

Identificación de usos potenciales para el aprovechamiento de los residuos generados en el proceso de beneficio del plátano (*Musa paradisiaca*) var. Hartón

Miguel Albeiro Ibarra Vallejo
Estudiante de Ingeniería de Procesos
Universidad Mariana

Laura Isabel Márquez Muñoz
Profesora de Ingeniería de Procesos
Universidad Mariana

Resumen

En el contexto nacional existe una variedad de opiniones sobre la pertinencia de utilizar subproductos vegetales provenientes del plátano, como materia prima para la innovación de nuevos productos, dar valor agregado a los existentes y, sustituir principalmente los que vienen a partir de fuentes no renovables, siendo desperdiciadas las materias orgánicas remanentes, dado que no tienen un consumidor final. En la cosecha de plátano se genera cerca del 95 % de residuos vegetales ya que, por lo general, solo se utiliza el fruto para la comercialización y consumo, mientras que las demás partes de la planta, como el raquis, el pseudotallo o vástago y las cáscaras del plátano, no son aprovechadas por el cultivador y se destinan como abono para el cultivo por medio de la descomposición a campo abierto que, contrario a lo que se piensa, no ayudan a la nutrición del suelo y generan la proliferación de plagas que pueden afectar otros cultivos. Al respecto, se realizó una revisión de los usos potenciales y áreas de beneficio para dichos elementos, que pueden ser ampliamente utilizados en la industria de transformación; algunas de esas áreas están en industrias de biocombustibles, biopolímeros, bioquímicos, textiles, artesanales, alimentarias, químicas, entre otros.

Palabras clave: plátano; residuos; usos potenciales; valorización.

Introducción

Con este estudio se identificó que, el vástago o pseudotallo de plátano puede ser utilizado en la obtención de productos químicos y bioquímicos, debido a su composición de 28,5 a 55 % de celulosa y 18 a 20 % de lignina, lo cual implica una mayor adición de valor a este residuo (González-Soto et al., 2016).

La Gobernación de Nariño (2019) sostiene que, en el departamento de Nariño, la principal actividad económica es la agricultura y que, según el Censo Nacional Agropecuario, el área rural dispersa con uso agrícola es de 703447 Ha, participando con el 11 % de la producción nacional, siendo este, un producto significativo por su importancia cultural y por su aporte a la seguridad alimentaria; se registra que, en 41

municipios del departamento se produce, por lo menos, una tonelada de plátano, cultivos que generan unos cuatro millones de toneladas métricas de residuos.

En el año 2018 Colombia ocupó el quinto lugar en la producción de plátano a nivel mundial, con una cifra aproximada de 3,6 millones de toneladas, que representan el 9 % de la producción (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020), compitiendo en los mercados internacionales de plátano con una fruta de alta calidad, que conlleva un estricto control de calidad y, que causa un alto porcentaje de fruta no exportada (Carvajal-García et al., 2019)

Esta producción de más de 250 mil toneladas por año de fruta no exportada y unos 75 millones de vástagos apilados en el campo sin ningún tipo de tratamiento,

son prácticas que causan efectos ecológicos adversos (Ramírez y Mejía, 2013). Más del 90 % se deja en los campos, sin ninguna clase de tratamiento, convirtiéndose en fuente de contaminación por moscas, malos olores, contagio de aguas, problemas sanitarios (Vanegas-Padilla et al., 2021).

Debido a que los residuos de plátano no son dispuestos de manera adecuada, no cuentan con un consumidor final establecido y, la falta de información sobre la capacidad de aprovechamiento de esta materia vegetal en la región, es grande. No hay industrias que transformen esta materia y permitan la generación de procesos biotecnológicos que den paso a la innovación y transformación de esta materia orgánica (Alzate et al., 2011).

En consecuencia, la presente propuesta de investigación tiene como objetivo, identificar las posibles alternativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el proceso de beneficio del plátano, que permitan generar cambios, mitigar el impacto ambiental, incrementar ingresos económicos, aprovechar los subproductos y, favorecer la inclusión de procesos de transformación sostenibles y renovables con materias primas residuales.

Metodología

Se desarrolló un objetivo general y unos objetivos específicos, dentro de un referente teórico, como se presenta a continuación:

Objetivo general: Determinar las áreas de oportunidad para el aprovechamiento de los usos potenciales de la materia vegetal generada en la industria del plátano.

Como objetivos específicos se propuso:

- Establecer el entorno del proceso de beneficio del plátano (*Musa paradisiaca*)
- Caracterizar teóricamente los residuos y desechos orgánicos generados en el proceso de beneficio del plátano.
- Definir los usos potenciales y las áreas de oportunidad para la valorización de los residuos generados en el proceso de beneficio del plátano.

Para lograr la consecución de estos objetivos, el trabajo se ejecutó en tres etapas: Revisión, Clasificación y Redacción:

- **Revisión:** en esta etapa se desarrolló la búsqueda sistemática de documentos y literatura en bases de datos institucionales y científicas como:

Dialnet, Scielo, Google Académico, Science Direct y, gubernamentales como: Agronet, MinAgricultura, Agencia de Desarrollo Rural, entre otras, definiendo como parámetros de búsqueda, temáticas clave como: producción de plátano en Colombia, generación de residuos de plátano, clasificación de residuos de plátano, caracterización de residuos de plátano, biomasa, valorización de residuos en la industria platanera, etc.

- **Clasificación:** la información recolectada fue seleccionada de acuerdo con las temáticas planteadas en los objetivos, de suerte que se pueda definir claramente los residuos generados en la cosecha de plátano, sus características físico-químicas, usos potenciales y áreas de oportunidad.
- **Redacción:** finalmente, se realizó la construcción de la revisión documental de manera sintetizada, en la que se incluye los documentos y aportes más importantes obtenidos en la etapa de clasificación, en función de los objetivos definidos.

Esta investigación se enfocó en establecer un entorno descriptivo y propositivo frente a los usos potenciales de los residuos generados en el proceso de beneficio del plátano.

Desarrollo

O1: Establecer el entorno del proceso de beneficio del plátano (*Musa paradisiaca*)

Línea productiva del plátano en Nariño

La zona sur de Colombia, conformada por los departamentos de Valle del Cauca, Cauca y Nariño, produce aproximadamente el 12 % del plátano en el país y con ello abastece el mercado nacional y la agroindustria. En Nariño se genera un gran volumen de producción de plátano, correspondiente a 5,8 toneladas por hectárea. Debido a que “el cultivo de plátano se desarrolla principalmente en asocio con otros cultivos [como el café, es] una actividad complementaria, mas no la principal fuente generadora de ingresos de los campesinos” (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020, p. 48).

La Tabla 1 describe de mejor manera los principales cultivos en el departamento de Nariño.

Tabla 1

Principales cultivos, área sembrada (ha), área cosechada y producción en el departamento de Nariño para los años 2016 y 2017

| Principales cultivos por área sembrada para el año 2017 en Nariño | | | | | | |
|---|--------------------|---------|---------------------|---------|----------------|-----------|
| Cultivo | Área sembrada (ha) | | Área cosechada (ha) | | Producción (t) | |
| | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 | 2016 | 2017 |
| Café | 38.751 | 38.170 | 32.750 | 33.640 | 37.021 | 35.004 |
| Papa | 36.182 | 34.630 | 35.623 | 33.809 | 672.653 | 662.609 |
| Plátano | 25.372 | 24.898 | 21.699 | 19.428 | 126.409 | 111.829 |
| Cacao | 20.785 | 22.220 | 18.092 | 17.402 | 5.871 | 4.105 |
| Palma de aceite | 19.111 | 20.002 | 15.911 | 17.002 | 24.430 | 17.158 |
| Caña panelera | 17.157 | 18.525 | 11.008 | 17.100 | 70.941 | 127.852 |
| Arveja | 13.208 | 13.612 | 10.878 | 11.271 | 22.481 | 24.900 |
| Maíz | 11.992 | 12.187 | 11.152 | 11.216 | 12.804 | 14.722 |
| Coco | 8.057 | 10.674 | 7.274 | 10.534 | 50.413 | 73.580 |
| Frijol | 12.615 | 10.650 | 11942 | 9.560 | 10.962 | 10.545 |
| Otros cultivos | 46.167 | 46.880 | 42.512 | 44.247 | 299.914 | 311.224 |
| Total | 249.397 | 252.448 | 218.841 | 225.209 | 1.333.899 | 1.393.528 |

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020).

De la Tabla 1 se puede evidenciar que, el plátano es el tercer producto más cultivado, precedido únicamente por la papa y el café, productos por los que tradicionalmente el departamento es reconocido a nivel nacional.

En adición, entre los años 2016 y 2017 se observa un decrecimiento en el área sembrada y producción de plátano, lo cual puede atribuirse a que, como ya se mencionó, este cultivo es complementario en las zonas cafeteras y, es utilizado para dar sombra al café y protegerlo de algunos vectores; en otras palabras, existe una relación con la disminución entre las áreas cultivadas de café y plátano. A nivel regional, el sector agrícola ocupa el segundo lugar respecto a las actividades económicas principales, debido a su aporte del 17 % al Producto Interno Bruto (PIB) regional, para el año 2015 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, 2015).

Área sembrada de plátano

En Nariño, el cultivo de plátano es uno de los que genera mayores ingresos en la región y, su alta producción permite satisfacer el consumo interno. Al respecto, en la Figura 1 se muestra un histórico de área sembrada cosechada de 2013 a 2017.



Figura 1

Diagrama del área sembrada y área cosechada de plátano en los años 2013-2017



Fuente: elaboración propia con datos tomados de Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020).

Entre 2013 y 2017 el área sembrada se ha mantenido estable; sin embargo, en el mismo periodo se nota una disminución de, aproximadamente, 2.000 ha; si el comportamiento de este cultivo con relación al área sembrada mantiene esta tendencia, se esperaría que al final del año 2022, el número de hectáreas sembradas de plátano se aproxime a 20.000 que, si bien implica una disminución, es una gran destinación al cultivo.

Cultivo de plátano presente en los municipios de Nariño

El cultivo de plátano es uno de los más abundantes en Nariño, gracias a la diversidad de factores climáticos que propician las condiciones necesarias para este cultivo; el plátano se puede presentar como un cultivo primario o secundario, de acuerdo con la región. Esta información se puede observar en la Tabla 2, en seguida:

Tabla 2

Clasificación de acuerdo con el área sembrada, área cosechada, producción y rendimiento de los principales municipios de Nariño en los cuales se cultiva plátano

| Municipio | Área sembrada (ha) | Área cosechada (ha) | Producción (ton) |
|------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| Tumaco | 7.000 | 5.000 | 40.000 |
| El Charco | 2.460 | 2.410 | 12.050 |
| La Unión | 1.992 | 1.992 | 8.964 |
| Consacá | 1.820 | 1.800 | 8.190 |
| Roberto Payán | 1.565 | 1.415 | 9.905 |
| Taminango | 1.410 | 1.410 | 8.460 |
| Los Andes | 1.230 | 1.194 | 14.328 |
| Samaniego | 1.040 | 1.000 | 5.300 |
| La Florida | 1.026 | 1.018 | 1.222 |
| Sandoná | 806 | 796 | 4.776 |
| Otros municipios | 7.305 | 6.440 | 29.095 |

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2020).

Teniendo en cuenta la información presentada en la Tabla 2, Tumaco es el municipio donde se reporta más índices de cultivo, producción y rendimiento de plátano, a diferencia de los demás municipios; esto se debe, en gran medida, a los factores climáticos de la zona, que favorecen cultivos como los plátanos, cacao y coco. A su vez, en esta zona estos cultivos están siendo utilizados para la sustitución de cultivos ilícitos, mejorando las condiciones de la población. En otros municipios, con iguales condiciones ambientales y sociales, también se observa alta producción, como es el caso de El Charco, Roberto Payán, Samaniego, entre otros (Martínez y Burgos, 2014) La sobreoferta hace que, en muchas ocasiones el productor prefiera no comercializar el producto y dedicarlo al autoconsumo o, satisfacer los mercados locales.

O2: Caracterizar teóricamente los residuos y desechos orgánicos generados en el proceso de beneficio del plátano

Caracterización de los residuos generados en el proceso de beneficio del plátano

El plátano (*Musa paradisiaca*) pertenece a “la familia de las musáceas, que comprende una cincuentena de especies de megaforbas de confusa taxonomía, así como decenas de híbridos” (Anónimo, s.f., párr. 1). Son plantas muy antiguas, originarias de la región indomalaya, donde se encuentra el mayor número de clones; es uno de los productos tradicionalmente más consumidos por las familias colombianas y latinoamericanas.

El proceso de beneficio del plátano, al igual que el de muchos otros productos de la agricultura, genera una gran cantidad de residuos ya que, por cada planta de plátano, solo se aprovecha entre el 20 y el 30 %, dependiendo del rendimiento del cultivo; el restante es desechado, hasta que se descompone (Mazzeo et al., 2012)

En los procesos de cosecha y poscosecha de plátano, se genera aproximadamente 1,16 toneladas por hectárea de residuos foliares, pseudotallo, raquis y cáscara de frutos que, al carecer de un tratamiento adecuado, se convierten en contaminantes para el medio ambiente (Gobernación de Nariño, 2019). En la Tabla 3 se registra el porcentaje de composición de los residuos generados, con base en la generación total.

Tabla 3

Porcentaje de generación de residuos poscosecha de plátano

| Residuo | Porcentaje (%) |
|---------|----------------|
| Vástago | 50-60 |
| Cáscara | 20-30 |
| Hojas | 20-25 |
| Raquis | 10-15 |

Fuente: Arango y Barbutin (2018).

En consonancia con la Tabla 3, el residuo que se genera en mayor cantidad en los procesos de cosecha y poscosecha del plátano es el vástago o pseudotallo dado que, para cada siembra, este es cortado de la planta para que esta pueda retoñar y obtener una mayor vida productiva; sin embargo, este corte implica un gran desperdicio del mismo.

Clasificación de los residuos de plátano según el potencial de valorización

Para los residuos mencionados, uno de los principales componentes a tener en cuenta para la valorización es el contenido de celulosa, hemicelulosa y lignina que posee. La biomasa lignocelulósica ha tomado especial relevancia en los últimos años, debido a diversos estudios en los cuales se está reemplazando el uso de productos provenientes de fuentes no renovables por biomasa y, en especial, por biomasa lignocelulósica residual, que no representa un riesgo para la seguridad alimentaria y, tampoco implica un aumento en emisiones contaminantes.

Debido a que en el proceso de beneficio del plátano se genera diferentes residuos como los que ya se mencionó, la Tabla 4 muestra la caracterización de cinco diferentes residuos en cuanto a su composición de celulosa, hemicelulosa y lignina.



Tabla 4*Caracterización de la biomasa lignocelulósica*

| Residuo | Celulosa (%) | Lignina (%) | Hemicelulosa (%) |
|----------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Vástago | 31,26 - 69 | 5 - 18,6 | 18 |
| Hojas | 36,3 | 8,5 | 27,396 |
| Raquis | 30,6 | 9,85 | 15,7 |
| Cáscaras | 56,55 | 12,68 | 29,39 |
| Pseudopeciolo | 36,98 | 12,68 | 32,84 |

Fuente: Florez-Vargas et al. (2020).

Considerando que el vástago es uno de los residuos con mayor porcentaje de generación y composición de celulosa, hemicelulosa y una baja concentración de lignina, con relación a otros residuos, representa una de las mejores alternativas para valorizar ya que, en adición, el pseudotallo cuenta con aproximadamente el 80 % de materia orgánica (Mondragón et al., 2018).

O3 Definir usos potenciales y áreas de oportunidad para la valorización de los residuos generados en el proceso de beneficio del plátano

Usos potenciales y áreas de beneficio de los subproductos del plátano

Dentro del área agroindustrial, el vástago puede tener oportunidad de ser transformado y aprovechado en la creación de nuevos productos; por ejemplo, puede ser utilizado como materia prima para la elaboración de cuerdas, cordajes, redes de pesca, esteras, material de embalaje, hojas de papel, tejidos textiles, bolsas, manteles, artesanías, absorbentes, compuestos de polímero; su núcleo centro puede usarse para hacer encurtidos, caramelos y refrescos, mientras que la savia del pseudotallo del plátano puede usarse como mordiente para fijar un color y, como fertilizante líquido orgánico.

Por su alto contenido en almidón, puede ser utilizado en la elaboración de bioplástico; adicionalmente, puede servir como sustrato para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*, un hongo de pudrición blanda que deslignifica la biomasa para desarrollarse. Algunos otros residuos como las cáscaras, son empleadas en la producción de panes tajados con mezcla de harinas; estos productos presentan una ventaja en micronutrientes, donde se resalta el yodo, la fibra y el hierro aportado por la materia prima.

El alto contenido lignocelulósico de esta biomasa favorece su utilización en procesos de conversión fisicoquímica, termoquímica y/o biotecnológica; la gran variedad de bloques de construcción químicos de base biológica de amplio interés en la industria, mejora sus oportunidades para ser valorizada en productos con un altísimo valor agregado (Márquez-Muñoz, 2021). La conversión de la biomasa para la obtención de ácidos orgánicos de interés industrial y muchos otros productos químicos, mejoraría sin lugar a dudas los ingresos económicos en esta cadena agroindustrial (Tomas, 2012; Fernández, 2006).

Conclusiones

Nariño tendría un excelente potencial para el desarrollo de una industria en torno a la valorización de los residuos del proceso de beneficio del plátano, gracias a la amplia disponibilidad de la misma respecto a la amplia producción encontrada.

El potencial lignocelulósico que tienen los residuos del plátano favorecería la adición de valor a la cadena productiva, debido a que la transformación de estos puede generar productos de alto interés en el sector industrial que, por el momento, son importados desde otros países.

Es necesario llevar a cabo investigaciones preliminares para la caracterización experimental de la biomasa, así como análisis técnicos y económicos que favorezcan el desarrollo de tecnologías y mercados para la promoción de cadenas de valor para los bioproductos.

Referencias

- Alzate, L. M., Jimenez, C. y Londoño, J. (2011). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. *Producción + Limpia*, 6(1), 108-127.
- Anónimo. (s.f.). Musa. <https://artsandculture.google.com/entity/m082q1c?hl=es>
- Arango, A. y Barbutin, H. (2018). Productos de valor agregado a partir de residuos de cosecha y post-cosecha del plátano para el desarrollo territorial del Municipio de San Juan de Urabá [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico Metropolitano]. https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/4451/Rep_ltm_mae_Arango.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carvajal-García, M., Zuluaga-Arango, P., Ocampo-López, O. L. y Duque-Gómez, D. (2019). Las exportaciones de plátano como una estrategia de desarrollo rural en Colombia. *Apuntes del Cenes*, 38(68), 113-148. <https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.8383>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2015: desafíos para impulsar el ciclo de inversión con miras a reactivar el crecimiento. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/38713-estudio-economico-america-latina-caribe-2015-desafios-impulsar-ciclo-inversion>
- Fernández, J. (2006). Los residuos de las agroindustrias como biocombustibles sólidos. *Vida Rural*, 1, (233), 14-18.
- Florez-Vargas, A. O., Sánchez-Molina, J. y Sánchez-Zuñiga, J. V. (2020). Caracterización de los residuos de la cosecha del plátano harton para un potencial uso industrial. *Aibi, Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 8(3), 13-16. <https://doi.org/10.15649/2346030x.821>
- Gobernación de Nariño. (2019). Plan Departamental de Extensión Agropecuaria del Departamento de Nariño PDEA - Nariño. <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Documents/PDEA%27s%20Aprobados/PDEA%20Nari%C3%B1o.pdf>
- González-Soto, R. A., Reyes-Atrizco, J. N., Gutiérrez-Meráz, F. y Pacheco-Vargas, G. (2016). Nanocelulosa obtenida de residuos agroindustriales del cultivo de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.). *Investigación y Desarrollo de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 301-306.
- Márquez-Muñoz, L. I. (2021). Identificación de áreas de oportunidad para el aprovechamiento de biomasa lignocelulósica residual en Colombia. En Zuleta-Medina, A., Pantoja-Agreda, C., Valencia-Enríquez, D., Gómez-Meneses, F. C., Hernández-Pantoja, G. A., Huertas-Delgado, J. L. y Torres-Martínez, L. N. (Comp.). *La Ingeniería: motor de la ciencia* (pp. 233-247). Editorial UNIMAR.
- Martínez, O. G. y Burgos, P. N. (2014). Ciudadanías comunicativas y construcción de paz: la Agenda de Paz de Nariño. *Signo y Pensamiento*, 33(65), 32. <https://doi.org/10.11144/javeriana.syp33-65.cccp>
- Mazzeo, M., León, L., Mejía, L. F., Guerrero, L. E. y Botero, J. D. (2012). Aprovechamiento industrial de los residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 5(9), 128-139. <https://doi.org/10.26507/rei.v5n9.14>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). Cadena de plátano. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Platano/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Mondragón, J. M., Serna, J. A., García-Alzate, L. S. y Jaramillo-Echeverry, L. M. (2018). Caracterización fisicoquímica de los subproductos cáscara y vástago del plátano Dominicano harton. *Revista ION*, 31(1), 21-24. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018003>



- Ramírez, J. J. y Mejía, A. E. (2013). Modelo económico para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de mango y banano generados en la central mayorista de Antioquia [Tesis de Maestría, Universidad de Manizales]. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/802>
- Tomás, O. B. (2012). Conversión de biomasa a productos químicos de interés y keroseno mediante descarboxilación cetónica e hidrodeshidrogenación [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30009/Tesis%20MQS%20-%20BORJA%20OLIVER%20TOMAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vanegas-Padilla, A. P., Fuentes-Fuentes, K. D. y Torres-Cervera, K. P. (2021). Comparación del ACV de 2 estibas construidas con madera natural y madera plástica en Simapro 8.4.0. *Revista Politécnica*, 17(34), 9-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.33571/rpolitec.v17n34a1>