

Capítulo 9

Diagnóstico del manejo del afrecho de yuca en el departamento de Sucre

Maribel García Paternina¹
Alexis Andrés Aguilera Alvear²
Carlos Alberto García Mogollón³

Introducción

El cultivo de yuca tiene gran importancia socioeconómica en la Región Caribe colombiana, destacándose a nivel nacional como zona productora, con una representación del 65% del área total, con un rendimiento de yuca dulce de 12,5 ton/ha y de yuca industrial de 20 ton/ha. Los Departamentos de Córdoba y Sucre son catalogados como la zona principal de participación de yuca industrial, con una representación del 90% de producción a nivel nacional; el 10 % faltante está distribuido en los Departamentos de Cauca y Meta. Debido a lo anterior, y sumado al interés por el aprovechamiento de esta materia prima de origen vegetal, ha ocasionado el montaje de plantas productoras de almidón nativo de yuca en los Departamentos de Cauca, Córdoba, Sucre y Atlántico, con un volumen de producción aproximado de 140.000 toneladas anuales (MARD, 2017). Estos buenos rendimientos han permitido que la extracción de almidón se convierta en una actividad agroindustrial, la cual genera diversos subproductos líquidos y sólidos;

1 Candidata a Magister en Gestión de la Innovación- Universidad Tecnológica de Bolívar, Ingeniera de Alimentos- Universidad de Córdoba. Grupo PADES- Universidad de Sucre. Email: marygarcia1@gmail.com

2 Universidad del Valle - Instituto de Prospectiva, Innovación y Gestión del Conocimiento. Docente Maestría en Gestión de la innovación- Universidad Tecnológica de Bolívar. Magister en Creatividad e Innovación en las Organizaciones- Universidad Autónoma de Manizales, Administrador de empresa- Universidad del Valle. Email: alexis.andres.aguilera@gmail.com

3 Docente de la Universidad de Sucre. Programa Ingeniería Agroindustrial. Candidato a PhD. En Ingeniería Química-Universidad de Antioquia, Magister en Ciencias Agroalimentarias –Universidad de Córdoba, Ingeniero de Alimentos- Universidad de Córdoba. Email: carlos.garcia@unisucra.edu.co

dentro de los desechos sólidos se encuentran la cáscara y el afrecho (Torres et al. 2006). En el procesamiento de 300 toneladas de yuca se obtienen aproximadamente 1.6 toneladas de cáscara y alrededor de 280 toneladas de afrecho con un alto porcentaje de humedad (85%) (Pandey et al., 2000). Debido a estas características, el manejo actual del afrecho en las plantas de producción de almidón se ha convertido en un problema de tipo económico y ambiental, debido a la alta humedad y a las elevadas proporciones que se genera; esto hace que sea un potencial agente contaminante, lo que implica altos costos de manejo, almacenamiento y transporte para las fábricas productoras de almidón. Por esta razón, es necesario conocer la situación actual del manejo del afrecho de yuca en las empresas productoras de almidón del Departamento de Sucre, con el fin de buscar la aplicación de técnicas de manejo apropiadas, desarrollo y adquisición de procesos y tecnologías, que permitan convertir los subproductos de la extracción de almidón de yuca en productos de alto valor.

Metodología

Se utilizó la técnica de recolección de datos e información a través de la investigación de campo, en la cual se aplicó la entrevista semiestructurada para la recopilación de información de fuentes primarias, dirigida a 5 expertos de 3 unidades de estudios (empresa tecnificada, semi-tecnológica¹ y la academia), en los que se encuentran dos expertos claves de la empresa Almidones de Sucre S.A.S., ubicada en el municipio de Corozal; un experto clave de la rallandería Sincé, ubicada en el municipio de Sampués; y dos investigadores de la Universidad de Sucre, con proyectos de investigación y resultados de investigación, tales como artículos científicos, libros y eventos. Para el procesamiento de la información primaria, se contó con los audios de las entrevistas y con su correspondiente transcripción. Este proceso permitió describir el manejo del afrecho de yuca en el sector productivo y académico en el Departamento de Sucre.

¹ Las rallanderías se dividen según su nivel tecnológico, las rallanderías semitecnológicas son aquellas donde el esfuerzo productivo se comparte entre el hombre y la máquina (Torres et al. 2010).

Resultados y discusión

Descripción de la Empresa Almidones de Sucre S.A.S., rallandería Almidones Sincé y el Grupo de Investigación PADES.

Generalidades de la Empresa Almidones de Sucre

La planta productora Almidones de Sucre (ADS), fue creada por el Ministerio de Agricultura en el año 2008, pensando en el desarrollo de la Región a través de los productores aliados de yuca, y la generación de valor con la producción de almidón nativo de yuca. Está ubicada en el kilómetro 4.5 de la vía Sincelejo-Corozal, en un predio identificado como “El Bálsamo”.

La planta cuenta con una capacidad de recibo de 200 toneladas de raíces de yuca por día, que le permite producir de 45 a 50 toneladas/día de almidón natural; en periodo de cosecha cuenta con una jornada de 24 horas, con 3 turnos y 20 horas de producción. Para el año 2019, en el mes de febrero, la planta, por motivos de escasez de materia prima para la producción, contaba con un turno de producción de 8 horas, en donde se procesaban aproximadamente 60 toneladas/día de yuca. Además, posee modernos equipos de alta tecnología que permiten mejorar la capacidad productiva. Cuenta con un área total de 25 ha, de las cuales 20 se dedican a la experimentación y demostración de cultivos de yuca y en las 5 ha restantes se encuentran ubicadas las instalaciones industriales, vías, servicios de parqueadero, tanques de agua, plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, subestación eléctrica, entre otros (ADS, 2017; MARD, 2017).

Productos y mercados

Actualmente, comercializa productos como almidón nativo, almidón de baja Microscopia y almidón baja humedad. En el territorio nacional y para el año 2017, su zona de influencia comprendió los Departamentos de Córdoba, Sucre y Bolívar, con una participación total de 21 municipios; además, exporta a países como Panamá y Costa Rica. En el año 2018, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas otorgó a ADS el sello de calidad Icontec Internacional al producto “Almidón Nativo de Yuca”; este almidón cuenta con más de 30 aplicaciones en el sector de alimentos e industrial,

logrando un posicionamiento del producto en los últimos años, apoyado en sus atributos, como no GMO, libre de gluten, sin aflatoxinas, ni metales pesados (ADS, 2017; Finagro, 2017; Finagro, 2018; MARD 2017).

Impacto social

ADS promueve alrededor de 52 empleos directos y 500 empleos indirectos, generando bienestar en las zonas de influencia; además, realiza Escuelas de Campo de Agricultores, en los cuales participan productores de yuca industrial. Para el año 2017, abarcaron el 25% del mercado de almidón de yuca en Colombia (Finagro, 2017).

Prácticas en Gestión de Innovación y Gestión de la Información

ADS, para el 2019, creó el área de Innovación, con el fin de mejorar y crear nuevas líneas de procesos y productos. Asimismo, se encuentra en el desarrollo de un modelo de Innovación. En cuanto a la obtención de la información para mejorar o crear nuevos productos, la consiguen a través de sus clientes, mediante encuestas; conjuntamente, el gerente realiza visitas nacionales e internacionales a ferias y a otras plantas productoras de almidón.

Desempeño Financiero

Para el año 2017, se causaron utilidades por primera vez en la historia de la compañía y se generó el Ebitda con mayor valor, confirmando la consolidación del Modelo de Negocio implementado. Además, se adhirió a la Red del Pacto Global, alineando sus estrategias corporativas con la realización de prácticas empresariales responsables, de manera que logre contribuir en el bienestar de diferentes grupos de interés, a través de la implementación de modelos basados en el desarrollo ambiental, social y financiero sostenibles (Finagro, 2017). Para el año 2018, el Ebitda acumulado a octubre del mismo año fue de \$1.125 millones. De otra parte, el resultado del ejercicio de la empresa acumulado hasta el mes de octubre del 2018 fue de \$149,2 millones, un 61% más que el acumulado del año anterior (Finagro, 2018).

Residuos generados en proceso de producción de almidón de yuca en ADS

En la Tabla 21, se puede observar las etapas de la producción de almidón natural de yuca y los residuos que se generan en cada operación, estos son de tipo orgánico, así como otras partículas sólidas y aguas residuales.

Tabla 21
Proceso y Residuos Generados en la Producción de Almidón de Yuca

Etapa/Operación	Proceso	Residuos Generados
Recepción y almacenamiento de la yuca fresca		
	<p>La yuca fresca es transportada en caminos desde el campo hasta la báscula de recepción para su pesaje, en este punto se cuenta con una plataforma de volteo, en donde se realiza el análisis de calidad de la yuca recibida, luego de que la yuca es aceptada se descarga a los silos de almacenamiento para su procesamiento.</p>	<p>Cascarilla, arena, piedras y otras impurezas que vienen con la yuca, empaque (costales), pitas.</p>
Lavado y pelado de las raíces frescas		
	<p>La yuca fresca es enviada, al equipo lavador pelador, y con la acción de agua a presión, se retira la tierra y cascarilla que pueda poseer las raíces.</p>	<p>Cascarilla e impurezas (tierra, arena) aguas residuales industriales.</p>

Etapa/Operación	Proceso	Residuos Generados
Picado y desintegrado de las raíces frescas	Luego que las raíces están libres de sucio, se reduce el tamaño de estas para la liberación del almidón contenido en estas y así facilitar su extracción.	Puntas de yuca, raíces en mal Estado, pitas.
		
Filtración de las raíces de yuca desmenuzada	Mediante la utilización de centrifugas de cesto vertical, se retira toda la fibra contenida, las cuales son almacenadas en silo para su disposición final.	Fibra o bagazo
		
Purificación y concentración del almidón	La lechada de almidón que se obtiene de la fibra, pasa posteriormente a una centrifuga de platos para su purificación (extracción de Proteínas, gomas y lodos) y de aquí a una batería de hidrociclones, donde la lechada de almidón alcanza la concentración adecuada para su posterior secado.	Fibra o bagazo
		

Etapa/Operación	Proceso	Residuos Generados
	<p style="text-align: center;">Secado</p> <p>La lechada resultado de la etapa anterior pasa a los deshidratadores centrífugos, resultando una pasta de almidón, la cual contiene niveles de humedad adecuados para iniciar el proceso de secado, donde las partículas de almidón alcanzan la humedad requerida para su almacenamiento y empaque.</p>	<p>El agua utilizada por las centrifugas para deshidratación y secado del almidón es recirculada para ser utilizada en la etapa de lavado.</p>
	<p style="text-align: center;">Almacenamiento y empaque del almidón seco</p> <p>El almidón seco se almacena temporalmente en silos; después, pasa al equipo de clasificación y empaque, donde son retirados los grumos que se forman durante el secado, para así finalmente empacarse en bolsa de papel de 25 Kg</p>	<p>Grumos, material particulado, residuos aprovechables</p>

Fuente: Tomado de Gestión ambiental ADS (2017).

Generalidades de la Rallandería Sincé

En el municipio de Sampués se encuentra la rallandería Almidones Sincé ubicada en la Vereda Los Pérez dentro del mismo municipio, donde producen almidón agrio y nativo de yuca. Cuenta con 2 turnos de producción, donde se procesan 8 toneladas/día de yuca por turno. Su principal producto es el almidón agrio, el cual tiene una producción de aproximadamente 2.520 toneladas/año. El almidón agrio es comercializado directamente con intermediarios; dado que no cuenta con su propio canal de distribución ni identificación de mercados potenciales. Esta rallandería realiza un procesamiento en parte artesanal y semi- tecnológico¹, opera con

¹ Las rallanderías se dividen según su nivel tecnológico, las rallandería semitecnológicas son aquellas donde el esfuerzo productivo se comparte entre el hombre y la máquina (Torres et al. 2006).

maquinaria de baja tecnología y por tanto se obtienen bajos rendimientos en el proceso.

Los meses de enero a mayo, tienen una mayor producción (16 Ton/día), debido a la disponibilidad de materia prima, lo que respecta a los meses de septiembre a diciembre la Planta disminuye su producción y trabaja en un 15% de su capacidad.

En cuanto a la obtención de la información para mejorar el proceso de producción, el encargado de producción realiza visitas a rallanderías de la zona y algunas que se encuentran en el Departamento de Córdoba. No obstante, en estos momentos la planta no cuenta con proyectos aliados para el aprovechamiento del afrecho con las universidades. Lo que respecta a información de desempeño financiero no fue suministrada por la rallandería ni se encontró información Secundaria.

Residuos generados en procesos de producción de almidón agro de yuca

En la Tabla 22 se puede observar las etapas de la producción de almidón agro de yuca, el tipo de proceso y los residuos que se generan en cada operación.

Tabla 22

Proceso, tipo de proceso y residuos generados en la producción de almidón agro de yuca

Etapa/Operación	Proceso	Tipo de Proceso	Residuos Generados
Recepción de la Yuca Fresca	Los operarios reciben los bultos de raíces fresca y son trasladadas al equipo lavador pelador.	Manual	costales, pitas, cascarillas y otras impurezas (tierra, piedras)
Lavado y Pelado de las Raíces Frescas	A las raíces se le retira la tierra y cascarilla con aplicación de agua que se encuentra adherida a las raíces de yuca en un equipo lavador y pelador.	Mecánico	Tierra, arena, cascarillas y aguas residuales

Etapa/Operación	Proceso	Tipo de Proceso	Residuos Generados
Rallado de las Raíces Frescas	En esta etapa se realiza la reducción de las raíces de yuca y posterior desintegrado, permitiendo la liberación de las partículas de almidón.	Mecánico	Puntas de yuca, raíces en mal Estado
Tamizado de las Raíces de Yuca Desmenuzada	En esta etapa del proceso se separa el bagazo de la lechada por medio de un colador.	Mecánico	Fibra o Bagazo, agua residual por escurrimiento de afrecho.
Purificación y Concentración del Almidón	La lechada pasa a una mesa de sedimentación durante 2-4 horas, en la parte inferior se forma una capa de almidón compactada y la parte superior el agua residual.	Mecánico	Mancha y agua residual
Fermentación	El almidón se traslada a tanques de sedimentación con la ayuda de palas, el cual se conserva de 45 a 60 días	Manual	Agua residual
Desmenuzado	Previo al secado se hace un desmenuzado utilizando un rallador	Mecánico	Grumos, material particulado, residuos aprovechables

Etapa/Operación	Proceso	Tipo de Proceso	Residuos Generados
Secado	El almidón es secado mediante exposición a calor solar, se coloca sobre polietileno negro. El almidón se recoge de los secaderos cuando alcanza una humedad aproximada entre los 12% - 14%. La Planta no cuenta con equipo para medir la humedad, los procedimientos se hacen por medio del tacto.	Manual	Grumos, material particulado, residuos aprovechables
Desmenuzado	Se homogeniza el almidón empleando un rallador.	Mecánico	Grumos, material particulado, residuos aprovechables
Empacado y Almacenamiento	El almidón seco se empaca en presentaciones de 25 Kg y 50 Kg.	Manual	Material particulado, residuos aprovechables

Fuente: *Elaboración Propia*

Las plantas productoras de almidón generan grandes cantidades de residuos, ricos en materia orgánica y sólidos en suspensión que generan importantes problemas ambientales. La cantidad de afrecho generado en las plantas, independientemente de su nivel tecnológico es mayor en comparación a su producto principal el almidón de yuca. Razón por la cual es necesario la aplicación de técnicas de manejo apropiadas, desarrollo y adquisición de procesos y tecnologías que permitan convertir los subproductos del proceso de extracción de almidón de yuca en productos de alto valor y con esto, se lograría la disminución de la contaminación ambiental por contar con opciones de minimización, reutilización, y tratamientos de residuos.

9.3.5 Generalidades del Grupo de Investigación Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible (PADES) Universidad de Sucre

El Grupo de Investigación Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible – PADES (Categoría B) liderado por el PhD Jairo Salcedo Guadalupe, está constituido por Docentes del Programa de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería Agrícola de la Universidad de Sucre y sus trabajos iniciales de investigación estuvieron basados en las direcciones de los trabajos de grado de Estudiantes de Pregrado. El grupo PADES centra sus estudios en la Investigación y Desarrollo de procesos agroindustriales y la transformación y conservación de materias primas tanto de origen animal como vegetal; donde ha venido desarrollando prototipos a escala piloto, investigaciones relacionadas con el desarrollo agroindustrial de materias primas de la Región como son yuca, ñame y frutas típicas tropicales, y en el Sector Lácteo, especialmente en la formulación y obtención de quesos. Los proyectos ejecutados por el grupo se han realizado por la financiación de diferentes Entidades como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colciencias, Gobernación de Sucre, Universidad de Sucre y el Sistema Nacional de Regalías (SGR). A través, de estos proyectos se ha adquirido infraestructura en equipos para continuar con investigaciones relacionadas con los lineamientos del grupo. Entre los años 2001 y 2002, se crea a nivel de programa el grupo PADES, presentando las siguientes líneas de Investigación:

1. Gestión, calidad y desarrollo agroindustrial.
2. Investigación y Desarrollo de procesos agroindustriales
3. Transformación y conservación de materias primas de origen vegetal
4. Transformación y conservación de materias primas de origen animal

El Grupo de Investigación se puede considerar como uno de los líderes en el desarrollo de investigaciones respecto al afrecho de yuca en el Departamento de Sucre, mediante la ejecución de proyectos de investigación enmarcados en el aprovechamiento del afrecho. Teniendo en cuenta la problemática de las Empresas productoras de la Región con respecto al manejo de este subproducto y los grandes volúmenes que se generan, el grupo ha desarrollado investigaciones direccionadas a desarrollar procesos y aplicaciones como alternativa para darle valor agregado a este subproducto. Algunas investigaciones y eventos relacionados son los siguientes:

- Artículos científicos: Characterization and desorption isotherm modeling of cassava bagasse (Manihot Esculenta Crantz); “Modelado de la cinética de secado del afrecho de yuca”; “Deshidratación de afrecho de yuca por métodos combinados”; Comportamiento viscoelástico de masas para pastas suplementadas con hidrocoloides y fibra”; “Viscoelasticidad en masas de panadería formuladas con harina de trigo y afrecho de yuca”; “Utilización de afrecho de yuca en galletas”.
- Trabajos de Grado de Maestrías: “Evaluación tecnológica de harina mixta de trigo y de afrecho de yuca como fuente potencial de fibra en la elaboración de panes usando alfa-amilasa como mejorador de propiedades físicas”; “Aprovechamiento del afrecho de yuca en la elaboración de pastas alimenticias ricas en fibra y suplementadas con hidrocoloides”; “Biomasa celular como potencializador proteico del afrecho de yuca industrial”.
- Capítulos de Libros Agroindustria de productos amiláceos I: Yuca y ñame; Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnica de caracterización.
- Eventos científicos: “Avances en el desarrollo agroindustrial de los cultivos de yuca y ñame en el Departamento de Sucre” y la participación en eventos como el IV Congreso Internacional de Investigación e Innovación en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Alimentos (2018) y I Congreso Internacional de Conservación para la Industria Agroalimentaria (2016).

Manejo del afrecho de yuca en las Empresas ADS, Almidones Sincé y las investigaciones del grupo PADES

La mayoría de las plantas de extracción de almidón no aprovechan los residuos que se generan, como es el caso de las pequeñas rallanderías y grandes empresas productoras de almidón ubicadas en el Departamento de Sucre. Resaltando la Empresa Almidones de Sucre S.A.S. donde se procesan hasta 200 toneladas/día de yuca y a razón de un kilogramo de yuca procesada se genera 0,3 kg de afrecho, con una humedad que oscila entre 82% y 87%.

ADS para el año 2018 tuvo un total de yuca procesada de 19.878 toneladas, para un porcentaje de capacidad utilizada de 58% (Finagro, 2018). De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que, en promedio, la empresa generó 5.963 toneladas de afrecho de yuca.

El afrecho que se genera en esta industria es almacenado en un silo para su posterior evacuación, y no recibe ningún tipo de tratamiento ni es aprovechado por parte de la planta, por lo que hoy en día, es cedido a los ganaderos de la región para ser utilizado en alimentación animal; el transporte de los residuos hasta la explotación ganadera es diario, en volquetas, y es el ganadero quien se encarga del traslado. Aun así, es inviable para estos, por los altos costos en el transporte, debido a su alto contenido de humedad (ADS, 2017). Actualmente, la planta no ha aplicado ningún tipo de desarrollo tecnológico para este subproducto.

En época de verano, la empresa tiene mayor demanda del subproducto, debido a que se reduce la disponibilidad de pastos para alimentación bovina. No obstante, en épocas de lluvia la empresa tiene dificultad para vender y hasta regalar el afrecho a los ganaderos de la región, por causa de la disponibilidad de pastos, sumado los problemas de acceso en las vías, lo que ocasiona una sobreproducción que supera la capacidad de almacenamiento en silo. Esto ha llevado a la empresa a disponer el afrecho en fincas de la zona, propiciando procesos de lixiviación que pueden afectar el entorno. Debido a la problemática presentada con la disposición del afrecho, la empresa ha realizado acuerdos con algunos ganaderos de la región, donde la empresa prioriza y reserva sus pedidos en época de verano, con el compromiso que ellos reciban el afrecho en época de invierno.

La empresa solo está estudiando posibles usos del afrecho de yuca para el desarrollo de productos; sin embargo, en estos momentos están centrados en diversificar los tipos de almidón de yuca, pero contemplan el aprovechamiento del subproducto.

En la rallandería Almidones Sincé, los residuos que se generan en el proceso son: cáscaras de yuca (aproximadamente 300 kilos /turno), que es regalado a viveros, donde lo disponen en pozos para producir abono orgánico; agua residual de la fermentación (1-1.5 litro/kilo almidón) que es vertida en lagunas sin ser tratada, causando deterioro y problemas de

contaminación ambiental a las corrientes de agua; la mancha es vendida para alimentación animal, y, por último, el afrecho de yuca.

Anteriormente, el afrecho de yuca no se comercializaba y lo disponían a campo abierto en la planta (Figura 1) o lo trasladaban a fincas, generando costos de transporte. Actualmente, este se dispone en el mismo lugar, solo que es esparcido en el terreno con la ayuda de rastrillos para una mejor distribución, para exponerlo a un secado natural y es comercializado para ser utilizado en alimentación animal. La planta no aplica en su mayoría normas básicas de higiene en la manipulación del producto; tampoco tienen políticas encaminadas a evitar la contaminación ambiental, motivo por el cual ha sido sancionada por entidades gubernamentales.



Figura 6. Disposición del afrecho de yuca en la Rallandería Almidones Sincé

Fuente: PADES

Por su parte, Jairo Guadalupe Salcedo, líder del Grupo Pades menciona que la mayor problemática que presentan las plantas productoras de almidón, con respecto al afrecho de yuca, es debido a la cantidad de humedad que contiene y los grandes volúmenes que se generan. En cuanto a la composición de almidón en el afrecho, este tiene una estrecha relación con el tipo de tecnología utilizada, es decir, entre más tecnificado sea el proceso, menor es el contenido de almidón.

De su experiencia comenta que las plantas productoras de la zona, como ADS y Almidones Sincé, no aplican ningún tipo de tratamiento al

afrecho, excepto, la planta El Roble, que utiliza un secado natural en pisos para disminuir el contenido de humedad y así comercializarlo.

Conclusiones

- En el Departamento de Sucre se presenta una baja articulación entre el entorno empresarial y la academia, lo que genera que los resultados de la investigación relacionados con el afrecho de yuca no se conozcan ni se implementen en las Empresas.
- No se ha identificado un mercado claro para el afrecho de yuca para valorar su tratamiento a nivel industrial; el uso que las Empresas le han dado es como alimentación animal de bajo costo.

Referencias

- Almidones de Sucre [ADS]. (2017). Sistema de Gestión Integrada ADS. *Plan Institucional de Gestión Ambiental (Versión 2)*. http://www.almidonesdesucre.com.co/images/2017/documentos/SGPL-001_PLAN_INSTITUCIONAL_DE_GESTION_AMBIENTAL.pdf
- Finagro. (2018). *Informe de Gestión Sostenible*. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/informe_de_gestion_finagro_2018_final_0.pdf
- Finagro. (2017). *Informe de Gestión Sostenible*. https://www.finagro.com.co/sites/default/files/informe_de_gestion_sostenible_2017_vf_1.pdf
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR]. (2017). *Cadena de Yuca- Indicadores e instrumentos*. <https://cutt.ly/rtWIV9R>
- Pandey, A., Soccol, C. R., Nigam, P., Soccol, V. T., Vandenberghe, L. P., & Mohan, R. (2000). Biotechnological potential of agro-industrial residues. II: cassava bagasse. *Bioresource technology*, 74(1), 81-87. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00143-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00143-1)
- Torres, P., Cruz, C., Marmolejo, L., Cajigas, A., & Pérez, A. (2006). Producción Más Limpia aplicada al proceso de extracción de almidón de yuca. *Colciencias U. del Valle*. [Boletín Técnico].