras sectoriales: Subsector productivo de la yuca (30 junio 2020). https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20Yuca.pdf

Parra, J. (2020b). Cifras Sectoriales: Subsector productivo de la yuca (al 31 diciembre 2020). , Bogotá, Colombia. https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/2020-12-31%20Cifras%20Sectoriales%20yuca.pdf

Peña-Venegas, C., Stomph, T., Verschoor, G., Lopez-Lavalle, L. and Struik, P. (2014). Differences in mandioc diversity among five ethnic groups of the Colombian amazon. Diversity, 6(4). 792–826. DOI: 10.3390/d6040792

PNUMA & WRI (2018). Límites legales de los productos de plástico desechables y los microplásticos: Examen a escala mundial de las leyes y los reglamentos nacionales. United Nations Environment Programme. https://www.unenvironment.org/resources/report/legal-limits-single-use-plastics-and-microplastics

Poku, A.-G., Birner, R. and 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. 134–47. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.290

Poltec (2019). Guía completa: beneficios del almidón de yuca y cómo reconocer su calidad. https://www.poltecsas.com/post/gu%C3%ADa-completa-beneficios-del-almid%C3%B3n-de-yuca-y-c%C3%B3mo-reconocer-su-calidad

Reuters staff (2020). Colombia suspende aranceles a importaciones de maíz, sorgo y soya. Reuters: Noticias de Negocios. https://lta.reuters.com/article/alimentos-colombia-aranceles-idLTAKCN21R35U

Rodriguez-Sandoval, E., Otálvaro-Arenas, J. A. and Hernandez, V. (2017). Bread quality of flours substituted with modified cassava starches: Modified cassava starches in composite breads. Starch - Stärke, 69(5–6). 1600253. DOI: 10.1002/star.201600253

Saardchom, N. (2017). Bioeconomy as a new S-curve for Thai economy. Agricultural Economics (Zemědělská Ekonomika), 63(No. 9). 430–39. DOI: 10.17221/78/2016-AGRICECON

Scheiterle, L., Ulmer, A., Birner, R. and 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. 3851–63. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.05.150

Schiffer, E. (2007). Net-map toolbox: Influence mapping of social networks. CGIAR Challenge Program on Water and Food. https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/17063

SIOC (2020). SIOC-Cifras sectoriales. November. https://sioc.minagricultura.gov.co/Yuca/Documentos/Forms/AllItems.aspx

Taborda Andrade, L. A. (2018). Determinación y Análisis integral de impactos de la agroindustria rural de almidón de yuca en cauca colombia. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Doctorado

TechNavio (2017). Global Gluten-Free Bakery Market 2017-2021. https://www.technavio.com/report/global-gluten-free-bakery-market

Universidad del Cauca (2018). Unicauca obtiene dos nuevas patentes para empaque y guantes biodegradables. https://www.unicauca.edu.co/versionP/noticias/investigaci%C3%B3n/unicauca-obtiene-dos-nuevas-patentes-para-empaque-y-guantes-biodegradables

Universidad del Cauca (2020). Unicauca, Gobernación y CLAYUCA comprometidos con el desarrollo sostenible de la región. https://www.unicauca.edu.co/versionP/noticias/interinstitucional/unicauca-gobernaci%C3%B3n-y-clayuca-comprometidos-con-el-desarrollo-sostenible-de-la-regi%C3%B3n

Virchow, D., Beuchelt, T. D., Kuhn, A. and Denich, M. (2016). Biomass-Based value webs: A novel perspective for emerging bioeconomies in Sub-Saharan Africa. In Technological and Institutional Innovations for Marginalized Smallholders in Agricultural Development. F. W. Gatzweiler and J. von Braun (eds.). Springer International Publishing, Cham. 225–38. DOI: 10.1007/978-3-319-25718-1_14

Zuleta, M. M. (2016). Restricciones del programa de alimentación escolar. https://www.colombiacompra.gov.co/content/restricciones-del-programa-de-alimentacion-escolar

Visítanos

SEI Headquarters
Linnégatan 87D Box 24218
104 51 Stockholm Sweden
Tel: +46 8 30 80 44
info@sei.org

Måns Nilsson
Executive Director

SEI Africa
World Agroforestry Centre
United Nations Avenue
Gigiri P.O. Box 30677
Nairobi 00100 Kenya
Tel: +254 20 722 4886
info-Africa@sei.org

Philip Osano
Centre Director

SEI Asia
10th Floor, Kasem Uttayanin Building,
254 Chulalongkorn University,
Henri Dunant Road, Pathumwan, Bangkok,
10330 Thailand
Tel: +66 2 251 4415
info-Asia@sei.org

Niall O'Connor
Centre Director

SEI Tallinn
Arsenal Centre
Erika 14, 10416
Tallinn, Estonia
info-Tallinn@sei.org

Lauri Tammiste
Centre Director

SEI Oxford
Florence House 29 Grove Street
Summertown Oxford
OX2 7JT UK
Tel: +44 1865 42 6316
info-Oxford@sei.org

Ruth Butterfield
Centre Director

SEI US
Main Office
11 Curtis Avenue
Somerville MA 02144-1224 USA
Tel: +1 617 627 3786
info-US@sei.org

Michael Lazarus
Centre Director

SEI US
Davis Office
400 F Street
Davis CA 95616 USA
Tel: +1 530 753 3035

SEI US
Seattle Office
1402 Third Avenue Suite 900
Seattle WA 98101 USA
Tel: +1 206 547 4000

SEI York
University of York
Heslington York
YO10 5DD UK
Tel: +44 1904 32 2897
info-York@sei.org

Chris West
Acting Centre Director

SEI Latin America
Calle 71 # 11–10
Oficina 801
Bogota Colombia
Tel: +57 1 6355319
info-LatinAmerica@sei.org

David Purkey
Centre Director

SEI Stockholm Environment Institute

sei.org

@SEIresearch @SEIclimate
@SEIenEspanol