



Sara Díaz y Zaida Ortega¹
Universidad de Las Palmas de Gran
Canaria

Los subproductos del cultivo de la platanera en un contexto de biorrefinerías

■ En este artículo, sus autoras analizan el tema de los residuos generados en el cultivo de las plataneras y su posible utilización en el marco de la economía circular. En primer lugar, presentan información general sobre el valor económico del cultivo, y su relevancia en el desarrollo económico de Canarias. En segundo lugar, analizan los tipos de subproductos que se generan en el cultivo del plátano, tanto en la propia plantación (pseudotallo, hojas y flor), como en las instalaciones de clasificación y empaquetado (raquis y plátanos de descarte). Las autoras concluyen que los residuos de las plataneras podrían ser recuperados mediante la aplicación del concepto de biorrefinería, en línea con las directrices europeas sobre aprovechamiento eficaz de los recursos.

Palabras clave:

Plátano | Economía circular | Bioenergía | Agricultura | Residuos | Canarias | España.

El cultivo del plátano es, tras el de cítricos, el más importante a nivel mundial (Mohapatra, Mishra and Sutar, 2010), con un total de 117 millones de toneladas, obtenidos en 5,5 millones de hectáreas, en más de 130 países (FAO, 2020). Europa es el mayor consumidor e importador de plátanos del mundo, seguido de Estados Unidos. España fue el primer país productor de plátanos a nivel del UE durante el año 2016 con un total cercano a las 420.000 toneladas, según datos de la Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural de la UE. Del total de la producción de plátano y banana comercializada en la UE (11,3%), el Plátano de Canarias, gracias a sus peculiares condiciones climáticas, supone más de un 60%.

En las Islas Canarias se producen anualmente 400.000 toneladas, situándose como el mayor productor de la UE (Asprocan, 2019). La Asociación de Productores de Plátanos de Canarias (ASPROCAN) estima que el 18,5% de la superficie agrícola canaria (9.100 hectáreas) se destina a este cultivo, que está presente en seis de las siete islas del Archipiélago (Robinson y Galán, 2012). La mayor parte de la producción platanera se exporta a la Península (alrededor del 87%), siendo la exportación al extranjero prácticamente nula (Asprocan, 2019).

El cultivo de plátano es considerado en Canarias como el más representativo e importante del sector primario, generando más de 15.000 empleos, de los cuales alrededor de 12.500 son agricultores, y siendo valorada su contribución económica directa en más de 430 millones de euros (Europa Press, 2020). Estos datos ponen de manifiesto el efecto dinamizador que tiene el sector platanero sobre la economía y la sociedad canaria.

La platanera de Canarias proporciona un fruto característico: un plátano pequeño, amarillo y con pintas. A finales de 2013, "Plátano de Canarias" recibió el sello de Indicación Geográfica Protegida (IGP), convirtiéndose en el único plátano del mundo que cuenta con este reconocimiento. Esta distinción garantiza la singularidad y el origen de sus plátanos, reconociendo al plátano de Canarias como un producto único y de calidad.

Los residuos de las plataneras

El cultivo del plátano va acompañado de una gran cantidad de residuos. Como consecuencia de que la planta solamente da fru-

FIGURA 1



Racimos de plátanos en un centro de empaquetado y distribución en el norte de la isla de Gran Canaria.

to una vez y que, tras la recolección, es necesario cortar el pseudotallo (o rolo) para permitir un crecimiento óptimo del vástago (o hijo) y proceder a la siguiente cosecha, se generan en la propia plantación una importante cantidad de residuos, formados por el pseudotallo, las hojas y la flor (Figura 2).

El resto de los residuos asociados al cultivo se generan en las instalaciones de clasificación y empaquetado, y consisten en el raquis y plátanos de descarte. Se estima que por cada hectárea cultivada se generan cerca de 220 toneladas de residuos vegetales (Ingale, Joshi and Gupte) (2014), lo cual supone unos 1. 210 millones de toneladas de residuos al año (alrededor de cuatro toneladas por cada tonelada de fruta cosechada (Souza, Liebl, Marangoni, Sellin and Millena, 2014), en su mayoría actualmente inutilizados.

Los subproductos de la platanera se caracterizan por un bajo contenido en materia seca, siendo particularmente bajo (5-10%) en el pseudotallo y raquis y algo más elevado en hojas y plátanos de rechazo, donde puede llegar hasta el 20% (Álvarez, Méndez y Fresno, 2013). Algunas formas tradicionales de gestionar la materia orgánica incluyen el enterrado para abono verde, el acolchado vegetal para los cultivos, la alimentación para ganado y el compostaje.

Los residuos generados en la cosecha (rolo y hojas) son, además, y con frecuencia, de-

FIGURA 2



Plantación de plataneras en el norte de la isla de Gran Canaria con indicación de las diferentes partes de la planta.

FIGURA 3



Estructura del rolo (izquierda) y platanera cortada (madre, a la derecha) tras la recolección de la fruta, y vástago o hijo que permite continuar el cultivo.

La creciente tendencia a una utilización más eficiente de los residuos agroindustriales y la cantidad de residuos generada anualmente en el cultivo del plátano, han despertado interés en este tema, tanto para avanzar hacia procesos más sostenibles en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, como por la necesidad de disponer de biomasa residual con la que poder obtener nuevos productos

jados en la propia plantación, sin tener un valor nutricional para el suelo (pues, su descomposición es lenta), lo cual produce un problema de acumulación de residuos en cosechas sucesivas. Asimismo, puede incluso tener un impacto negativo en el medio ambiente, pues puede llegar a afectar al desarrollo de microorganismos (Hossain *et al.*, 2011; Abdul Aziz, Ho, Azahari, Bhat, Cheng and Ibrahim, 2011).

La creciente tendencia a una utilización más eficiente de los residuos agroindustriales y la cantidad de residuos generada anualmente en el cultivo del plátano, han despertado interés en este tema, tanto para avanzar hacia procesos más sostenibles en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, como por la necesidad de disponer de biomasa residual con la que poder obtener nuevos productos.

Lograr la introducción de los residuos agrarios en una cadena de producción, así como su transformación de residuo en materia prima, supondrían un beneficio económico para el sector, además del beneficio medioambiental derivado de la maximización de la utilización de los recursos. Los residuos del cultivo del plátano pueden ser una fuente de diferentes productos, que podrían ser recuperados mediante la aplicación del concepto de biorrefinería, en línea con las directrices europeas sobre aprovechamiento eficaz de los recursos.

Como se sabe, uno de los principales objetivos de la UE es desbloquear el potencial económico europeo a fin de que pueda ser más productiva, utilizar menos recursos y avanzar hacia una economía circular. En este sentido, la biorrefinería juega un papel relevante, al permitir una conversión sostenible de la biomasa en un gran abanico de productos, transformando un subproducto agrario, de bajo o nulo valor económico, en una materia prima de interés industrial. Resulta, pues, fundamental establecer herramientas que favorezcan el aprovechamiento de este recurso, no sólo desde el punto de vista del beneficio medioambiental, sino además por el aumento de su valor económico.

En el caso de Canarias, la gestión de los residuos de platanera ha sido siempre una demanda y una preocupación del sector, pues además de suponer un problema me-

FIGURA 4



Fibras de platanera largas (pueden obtenerse del largo del pseudotallo; izquierda), cortas (centro) y en forma de tejido mezclada con otras fibras naturales (derecha).

dioambiental, representa un gasto económico. Además, en un sector dependiente de las ayudas de la UE, la posibilidad de generar, además del plátano, otros subproductos de alto valor añadido, podría ayudar a reducir la dependencia de estas ayudas para la protección de este sector clave para la economía y el empleo del Archipiélago.

Aprovechamiento de los subproductos

En los últimos años, han surgido numerosos trabajos que analizan las diferentes fracciones de subproductos generadas en el cultivo del plátano, así como la posibilidad de obtener, a partir de ellos, productos de valor añadido. En particular, en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, en el grupo de investigación "Fabricación Integrada y Avanzada" llevamos varios años trabajando en la extracción, caracterización y utilización de las fibras provenientes de la platanera, así como en la valorización de los residuos, en forma de pulpa, generados durante la extracción de la fibra.

Fibra de platanera

Un material interesante que puede extraerse fácilmente del pseudotallo de la platanera es su fibra. La fibra de platanera es comparable en resistencia y contenido en celulosa a otras fibras naturales (Uma, Kalpana and Sathiamoorthy, 2011).

El *rolo* de la platanera está formado por capas superpuestas de hojas, alrededor de un núcleo central, denominado *vela*, en cuyo extremo se encuentra el *raquis*. Estas ho-

jas (o *garepas*) que conforman el falso tallo de la platanera (Figura 3) son las que se usan para la extracción de la fibra.

En la ULPGC hemos desarrollado un sistema de planta piloto para la extracción de fibras de platanera de manera automatizada (número de patente WO 2014/174115 A1). Este sistema consiste en una serie de módulos de raspado que eliminan la fina capa exterior de las hojas que forman el pseudotallo y la pulpa interior, dejando los filamentos celulósicos (fibras). Estas fibras tienen diferentes aplicaciones, desde la obtención de materiales compuestos² a la producción de papeles especiales.

Por ejemplo, las fibras se han incorporado como refuerzo en cemento (Savastano, Warden and Coutts, 2005) y compuestos de base polimérica (Benítez, Monzón, Angulo, Ortega, Hernández and Marrero, 2013; Ortega, Monzón, Benítez, Kearns, McCourt and Hornsby, 2013) consiguiéndose mejoras en las propiedades mecánicas. Las piezas obtenidas mediante la combinación de estas fibras con diferentes matrices poliméricas, presentan buenas propiedades mecánicas.

Aunque no son suficientes para aplicaciones estructurales, sí que se ha conseguido que una pieza obtenida con estas fibras pase los ensayos requeridos en la industria del automóvil (Ortega, Monzón, Soto, Guinea, Suárez and Hernández, 2012). Además, estas fibras pueden también procesarse para obtener tejidos técnicos (Figura 4) y materiales compuestos con mejores propiedades, al poder orientar la fibra en la dirección deseada (Ortega, Morón, Monzón, Badalló and Paz, 2016; Ortega, Monzón, Ortega and Cunningham, 2020; Monzón *et al.*, 2019). Esto da otra posibilidad de utilización en apli-

caciones de mayores requerimientos.

Las fibras naturales son una alternativa real a las sintéticas, para aplicaciones de carácter no estructural. Se consiguen buenas propiedades, y se logra reducir el consumo de plástico en determinados elementos. El uso de un residuo vegetal para la obtención de estas fibras supone otra ventaja añadida a la que ya implica la sustitución de un material sintético por otro de origen natural.

La fibra de platanera se obtiene a partir de residuos del cultivo alimentario, por lo que no se emplean recursos (suelo, agua, fertilizantes...) para el crecimiento de la planta, como sí ocurre con otras fibras naturales más ampliamente usadas, como el cáñamo, el lino o el abacá (obtenida a partir de una planta de la familia de la platanera, pero que no da frutos y se cultiva para la obtención de fibras).

Uso como complemento de la alimentación animal

Existen también estudios que muestran resultados prometedores sobre la posibilidad de transformar los subproductos del cultivo del plátano en alimento para ganado. Los residuos han sido utilizados directamente o ensilados. Algunos estudios llevados a cabo por el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) mostraron que los plátanos de descarte ensilados presentaban una alta concentración energética y alta apetencia por parte del ganado. Además, los animales alimentados con este producto produjeron una mayor cantidad de leche con excelentes propiedades fisicoquímicas (Dupuis, 2015; Álvarez, Méndez and A. Martínez-Fernández, 2020).

Por otra parte, Marie-Magdeleine *et al.* (2009) incorporaron las hojas y pseudotallo de la platanera tal cual como forraje en dietas para ovejas y no encontraron diferencias con respecto a las dietas control (Marie-Magdeleine, Liméa, Etienne, Lallo, Archimèd and Alexandre, 2009). Sin embargo, debido a su moderado valor nutricional, se recomienda una inclusión limitada en las dietas de rumiantes y la posibilidad de su mejora, por ejemplo, a través de fermentación microbiana, es un paso importante para crear pienso de elevada calidad nutritiva (Padam, Tin, Chye and Abdullah, 2014).

Los análisis de composición determinan un contenido en proteínas y lípidos bastante bajo, como cabría esperar, por lo que no tiene uso directo en alimentación del ganado. Estos subproductos están formados mayoritariamente por celulosa (alrededor del 30%) y hemicelulosa (sobre el 15%), con una baja proporción de lignina (sobre un 6%), lo que puede resultar interesante para la obtención de compuestos alimentarios, tales como oligosacáridos o antioxidantes. Se tiene, además, una elevada proporción de glucanos, por el elevado contenido en almidón (Díaz, Ortega, Benítez, Ramírez and Fernandes, 2019).

El elevado contenido en compuestos antioxidantes podría ser de especial relevancia para el sector de la acuicultura, pues permitiría sustituir los antioxidantes sintéticos empleados en la actualidad, cuya participación en procesos cancerígenos ha sido demostrada. Ciertos estudios muestran la potencialidad de la cáscara de plátano y la inflorescencia para la obtención de estos compuestos. Los residuos obtenidos de la extracción de la fibra (pulpa) también presentan elevados valores de polifenoles con actividad antioxidante.

Tanto el plátano de descarte, como el raquis y la pulpa, pueden someterse a un proceso simple de extracción en una mezcla de agua y etanol (ambos considerados como disolventes seguros en la industria alimentaria), a una temperatura moderada (78°C) y tiempos cortos (menos de una hora). Por este método se obtienen extractos con capacidad antioxidante similar a los de la uva o la ciruela, u otros comúnmente empleados, lo que demuestra el atractivo de los subproductos del cultivo del plátano como fuente de antioxidantes naturales (Díaz, Benítez, Ramírez-Bolaños, Robaina and Ortega, 2021).

Asimismo, los residuos de la platanera presentan un alto contenido en carbohidratos a partir de los cuales se podrían obtener oligosacáridos que podrían también encontrar aplicación en el campo de la acuicultura, como prebióticos. La presión hacia una acuicultura sostenible y rentable ha impulsado la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la producción de una manera natural y respetuosa con el medio ambiente.

En este contexto, los suplementos dieté-

uticos funcionales, incluidos los pre-, pro- y simbióticos, están recibiendo una atención cada vez mayor, siendo los prebióticos uno de los suplementos dietéticos funcionales más estudiados. La administración de prebióticos en dietas de diferentes especies de peces ha mostrado resultados prometedores en la respuesta inmune. Los oligosacáridos (como manano-oligosacáridos, fructo-oligosacáridos o los galacto-oligosacáridos) se han estudiado en animales acuáticos por su potencial prebiótico (Dimitroglou *et al.*, 2011; Ringø *et al.*, 2010).

Los oligosacáridos pueden encontrarse originalmente en alimentos, ser sintetizados a partir de disacáridos u obtenerse mediante la hidrólisis de polisacáridos. El proceso de hidrólisis de polisacáridos, aunque aún necesita ser mejorado, es considerado la mejor opción para la producción de oligosacáridos a gran escala, debido a su reproducibilidad y menor coste (Barreteau, Delattre and Michaud, 2006). La biomasa lignocelulósica, como los residuos agrícolas plataneros, contienen una multitud de carbohidratos complejos que la convierten en una fuente atractiva para la obtención de estos oligosacáridos, con la ventaja, además, en el caso de la platanera, de que su bajo contenido en lignina hace posible su obtención bajo condiciones moderadas.

En la ULPGC hemos conseguido obtener 25 gr de malto-oligosacáridos por cada 100 gr de pulpa seca (subproducto resultante de la extracción de fibra del pseudotallo) (Díaz *et al.*, 2021) mediante hidrólisis térmica, empleando únicamente agua, en condiciones moderadas (temperaturas máximas de 150°C). Esto permite que la ruta de procesado siga los principios de la química verde, sin necesitar de ningún compuesto químico a priori.

Además de obtener un licor rico en estos oligosacáridos, se obtiene un sólido con alta digestibilidad, que también puede ser aprovechado mediante hidrólisis enzimática para la obtención de oligosacáridos, provenientes de la hidrólisis de la celulosa. En nuestro grupo de investigación hemos sido capaces de obtener un rendimiento de alrededor del 28% en oligosacáridos con dosificaciones bajas de enzima. Estos oligosacáridos permiten el crecimiento adecuado de bacterias de la familia de las *Lactobacillus*, lo que constituye un primer indicador del potencial prebiótico de los compuestos obtenidos.

Por último, cabe señalar que los residuos generados en el cultivo del plátano han sido identificados como un sustrato económico con potencial para su uso en la obtención de enzimas celulolíticas (Shafique, Asgher, Sheikh and Asad, 2004) y para el cultivo de hongos comestibles (Bonatti, Karnopp, Soares and Furlan, 2004).

Obtención de bioetanol y biogás

Debido a su alto contenido en almidón, el plátano se puede emplear casi directamente para la producción de etanol tras su hidrólisis enzimática (Ma, 2015; Sharma, Kalra, Oberoi and Bansal, 2007). De la misma manera, la cáscara de la fruta se puede convertir en biogás mediante fermentación anaeróbica, con rendimientos relativamente altos (Ilori, Adebusoye, Lawal and Awotiwon, 2007; Tumutegyeize, Muranga, Kawongolo and Nabugoomu, 2011).

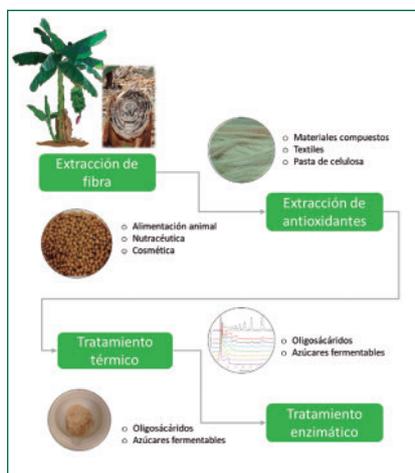
Sin embargo, las fracciones lignocelulósicas, debido a su compleja estructura, presentan más dificultades para su conversión en etanol (Velásquez-Arredondo, Ruiz-Colorado and De Oliveira, 2010; González Álvarez, 2023). Han surgido numerosos trabajos que evalúan el efecto de diferentes pretratamientos, sobre todo en el raquis y el pseudotallo, a fin de alterar su estructura y hacerla más susceptible a la hidrólisis enzimática.

Como se ha comentado, si se compara con otros materiales lignocelulósicos, resulta que los residuos de platanera tienen contenidos en lignina inferiores, lo que podría suponer una ventaja, proporcionando buenos rendimientos utilizando hidrólisis enzimática sin necesidad de llevar a cabo un pretratamiento o bajo unas condiciones menos severas (FAO, 2020). Los procesos de hidrólisis y digestión enzimática pueden optimizarse hacia la producción de glucosa, de tal manera que el resto de subproductos de la platanera también pueden ser empleados para ello. A través de una posterior fermentación de dichos azúcares, se puede generar bioetanol.

¿Qué estrategia seguir?

A través de procesos de biorrefinería pueden

FIGURA 5



Esquema resumen de una ruta potencial de aprovechamiento de los subproductos del cultivo del plátano.

Los subproductos del cultivo de platanera constituyen un recurso interesante, que puede ser valorizado a través de diferentes alternativas. La implementación de un esquema en cascada permitiría maximizar el uso de estos residuos: obtener fibras naturales y usar la pulpa restante para producir azúcares, que pueden ser usados para generar bioetanol (con aplicaciones energéticas o industriales), oligosacáridos con potencial efecto prebiótico y compuestos fenólicos con capacidad antioxidante

obtenerse diferentes productos orgánicos, en función de la ruta seguida. Una biorrefinería es una instalación que integra procesos y equipos de conversión de biomasa para producir combustibles, energía y productos químicos, de manera similar a las actuales refinerías de petróleo, pero partiendo de biomasa, tal y como se define por *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) (González Álvarez, 2023).

La definición del objetivo a conseguir variará la ruta de proceso. La mayor parte de

estudios en este ámbito se centra en la obtención de azúcares (glucosa) para obtener bioetanol a través de la fermentación. Esta obtención de azúcares puede hacerse por medio de procesos térmicos, empleando agua, o a través de procesos biológicos, empleando enzimas. Esto corresponde al nivel más bajo, representado por las biorrefinerías de fase I (González Álvarez, 2023), que parten de una materia prima para producir un único producto.

Sin embargo, para un aprovechamiento íntegro de la biomasa, sería interesante la combinación de varios procesos que permitan obtener diferentes productos. En primer lugar, deberían obtenerse aquellos compuestos de alto valor que puedan destruirse durante el procesado del material, tales como los compuestos polifenólicos. Tras esto, la utilización de condiciones más o menos severas dependerá de la necesidad de obtener azúcares simples, para procesos de fermentación posterior y obtención de bioetanol, o de oligosacáridos, con potencial uso como sustancias prebióticas.

En el caso de los residuos de platanera, una vez extraída la fibra y recuperados estos compuestos (antioxidantes) más sensibles, se puede llevar a cabo una hidrólisis térmica, empleando únicamente agua, en condiciones moderadas (temperaturas máximas de 150 °C). Mediante este procesado, se consigue obtener 25 gr de oligosacáridos por cada 100 gr de pulpa seca (Díaz *et al.*, 2021). Si el procesado se realiza en condiciones más severas (mayor temperatura o con la adición de bajas concentraciones de ácido), estos oligosacáridos se hidrolizarán y formarán azúcares simples.

De este proceso se obtiene el licor, con los oligosacáridos o azúcares, y un sólido con alta digestibilidad que todavía puede ser aprovechado mediante procesos enzimáticos. Esto es posible dado que el proceso hidrotérmico no necesita usar ningún reactivo químico, sino únicamente agua. No quedan, por tanto, restos de reactivos ni en el licor ni en el sólido. El pretratamiento del sólido en la primera etapa permite que, con dosis bajas de enzima, se consiga, de nuevo, un rendimiento de alrededor del 28% en oligosacáridos, provenientes de la hidrólisis de la celulosa.

Se tiene de esta forma un proceso en cascada mediante el cual, partiendo de una materia prima (el pseudotallo de la platanera) se consiguen obtener al menos cuatro productos diferentes: fibra (con aplicaciones en la obtención de materiales compuestos, papeles especiales o tejidos técnicos), antioxidantes naturales (con aplicación, por ejemplo, en el ámbito de la acuicultura), oligosacáridos de diferentes tipos (con capacidad prebiótica) o azúcares simples (para la obtención de bioetanol u otros productos a través de procesos biotecnológicos).

Conclusiones

Los subproductos del cultivo de platanera constituyen un recurso interesante, que puede ser valorizado a través de diferentes alternativas. La implementación de un esquema en cascada permitiría maximizar el uso de estos residuos: obtener fibras naturales y usar la pulpa restante para producir azúcares, que pueden ser usados para generar bioetanol (con aplicaciones energéticas o industriales), oligosacáridos con potencial efecto prebiótico y compuestos fenólicos con capacidad antioxidante.

La utilización de fuentes naturales renovables como materia prima es uno de los pilares del crecimiento sostenible. En el caso de la platanera, se trata además de la revalorización de un residuo, actualmente casi sin uso, para la obtención de productos de valor añadido, lo que constituye un acercamiento a los principios de la economía circular. Esta reutilización permitiría maximizar los recursos empleados en el cultivo alimentario y disminuir, a la vez, la cantidad de residuos generados. ■

▼ Notas

- Las autoras forman parte del Departamento de Ingeniería de Procesos y del Grupo de Investigación en Fabricación Integrada y Avanzada (Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles) de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Cuando un material por sí solo no permite cubrir las necesidades requeridas, se recurre al uso de los materiales compuestos, que están formados por dos o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente, y con propiedades superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes por separado. Algunos ejemplos de materiales compuestos son el hormigón armado (combinación de hormigón y acero), el adobe (barro y paja) o los composites de fibras de vidrio o carbono (resina polimérica y fibra sintética). Las aplicaciones de los materiales compuestos son numerosas, y van desde el sector del automóvil o la construcción hasta la producción de material deportivo. Con los materiales compuestos se consigue una mayor resistencia del material, una mejor procesabilidad, mejora de propiedades mecánicas, acústicas o estéticas, entre otras muchas.

▼ Referencias bibliográficas

- ABDUL AZIZ, N.A.; L.-H. HO, B. AZAHARI, R. BHAT, L.-H. CHENG, and M. N. M. IBRAHIM, "Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* × *balbisiana* Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours," *Food Chem*, vol. 128, no. 3, pp. 748–753, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.foodchem.2011.03.100.
- ÁLVAREZ, S.; P. MÉNDEZ, and M. FRESNO, "Ensilado de destrío de plátano para la alimentación caprina." https://www.icia.es/icia/GanAfrica/Ensilado_Plátano.pdf
- ÁLVAREZ, S.; P. MÉNDEZ, and A. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, "Fermentative and nutritive quality of banana by-product silage for goats," *J Appl Anim Res*, vol. 43, no. 4, pp. 396–401, Oct. 2015, doi: 10.1080/09712119.2014.978782.
- ASPROCAN, "Asociación de Organizaciones de Productores de Plátanos de Canarias (ASPROCAN). Estadísticas de producción y comercialización de Plátano de Canarias. 2018." https://platanodecanarias.es/wp-content/uploads/2019/03/DossierPDC_2018.pdf (accessed Mar. 25, 2020).
- BARRETEAU, H.; C. DELATTRE, and P. MICHAUD, "Production of oligosaccharides as promising new food additive generation," *Food Technol Biotechnol*, vol. 44, no. 3, pp. 323–333, 2006.
- BENÍTEZ, A.N.; M. D. MONZÓN, I. ANGULO, Z. ORTEGA, P. M. HERNÁNDEZ, and M. D. MARRERO, "Treatment of banana fiber for use in the reinforcement of polymeric matrices," *Measurement (Lond)*, vol. 46, no. 3, pp. 1065–1073, Apr. 2013, doi: 10.1016/j.measurement.2012.11.021.
- BONATTI, M.; P. KARNOPP, H. M. SOARES, and S. A. FURLAN, "Evaluation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju* nutritional characteristics when cultivated in different lignocellulosic wastes," *Food Chem*, vol. 88, no. 3, pp. 425–428, Dec. 2004, doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.050.
- DÍAZ, S. *et al.*, "Assessment of the effect of autohydrolysis treatment in banana's pseudostem pulp," *Waste Management*, vol. 119, pp. 306–314, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2020.09.034.
- DÍAZ, S.; Z. ORTEGA, A. N. BENÍTEZ, S. RAMÍREZ, and M. C. FERNANDES, "Characterization of banana crop's by-products," in *WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities. 5th International Conference*, 2019, pp. 5–7.
- DÍAZ, S.; A. N. BENÍTEZ, S. RAMÍREZ-BOLAÑOS, L. ROBAINA, and Z. ORTEGA, "Optimization of banana crop by-products solvent extraction for the production of bioactive compounds," *Biomass Convers Biorefin*, Jul. 2021, doi: 10.1007/s13399-021-01703-7.
- DIMITROGLOU, A. *et al.*, "Microbial manipulations to improve fish health and production – A Mediterranean perspective," *Fish Shellfish Immunol*, vol. 30, no. 1, pp. 1–16, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.fsi.2010.08.009.
- DUPUIS, I. "Evaluación de subproductos agroalimentarios para la alimentación animal en Canarias," 2015. <https://coagcanarias.com/wp-content/uploads/2016/04/EvaluacionSubproductosAgroalimentarios.pdf> (accessed Apr. 14, 2021).
- EUROPA PRESS ECONOMÍA FINANZAS, "Plátano de Canarias afirma que si la UE recorta las ayudas a las RUP pondrá en peligro al sector," *europapress*, Oct. 13, 2020. <https://www.europapress.es/economia/noticia-platano-canarias-afirma-si-ue-recorta-ayudas-rup-pondra-peligro-sector-20201013175147.html> (accessed Feb. 16, 2023).
- FAO, "FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. Banana facts and figures." <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/bananas/bananafacts/en/#.XnyuXoj7TIV> (accessed Mar. 25, 2020).
- GONZÁLEZ ÁLVAREZ, J. "Las Biorrefinerías: aplicación a materiales y residuos lignocelulósicos. Horizonte 2050," Santiago de Compostela, 2018. Accessed: Feb. 16, 2023. [Online].
- HOSSAIN, A.B.M. *et al.*, "Bioethanol fuel production from rotten banana as an environmental waste management and sustainable energy," *Afr J Microbiol Res*, vol. 5, no. 6, pp. 586–598, 2011, doi: 10.5897/AJMR10.231.
- ILORI, M.O.; S. A. ADEBUSOYE, A. LAWAL, and O. A. AWOTIWON, "Production of biogas from banana and plantain peels," *Adv Environ Biol*, vol. 1, no. 1, pp. 33–38, 2007.
- INGALE, S.; S. J. JOSHI, and A. GUPTA, "Production of bioethanol using agricultural waste: Banana pseudo stem," *Brazilian Journal of Microbiology*, vol. 45, no. 3, pp. 885–892, Jul. 2014, doi: 10.1590/S1517-83822014000300018.
- MA, J. "Banana Pseudostem: properties nutritional composition and use as food," The Univeristy of New South Wales, 2015.
- MARIE-MAGDELEINE, C.; L. LIMÉA, T. ETIENNE, C. H. O. LALLO, H. ARCHIMÉDE, and G. ALEXANDRE, "The effects of replacing *Dichanthium* hay with banana (*Musa paradisiaca*) leaves and pseudo-stem on carcass traits of Ovin Martinik sheep," *Trop Anim Health Prod*, vol. 41, no. 7, pp. 1531–1538, Sep. 2009, doi: 10.1007/s11250-009-9344-5.
- MOHAPATRA, D.; S. MISHRA, and N. SUTAR, "Banana and its by-product utilisation: an overview," *J Sci Ind Res (India)*, vol. 69, pp. 323–329, 2010.
- MONZÓN, M.D. *et al.*, "Experimental analysis and simulation of novel technical textile reinforced composite of banana fibre," *Materials*, vol. 12, no. 7, 2019, doi: 10.3390/ma12071134.
- ORTEGA, Z.; M. D. MONZÓN, A. N. BENÍTEZ, M. KEARNS, M. MCCOURT, and P. R. HORNSBY, "Banana and abaca fiber-reinforced plastic composites obtained by rotational molding process," *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 28, no. 8, pp. 879–883, Jun. 2013, doi: 10.1080/10426914.2013.792431.
- ORTEGA, Z.; M. D. MONZÓN, P. SOTO, I. GUINEA, L. SUÁREZ, and P. M. HERNÁNDEZ, "Use of banana fiber in injection - Moulded parts for the automotive sector," in *ECCM 2012 - Com-*

- posites at Venice, *Proceedings of the 15th European Conference on Composite Materials*, 2012. [Online]. Available: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84904016045&partnerID=MN8TOARS>
- ORTEGA, Z.; M. MORÓN, M. MONZÓN, P. BADALLÓ, and R. PAZ, "Production of Banana Fiber Yarns for Technical Textile Reinforced Composites," *Materials*, vol. 9, no. 5, p. 370, May 2016, doi: 10.3390/ma9050370.
- ORTEGA, R.; M. D. MONZÓN, Z. C. ORTEGA, and E. CUNNINGHAM, "Study and fire test of banana fibre reinforced composites with flame retardance properties," *Open Chem*, vol. 18, no. 1, pp. 275–286, Apr. 2020, doi: 10.1515/chem-2020-0025.
- PADAM, B.S.; H. S. TIN, F. Y. CHYE, and M. I. ABDULLAH, "Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 51, no. 12. Springer India, pp. 3527–3545, Dec. 03, 2014. doi: 10.1007/s13197-012-0861-2.
- ROBINSON, J.C. and V. GALÁN SAÚCO, *Plátanos y bananas*. Editorial Paraninfo, 2012.
- SAVASTANO, H.; P. G. WARDEN, and R. S. P. COUTTS, "Microstructure and mechanical properties of waste fibre-cement composites," in *Cement and Concrete Composites*, May 2005, vol. 27, no. 5, pp. 583–592. doi: 10.1016/j.cemconcomp.2004.09.009.
- SOUZA, E.L.; G. F. LIEBL, C. MARANGONI, N. SELLIN, and S. MILLENA, "Bioethanol from fresh and dried banana plant pseudostem," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 38, pp. 271–276, 2014, doi: 10.3303/CET1438046.
- UMA, S.; S. KALPANA, and K. SATHIAMOORTHY, "Evaluation of commercial cultivars of banana (Musa) for their suitability for the fiber industry," *Plant Genetic Research Newsletter*, vol. 142, pp. 29–35, 2005.
- RINGØ, E. *et al.*, "Prebiotics in aquaculture: a review," *Aquac Nutr*, vol. 16, no. 2, pp. 117–136, Apr. 2010, doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00731.x.
- SHAFIQUE, S.; M. ASGHER, M. A. SHEIKH, and M. J. ASAD, "Solid state fermentation of banana stalk for exoglucanase production," *Int J Agric Biol*, vol. 6, no. 3, pp. 488–491, May 2004.
- SHARMA, N.; K. L. KALRA, H. S. OBEROI, and S. BANSAL, "Optimization of fermentation parameters for production of ethanol from kinnow waste and banana peels by simultaneous saccharification and fermentation," *Indian J Microbiol*, vol. 47, no. 4, pp. 310–316, Dec. 2007, doi: 10.1007/s12088-007-0057-z.
- TUMUTEYEREIZE, P.; F. I. MURANGA, J. KAWONGOLO, and F. NABUGOOMU, "Optimization of biogas production from banana peels: Effect of particle size on methane yield," *Afr J Biotechnol*, vol. 10, no. 79, pp. 18243–18251, Dec. 2011, doi: 10.5897/AJB11.2442.
- VELÁSQUEZ-ARREDONDO, H.I.; A. A. RUIZ-COLORADO, and S. DE OLIVEIRA, "Ethanol production process from banana fruit and its lignocellulosic residues: Energy analysis," *Energy*, vol. 35, no. 7, pp. 3081–3087, 2010, doi: 10.1016/j.energy.2010.03.052.