

Indicador de Innovación¹

Aprovechamiento integral de un vegetal

Tema: plátano y banano

Resumen

Se propone un indicador de ciencia y tecnología en la temática de Innovación para visualizar la industrialización de un producto vegetal, donde se compara lo cosechado, con el producto vendido. El indicador de innovación propuesto es igual a las ventas de productos derivados de la cosecha dividido por el valor de la cosecha. En la venta se incluye los productos derivados de procesar la cosecha junto con los subproductos obtenidos a partir de procesar los residuos de cosecha y post-cosecha. El valor de la cosecha es lo que recibe el cultivador al vender esta. Para desarrollar el indicador se consideran los cultivos de plátano y banano, productos alimenticios de consumo interno y de exportación, y cuyo desarrollo industrial esta por darse. Se calcula inicialmente el indicador considerando solo la cosecha y la venta de los frutos sin considerar el procesamiento de los desechos. Se alcanza un Indicador de Innovación de 2,35. A continuación se propone aprovechar los desechos para producir etanol carburante de segunda generación y la fibra celulósica. El indicador de innovación alcanza un valor de 5,61 al industrializar el plátano y si se le agrega el banano llega a 8,24; entre el primero y el último indicadores hay una diferencia del 250 %, hay inversión en industria, más productos para exportar, más empleo y dividendos para los inversionistas y nuevos recursos para el estado colombiano, se aumenta la competitividad y la productividad.

1. Introducción

Los indicadores son un dato o un conjunto de datos que ayudan a medir objetivamente la evolución de un proceso o de una actividad. En esta ponencia se tiene el indicador unido a la innovación.

“Una innovación es la implementación de un producto (bien o servicio), o un proceso, nuevo o relativamente mejorado, un nuevo método de comercialización, o un nuevo método organizacional en las prácticas de negocios, la organización del lugar de trabajo o las relaciones externas”². Se propone un indicador para innovación empresarial, desarrollado sobre el producto y los procesos, donde las materias primas son lo que no se está aprovechando en los cultivos del plátano y banano.

El desaprovechamiento de nuestros recursos agroindustriales se da en muchos aspectos, y un ejemplo dramático es con los recursos de nuestros océanos, en la pesca se maneja tan mal al tiburón, se le quita la aleta dejando morir al animal (tomando como ejemplo de lo que hacen los pesqueros centroamericanos en la isla de Malpelo, como lo denunciaron los noticieros nacionales en el año 2013). Veámoslo con los vegetales, en nuestros campos se toma el fruto y se deja perder el resto de la planta, la cual contiene muchas sustancias, creadas por la naturaleza, que deberían utilizarse para darle un gran valor

¹ Propuesta del grupo de investigación QIDEA, los autores están al final de este documento.

² Definición del Manual de Oslo del año 2005. Tomado del documento “Términos de referencia” de COLCIENCIAS para la convocatoria 562.

agregado a toda la cadena productiva, está el caso del plátano y del banano con todas las partes de la planta que se pierden – pseudotallo, hojas, raquis-, no generan industria, empleo y rentabilidad al inversionista en las cadenas productivas. Lo que está ocurriendo con las plantas de plátano y banano es similar a como se maneja el tiburón. Y a pesar del desperdicio la rentabilidad es alta. ¿Qué tal si se aprovecha toda la planta?

A través de los diversos trabajos realizados en la Universidad del Quindío alrededor de las plantas de plátano y banano [1-21], nos preguntamos cómo se puede visualizar el futuro de un desarrollo industrial con estas plantas con un aprovechamiento al máximo de estas biomásas, es decir, con estas plantas en el momento de la cosecha, sin que se pierda nada del racimo (cascara y raquis), las hojas y el pseudotallo.

El Ministerio de Agricultura ha descrito las cadenas productivas del plátano y del banano, que corresponden a las figuras 1, la a y la b, las cuales son totalmente diferentes, en casi nada se parecen. Y en el caso del plátano y del banano, en su manejo a nivel mundial solo se habla de su consumo directo, es difícil ver otros usos fuera del culinario y de la alimentación animal.

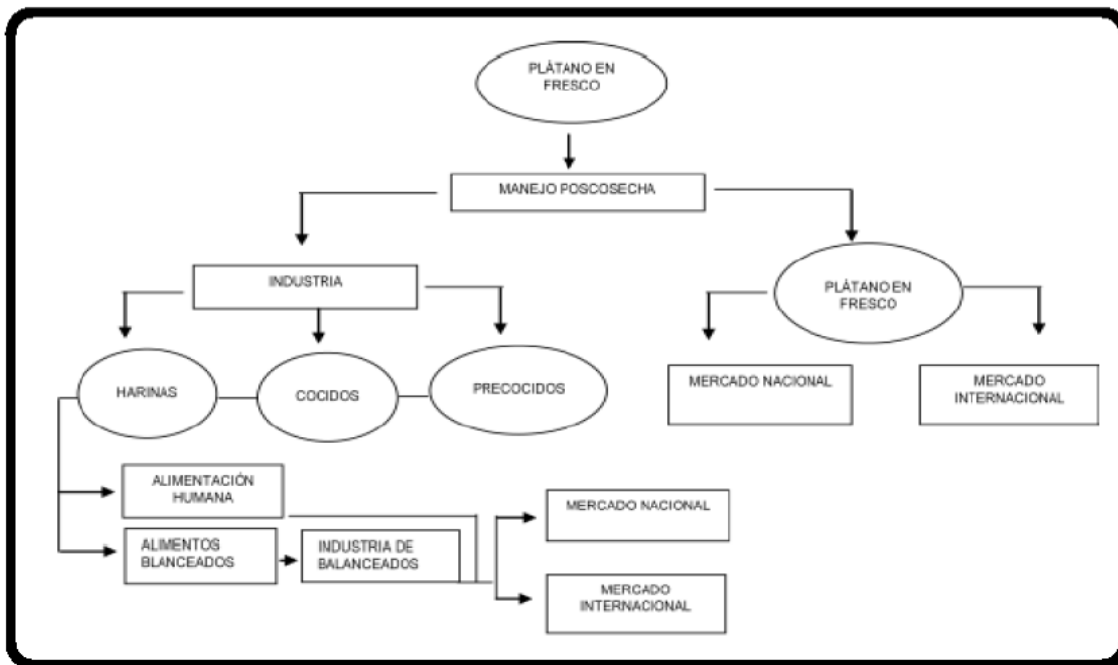


FIGURA 1a. La cadena productiva del plátano [22].

El plátano divide su uso entre el consumo en fresco y el utilizado industrialmente, en cambio el banano se consume en fresco y muy poco va para uso industrial. El interés de este documento es el análisis de estas cadenas de producción, llamar la atención en cómo se mejorarían estas si se llegan a manejar las partes de estas plantas, que se pierden, de una manera industrial. Entendamos las pérdidas desde el punto de vista de aumentar el valor agregado a través de otros productos, generando nuevo empleo. En las cadenas productivas indicadas en las figuras 1 a-b, hay agroindustria, pero solo para procesar el fruto, lo demás, que son las cascara de los frutos y el resto de la planta no entra la agroindustria colombiana. [10, 22].

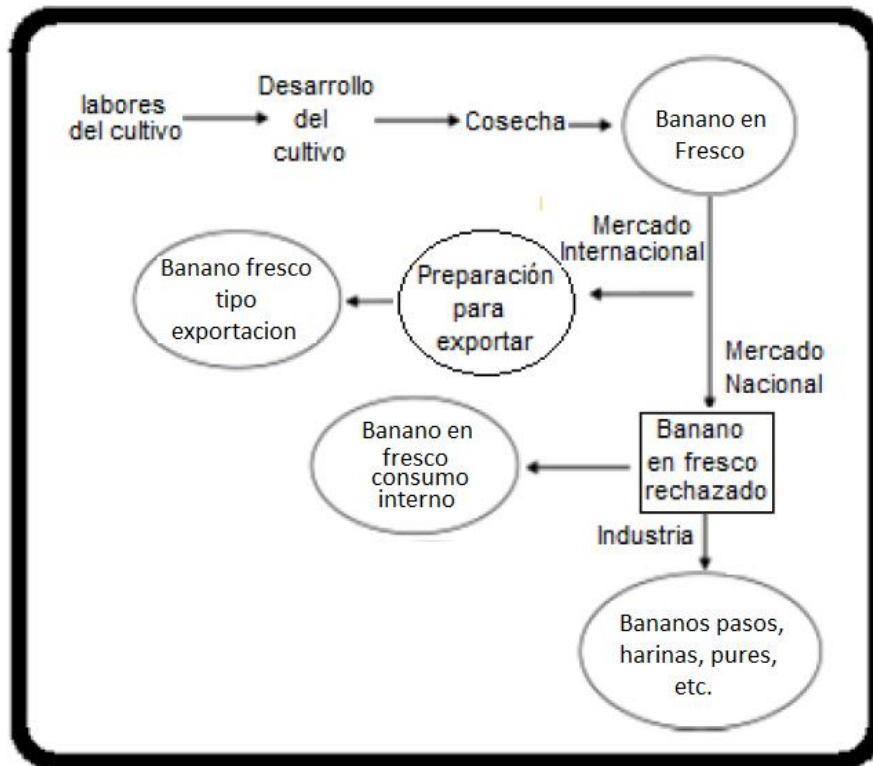


FIGURA 1b. La cadena productiva del banano [22].

Expliquemos con otros vegetales también cultivados en Colombia. El mayor aprovechamiento de la biomasa de una planta lo tenemos:

- En la industria de la caña de azúcar -solo se pierden las hojas de la caña al momento de la cosecha, estas se queman- (Productos industriales de la caña azucarera: azúcar morena, azúcar refinada, etanol grado farmacéutico, etanol carburante, melaza para la ganadería, melaza para la industria farmacéutica, melaza para la industria del etanol, melaza para la industria del ácido acético, melaza para la industria de la levadura, celulosa, papel, cartón, abonos),
- Otro ejemplo, la industria del algodón -solo se desaprovecha la planta que queda luego de recoger el algodón y su semilla- (Productos industriales de la planta de algodón: aceite comestible, margarina, algodón para textiles, algodón farmacéutico, linter, acetato de celulosa, nitrato de celulosa, biodiesel, jabón).

Esto no ocurre con los cultivos de plátano y banano, se recoge el fruto y pierde el resto de la planta (alrededor el 80 %) que queda como abono, algo para alimentación animal y una pequeña parte como materia prima para artesanos –la guasca-. Estos tres usos son de bajo valor agregado (pero muy bajo).

Otros casos: el café (se pierde el 95%), el cacao (se pierde el 80%), el arroz da muchos desperdicios y muy perjudiciales para el medio ambiente y muchas más plantas son desaprovechadas en alto porcentaje.

No conocemos el gran número de trabajos que se tienen en las universidades a través de los proyectos de grado (ciencias básicas, ingenierías y económicas) tanto en pregrado

como en postgrado (maestrías, las tesis doctorales), lo proyectos de investigación de los grupos de investigación, de centros e institutos de investigación³. Pero son trabajos de investigación de las aplicaciones industriales no considerando el control de plagas ni el manejo del cultivo para fertilizarlo y con el uso de agroquímicos, ni los que buscan el aumento de la productividad de la tierra –toneladas cosechadas/hectárea-. Los trabajos son financiados por las universidades, y por los propios estudiantes, unos pocos tendrán aportes de entidades del gobierno como COLCIENCIAS, los ministerios, y es poco probable dineros de empresas, o de los municipios o de las gobernaciones o de particulares.

2. Cálculos

2.1. Situación Actual

El plátano: el cosechado en la región central es apetecido por su calidad gastronómica, y su cultivo en nuestro país, es una tradición de la economía campesina, forma parte de la subsistencia de pequeños productores, tiene alta dispersión geográfica y de gran importancia socioeconómica desde el punto de vista de seguridad alimentaria y de generación de empleo. Un estimativo del área cultivada, 87% se encuentra como cultivo tradicional asociado con café, cacao, yuca y frutales, y el restante 13%, está como monocultivo tecnificado. Aporta US\$566 millones al Producto Interno Bruto Agrícola año 2002 [24].

Desde el punto de vista químico, los componentes de las plantas del plátano y del banano, que podrían ser provechados en una planta de proceso químico o agroindustrial son: el fruto, la cáscara del fruto, el raquis, el pseudotallo, el corazón del pseudotallo por separado, las hojas, y los residuos de la bellota. No se considera la raíz, y de los anteriores se pierde la bellota.

Para cada uno de estos componentes podríamos tener: las comercializadoras del fruto fresco, las procesadoras de productos alimenticios, las que utilizan la fibra (para papel, para cartón, para textiles tipo tela para muebles, cortinas, tapetes, cordeles), el almidón (extraído del fruto y del licor del pseudotallo, de la cascara, que luego de la hidrólisis nos da etanol carburante de segunda generación), clorofila, y otros productos químicos. Los estudios que se han realizado, y los que están en marcha, nos dan los productos que se pueden obtener verdaderamente de esta planta, ya ensayados a nivel de laboratorio por lo menos [1-21].

Consideremos la composición de una planta de plátano [6]:

- De la planta completa al comienzo de la cosecha: El 73,76% corresponde al pseudotallo, hay un 8,42% de hojas, y el 17,82% es el racimo.
- El racimo lleva el fruto, que va unido al vástago o raquis. El resto es el fruto y de este un 30% es de cáscara. Un racimo es un 60% de fruto, 25% cascara y un 15% raquis. La cascara se usa para alimentación animal.
- El licor que se extrae del pseudotallo es el 22,77%. De este licor se decanta el almidón. La parte sólida del pseudotallo es fibra y la parte central del pseudotallo que

³ En la Universidad del Quindío, el grupo de investigación QIDEA (Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental) aporta 21 trabajos [1,21] empezando en el año 1992.

se llama “corazón”. Hay un pequeño aprovechamiento por los artesanos de la fibra, la que llaman guasca.

- Con todo lo anterior se desperdicia el 80% de la planta.

En resumen, un desglose total de la planta del plátano nos da los siguientes siete (7) componentes:

1. El fruto sin cáscara
2. La cáscara
3. El raquis.
4. Fibra.
5. Corazón.
6. Licor decantado.
7. Almidón.

Y estos son los mismos con el banano. ¿Cuál sería la diferencia entre el plátano y el banano?, solo el sabor y el tamaño de estas plantas, la planta del banano es un poco más corpulenta que la del plátano, pero para efectos de los cálculos, se puede hacer una suposición, consideremos que las dos plantas son iguales. Pero una gran diferencia entre el plátano y el banano es en la venta, mientras el fruto del banano se debe vender con la cáscara, el fruto del plátano se puede procesar, retirarle la cáscara, empacarlo en diferentes estados de madurez. Una fábrica de procesamiento de plátano puede vender la cáscara, que generalmente se usa en la alimentación animal.

Si se hace el cálculo real, el indicador del banano sería un poco mayor que el del plátano, aunque no se separan mucho.

2.2. Estadísticas

Con el plátano en Colombia ya se ha alcanzado a tener densidades de 1000 plantas/ha, con una producción de 6 ton/ha, la producción nacional puede estar en 3.000.000 toneladas/año. Esta producción es de racimos, y es para consumo humano.

El cultivo del banano se distingue según el mercado, el banano tipo exportación y el banano para consumo interno. Para la exportación, se tienen 42000 hectáreas, en cambio para el consumo interno son 14000 hectáreas. Los datos de lo recolectado del banano se dan en cajas de 18,14 kg. Según las FAO [23] en el año 2003, la producción colombiana fue de 79,9 millones de cajas, o sea 2 millones de toneladas, con 140 000 TM/año para el consumo interno.

2.3. El Indicador

Para el crecimiento industrial del país y para mejorar el empleo, los ingresos de la población, hay que hacer investigación y hay que darle valor agregado a los productos de la tierra, de los ríos y los mares. Por lo tanto se debe hacer seguimiento a los resultados de I+D+i, y que estas se conviertan en una realidad industrial, para lo cual se requiere un indicador que nos muestre el número de empresas asociadas a un cultivo y las ventas de estas comparadas con el volumen y valor de las cosechas.

El indicador propuesto nos debe mostrar no solo la valorización (el cambio del valor en \$) del campo al anaquel sino el desarrollo industrial que da valor agregado, y este se logra por las innovaciones.

$$\text{Indicador de innovación} = \frac{\text{Cantidad vendida} * \text{precio venta/unidad}}{\text{Cantidad cosechada} * \text{precio cosecha/unidad}}$$

Donde:

- En el numerador los productos que llegan al consumidor final y en el denominador la cosechan y lo que se utiliza de la planta.
- El denominador es uno solo, pues este es un indicador de innovación empresarial por planta. Del cultivo se vende el racimo si es con el plátano; se vende el fruto sin el raquis si es el banano de exportación, y esto se vende en cajas; el banano de consumo nacional del campo sale en racimos como se hace con el plátano.
- El numerador es una sumatoria, el primer término es la venta de la cosecha al consumidor final. Ya aquí se vende del racimo el fruto sin el raquis cuando es el plátano; se calcula con el producto entre la cantidad vendida por el precio unitario de venta. Los siguientes términos son el resultado del manejo agroindustrial de los desechos, es decir, si en la fabrica se obtiene etanol carburante el cálculo es el volumen de etanol por el precio unitario de venta, y así sucesivamente con los demás producto obtenidos industrialmente.
- Con respecto al indicador propuesto para el plátano y el banano, no es necesario dos indicadores, pues el nombre científico de la planta es *Musa paradisiaca* y los nombres comunes son banano, plátano, guineo, etc., y esta planta se diferencia en el sabor y en el tamaño, principalmente, hay más diferencias; por lo tanto un solo indicador para el plátano y el banano, pero como las cadenas productivas (figuras 1 a y b) son diferentes, se podría tener tres indicadores, uno por cadena, o sea dos indicadores donde uno es para el plátano y el otro para el banano, y el tercero el indicador combinado. Si se considera el banano bocadillo y el guineo, serían entonces cinco (5) indicadores, uno de ellos el combinado.

2.3. Cálculos Ideales

Supongamos que se recoge toda la cosecha de plátano. Estos racimos son llevados a una fábrica, pero junto con el pseudotallo (pero solamente el 75% de este pues el 25% se deja como una práctica agrícola para que no se desmejore la futura cosecha) y las hojas. Supongamos que no se recoge la bellota, que es lo residual de la flor de esta planta. En resumen tenemos:

- Las semillas se llevan para iniciar el cultivo.
- Del cultivo salen:
 - Las bellotas, no se aprovechan
 - El 75% del pseudotallo (el otro 25% queda en el cultivo como práctica agrícola)
 - El racimo
 - Las hojas
- La fábrica de procesamiento de la cosecha recibe las hojas, el racimo y el pseudotallo. El racimo se separa en raquis, fruto y cascara. El fruto es para el consumo humano como alimento (Este fruto es procesado y empacado en tres presentaciones con diferentes grados de maduración para la oferta al público), y la

fábrica procesa el resto para obtener etanol carburante de segunda generación y celulosa.

Ahora, todo lo que queda de la planta de plátano es procesado en la fábrica:

- Primero se muele (hojas, cascara, raquis, pseudotallo). Toda esta biomasa se somete a una hidrólisis enzimática con el fin de convertir todo el almidón en glucosa.
- Se continúa con la separación del sólido del licor rico en glucosa.
- El sólido se somete a una hidrólisis ácida a alta temperatura y presión con el fin de obtener glucosa a partir de la celulosa, que aunque es un proceso poco eficiente, nos aumenta el contenido de glucosa.
- Entre estos procesos de hidrólisis de almidón (enzimática y ácida) y de celulosa (hidrólisis ácida) junto con el proceso fermentativo, podemos obtener un 10% de etanol vía fermentativa con levadura.
- Y cuando consideramos también emplear los desechos del banano, no es necesario separarlos, simplemente se mezclan, sin el fruto son lo mismo, no hay que diferenciar el pseudotallo, ni las hojas, ni el raquis.

Cosecha = 3'000.000 toneladas/año de racimos de plátano.

Como esto es alrededor del 18% de la planta:

- Planta de plátano cosechada = 17'000.000 toneladas/año⁴

Con lo que se pierde el 25% del pseudotallo que se queda en el cultivo:

- Planta de plátano para la fabrica = 12'500.000 toneladas/año
- Etanol producido, alrededor del 10% = 1'300.000 litros/año

Supongamos, se procesa solo el 50 % de la biomasa lignocelulósica, utilizado el resto en obtener energía para la fábrica, para artesanías, etc., por ejemplo.

Celulosa = 2'400.000 toneladas/año

Notas:

- Para obtener esta celulosa se someten las fibras residuales de la planta del plátano a la digestión alcalina, proceso similar al empleado en el procesamiento del bagazo de la caña azucarera, separa la lignina y hemicelulosas de la celulosa y emplea esta para obtener papel y cartón. La lignina y hemicelulosas son empleadas como combustibles en este proceso.
- Una alternativa adicional con este proceso combinado de etanol – celulosa es mitigar el impacto del daño ocasionado por los fuertes vientos (vendavales) sobre los cultivos de plátano y banano. Estos se dañan antes de la cosecha pero se puede recoger toda esta biomasa y llevarla a esta fabrica para producir etanol y celulosa y los cultivadores reciben un pago por esta biomasa.
- Las pérdidas de los frutos dadas en el almacenamiento, o por demoras en la venta, u otros factores, se pueden mitigar sin necesidad de llevar esta biomasa al basurero, en esta fabrica se recibe y algún pago se le reconoce al dueño de este

⁴ Este valor comprende el racimo, las hojas, el 75 % del pseudotallo (en el campo queda el 25 % pues es una práctica agrícola).

fruto no apropiado para el consumo. En el proceso fabril no se tienen inconvenientes. La única variación es que se aumenta la producción de ácido acético, lo cual no es problema pues es una sustancia química con mucha demanda.

- Este proceso fabril basado en los desechos del plátano y del banano puede recibir muchas más biomásas vegetales, es muy versátil. Al recibir diversas biomásas se incrementa la producción de etanol, y para esto se deben tener los dos procesos de hidrólisis, la enzimática y la ácida. Algunas biomásas que se recibirían serían los excedentes de las frutas, como las terceras calidades, también se puede procesar los residuos del café como el licor con mucilago, los tubérculos como la papa, la yuca, la arracacha, el bore, etc. Estas biomásas son ricas en carbohidratos que son la base para el proceso fermentativo para obtener etanol.
- Un proceso industrial como el propuesto permite la facturación de múltiples productos con los que no se hace, actualmente son desechos, y los convertimos en materia prima.
- Este manejo de desechos de cosecha hace que se considere la innovación en el transporte, ante todo por el traslado de material vegetal del campo a la fábrica y hay que evitar que se dispersen los patógenos que puedan traer como la sigatoka, etc., además de insectos y otros animales.

Ahora tengamos en cuenta el factor dinero:

- Precio de un racimo en el campo = \$5.000,0/racimo
- Precio de un fruto procesado = \$2.000,0/kg fruto empacado.
- Precio del etanol carburante = \$132/L
- Precio de la celulosa = \$900.000,0/tonelada

Y con estos datos el indicador inicial o base: el indicador sin tener en cuenta el aprovechamiento industrial de los desechos de cosecha, y sin procesar el fruto, es casi como lo que tenemos en la actualidad. En el denominador lo que vende el agricultor en el campo y en el numerador la venta de los frutos de plátano y banano, nada más. No tenemos en cuenta el pseudotallo, ni las hojas, ni el raquis. Si existiera estadísticas confiables se podría colocar las ventas de los artesanos que procesan la guasca, y la cascara para alimentación animal, pero nadie factura esto último.

$$\text{Indicador de innovación} = 2,35$$

Comentarios:

- De la cosecha al consumidor final, el plátano es un producto de nuestra dieta alimenticia, y este valor del indicador nos muestra que es un alimento muy barato. Este aumento del 135 % cubre: el acarreo y transporte del campo a la ciudad, el corte del racimo para retirar el raquis, el empacado de los frutos, el acarreo y transporte al sitio de venta, la ganancia del comercializador.
- No incluimos el uso artesanal del pseudotallo, o sea de la guasca, ni de la cascara para consumo animal, ni el aprovechamiento de las hojas que le da el campesino, porque esto es muy difícil de calcular, la información no puede ser confiable, es el manejo de los empresarios sin registro mercantil. Estos productos se venden sin factura.

Y pensemos en innovar, en industrializar los subproductos del plátano. Ahora hacemos cálculos con los grandes cultivos de plátano, que puede ser del 13% del total cosechado: en el cálculo del indicador, se mantiene el denominador en la ecuación, solo se varía el numerador:

$$\text{Indicador de innovación} = 5,61$$

Comentarios:

- Es un aumento del 140 % con respecto al indicador sin industrialización.
- Para llegar a este valor consideramos en obtener etanol carburante, el que se mezcla con la gasolina, y en la producción de celulosa. Estos dos procesos son sencillos, desde el punto de vista tanto de la química, de la ingeniería química, de la ingeniería mecánica, electrónica y eléctrica.
- Para el etanol se tiene la experiencia de las destilerías en casi todos los departamentos del país, donde se parte de la melaza hasta llegar al etanol del 96% calidad farmacéutica, y ya se tiene la experiencia en la producción del bioalcohol para mezclar con gasolina.
- Y en celulosa el país también tiene producción con fábricas en el departamento del Valle.

Pero esto puede variar considerando los grandes cultivos de banano. En la zona cafetera colombiana (Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Tolima, Valle) lo que se cosecha es para el consumo interno y la producción en la región del Urabá, y la costa norte, es para la exportación, y sería aprovechar esto último. La nueva industria que se tenga en estas regiones pueden recolectar a menor costo los residuos del banano y del plátano (pseudotallo, hojas y raquis).

Considerando los residuos del banano para los procesos de etanol y de celulosa, el indicador es mayor:

$$\text{Indicador de innovación} = 8,24$$

- Para este valor solo se considera la conversión del pseudotallo del banano en la producción de etanol carburante y de celulosa. No se considera la separación de la cascara del banano, pues su manejo es diferente al del plátano, el usuario final así lo prefiere. La innovación en el manejo de los residuos del banano junto con el del plátano incrementando el indicador inicial en un 250 %. Y se logra con la industrialización de los residuos del plátano y del banano, básicamente aprovechar el pseudotallo transformándolo industrialmente.
- Y se puede seguir incrementando el indicador con los productos químicos derivados como son el almidón, dextrina, la glucosa, el ácido acético, carboximetilcelulosa, clorofila, la nitrocelulosa, etc., consumir el corazón del pseudotallo en forma equivalente a los palmitos (se obtienen de la palma de chontaduro), papel, cartón, etc.
- Los procesos adicionales las biomásas del plátano y banano junto a las provenientes de frutas, tubérculos, etc., no se afecta el indicador de innovación propuesto, solo repercute en la rentabilidad de la fábrica pues tiene más etanol y celulosa para la venta.
- Para desarrollar este indicador de innovación se debe contar con información de las empresas, las cantidades que manejan de plátano y de banano, y sus precios. Por eso

es tan importante que los cultivadores registren sus actividades, y a los procesadores que se registren en las Cámaras de Comercio.

La innovación que se tiene en esta propuesta es en tres frentes:

- En el producto, hay una fuente de materias primas para el etanol carburante de segunda generación.
- En el producto, hay una fuente de materias primas para celulosa con lo cual se disminuye la presión sobre los bosques para la producción de papel y cartón.
- En el proceso, se combinan procesos de hidrólisis, digestión de lignocelulosa y fermentación.
- El proceso propuesto permite mitigar problemas ambientales como los vendavales y el de residuos orgánicos vegetales de los pueblos cercanos a las fábricas.
- En el transporte, se debe considerar la logística y la forma para transportar desechos vegetales que posiblemente tengan problemas por enfermedades y que hay que llevar del campo a la fábrica.

Entendiendo la importancia de este indicador de innovación propuesto, lo correcto es que las cadenas productivas de los vegetales (cadena de la papa, la cadena hortofrutícola, etc) considerados lo calculen y periódicamente reporten estos, y en las dos formas aquí desarrolladas, el indicador solo con la venta al consumidor final y el indicador con el procesamiento de los desechos.

Si hay competitividad y productividad con el plátano y el banano con el desperdicio tan grande de estos vegetales (pseudotallo –es muy poco lo que hacen los artesanos con la guasca-, hojas, raquis), otra sería la situación si la innovación empresarial se hace realidad al industrializar los desechos del plátano y del banano, que la innovación convierta estos desechos en materias primas. El café, el cacao, el plátano y el banano merecen un tratamiento industrial como se hace con la caña de azúcar, haciendo nuestra agricultura más competitiva y productiva.

El indicador de innovación empresarial propuesto nos hace ver que perdemos mucho y debemos actuar para ir de la investigación a la innovación – es ir del laboratorio de investigación universitario a la empresa-.

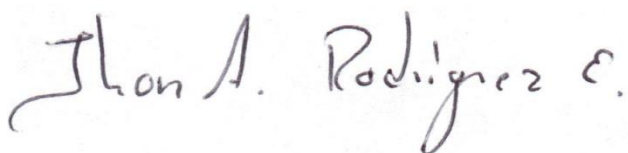
8. AUTORES



PEDRO NEL MARTÍNEZ YEPES, Ph.D.*⁵



HENRY REYES PINEDA, Ph.D.,*⁶



JHON ALEXANDER RODRÍGUEZ ESPINOSA,*⁷



LUIS FERNANDO VARGAS SOTO,*⁸

*⁵ Director grupo de investigación QIDEA (Grupo Químico de Investigación y Desarrollo Ambiental), profesor Titular Programa de Química, Universidad del Quindío, pedronelmartinez@uniquindio.edu.co .

*⁶ Director Maestría en Química, Investigador grupo QIDEA, Universidad del Quindío.

*⁷ Químico, Estudiante Maestría en Química, Profesor Programa de Química, Investigador Grupo QIDEA, Universidad del Quindío.

*⁸ Químico, Joven Investigador Grupo de Investigación QIDEA, Universidad del Quindío.

Bibliografía

1. ARBOLEDA, LINA y CELIS, MARÍA DEL SOCORRO. (2003). Evaluación del Carácter Contaminante en el Manejo de las Bolsas de Polietileno después de ser usadas por los Cultivadores de Plátano y Banano en los municipios de Armenia, La Tebaida, Montenegro y Quimbaya pertenecientes al Departamento del Quindío. Proyecto de Grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
2. ARRIETA, S., DUQUE, J.C, SOTO, J.C. (1992). "Obtención de carboximetil celulosa a partir de la celulosa extraída del pseudotallo del plátano". Proyecto de Grado, programa de Tecnología Química en Productos Vegetales, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
3. CÁCERES-SIERRA, JUAN DAVID, LADINO-CARDONA, MIYER ALEJANDRO. (2012). "Modificación Química Vía Acetilación del Almidón del Pseudotallo del Plátano Clon *Dominico Hartón*". Proyecto de Grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
4. CASTAÑEDA-HERRERA, CESAR AUGUSTO. (2010). "Obtención de Palmitos a Partir del Corazón del Pseudotallo del Plátano". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
5. CORTÉS-HERNÁNDEZ, HÉCTOR FABIO, MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL, GUARNIZO-FRANCO, ANDERSON, RODRÍGUEZ-ESPINOSA, JHON ALEXANDER. (2011). "Proyecto de Investigación 473: Obtención de fibra a partir del pseudotallo del plátano (*Musa paradisiaca*) para producción de textiles". Proyecto de investigación financiado por la Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
6. CORTES-HERNANDEZ, HECTOR FABIO, MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL, GUARNIZO-FRANCO, ANDERSON, RODRÍGUEZ-ESPINOSA, JHON ALEXANDER. (2011). "Aprovechamiento integral de la Planta del Plátano". ISBN 978-958-57263-0-7, Editorial Ediciones Elizcom S.A.S., libro resultado de investigación. Armenia, Quindío, Colombia.
7. ECHEVERRY, LUIS ADRIAN y ALVAREZ, DIANA MARÍA. (2001). "Fermentación del Liquido del Seudotallo del Plátano". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
8. GUARNIZO-FRANCO, ANDERSON, ANGULO-PACHÓN, CESAR AUGUSTO. (2002). "Obtención de rayón cupramonio a partir del pseudo-tallo del plátano". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia."
9. GUARNIZO-FRANCO, ANDERSON, MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL, CORTÉS-HERNÁNDEZ, HÉCTOR FABIO, RODRÍGUEZ-ESPINOSA, JHON ALEXANDER. (2011). "Proyecto de Investigación 463: Alcohol Carburante a partir del Pseudotallo del Plátano y Banano". Proyecto de investigación financiado por la Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
10. GUARNIZO-FRANCO, ANDERSON. (2011). "Hidrólisis Ácida de la Biomasa Lignocelulósica para la Obtención de Etanol". Tesis de grado Maestría en Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
11. GUARNIZO-FRANCO, ANDERSON, MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL, CORTÉS-HERNÁNDEZ, HÉCTOR FABIO, RODRÍGUEZ-ESPINOSA. (2011). "Aspectos Químicos del Pseudotallo de Plátano como Biorecurso Lignocelulósico". ISBN 978-958-57263-1-4, Editorial Ediciones Elizcom S.A.S., libro resultado de investigación. Armenia, Quindío, Colombia.
12. GUTIERREZ PINEDA, EDUAT. (2011). "Estudio de la hidrólisis acida del pseudotallo de plátano (*musa paradisiaca*) para la obtención de etanol". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.

13. JARA, FERNANDO AUGUSTO y DÍAZ, DIEGO. (2003). "Obtención de Clorofila a partir de las hojas del plátano y del banano". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
14. MARMOLEJO-VALENCIA, ANDRÉS FELIPE. (2012). "Aprovechamiento del almidón del jugo de pseudotallo del plátano *Dominico Hartón* en el estudio de la hidrólisis ácida asistida por microondas". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
15. MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL; GUEVARA-BRAVO, CARLOS ALBERTO; ROSE-PARRA, CHARLIE; RIOS-CALVO, CARLOS AUGUSTO; RODRIGUEZ-ESPINOSA, JHON ALEXANDER. (2004). "Proyecto 199: Aprovechamiento industrial de los residuos y desechos celulósicos en el departamento del Quindío". Proyecto de investigación financiado por la Universidad del Quindío.
16. MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL; GUEVARA-BRAVO, CARLOS ALBERTO; ROSE-PARRA, CHARLIE; RESTREPO-VALENCIA, HUGO ORLANDO; RIOS-CALVO, CARLOS AUGUSTO; RODRIGUEZ-ESPINOSA, JHON ALEXANDER. (2005). "Procesos Celulósicos con Especies no Madereras", ISBN 978-958-97744-0-3, Editorial Ediciones Elizcom., libro resultado de investigación. Armenia, Quindío, Colombia.
17. MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL; REYES PINEDA, HENRY; RODRIGUEZ-ESPINOSA, JHON ALEXANDER. (2013 en ejecución). "Proyecto 569: Evaluación de la producción de etanol usando el método de hidrólisis enzimática del almidón del pseudotallo residual del cultivo de plátano *Dominico hartón*". Proyecto de investigación financiado por la Universidad del Quindío, en ejecución de enero 2012 a diciembre 2013.
18. PLAZAS-SALDAÑA, JESUS. (2013 en ejecución). "Reacción del Almidón del Pseudotallo del Plátano (*Musa paradisiaca*) con N-(o-nitrofenil) maleimida". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
19. QUINTERO, MALLERLINY y SÁNCHEZ, SANDRA. (2003). "Obtención de Fibra a partir de pseudotallo del plátano *Dominico Harton* y Evaluación de su potencial en Tejidos". Proyecto de grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
20. VARGAS-SOTO, LUIS FERNANDO. (2010). "Análisis de los componentes del jugo del pseudotallo del clon *Dominico Hartón*". Proyecto de Grado, programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Quindío, Colombia.
21. VARGAS-SOTO, LUIS FERNANDO; MARTÍNEZ-YEPES, PEDRO NEL. (2013 en ejecución). "Proyecto Joven Investigador COLCIENCIAS (convocatoria 566)- Universidad del Quindío. Producción de etanol a partir de los azúcares y almidón en los líquidos extraídos de pseudotallos de plátano *Dominico Hartón*", en ejecución de feb/2013 a feb/2014.
22. CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL, CCI SECRETARÍA TÉCNICA. "Acuerdo de competitividad de la cadena productiva del plátano en Colombia". Colección Documentos IICA Serie Competitividad No.18, Bogotá, diciembre 5 de 2000.
23. ESPINAL G., C. F., MARTÍNEZ C., H. J., PEÑA M., Y. (2005). "*La Cadena del Banano en Colombia - una mirada global de su estructura y dinámica. 1991-2005*". Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Documento de Trabajo No. 60, Colombia.
24. "Acuerdo de Competitividad de la Cadena Productiva del Plátano en Colombia". Ministerio de Agricultura, ASOHOFrucol. Bogotá, abril 2002, pág. 11.