

# 34

Fecha de presentación: septiembre, 2019

Fecha de aceptación: noviembre, 2019

Fecha de publicación: enero, 2020

## PRÁCTICAS

PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN PLANTACIONES BANANERAS Y RESULTADOS DE SU IMPLEMENTACIÓN

### **PRACTICES FOR THE USE OF SOLID WASTE IN BANANA PLANTATIONS AND RESULTS OF ITS IMPLEMENTATION**

Rigoberto Miguel García Batista<sup>1</sup>

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu.ec](mailto:rmgarcia@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

José Nicasio Quevedo Guerrero<sup>1</sup>

E-mail: [jquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jquevedo@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>,

Alejandro Rafael Socorro Castro<sup>2</sup>

E-mail: [arsocorro@hotmail.com](mailto:arsocorro@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6576-308X>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad Metropolitana. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., Socorro Castro, A. R. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Universidad y Sociedad*, 12(1), 280-291.

#### RESUMEN

Las generaciones de residuos en los procesos de producción agrícola son notorias, algunas plantaciones aportan más, otras menos, pero en este caso en específico nos referiremos a las bananeras, donde la conducción del proceso productivo genera residuos durante todo el ciclo productivo, lo cual ha sido motivo de análisis y valoración en el presente trabajo, el uso del raquis, su conversión en biochar, el aprovechamiento del pseudotallo en las plantaciones, en la contribución al aprovechamiento más eficientes de los nutrientes por la planta, el empleo de trampas construidas a partir de estos residuos en el control de picudos, la fabricación de compost, entre otros aprovechamientos, nos permiten disminuir las cargas contaminantes en estas plantaciones realizando acciones que conducen a la sostenibilidad de estas plantaciones.

**Palabras clave:** Aprovechamiento de residuos, disminución de contaminación, sostenibilidad.

#### ABSTRACT

The generations of waste in the agricultural production processes is notorious. Some plantations contribute more, others less, but in this specific case we will refer to the bananas, where the conduct of the production process generates waste throughout the production cycle, which has been the subject of analysis and evaluation in the present work, the use of rachis, its conversion into biochar, the use of pseudo stem in plantations in the contribution to the more efficient use of nutrients by the plant, the use of traps built from these wastes in the control of picudo, the manufacture of compost, among other advantages, allow us to reduce the polluting loads in these plantations by performing actions that lead to the sustainability of these plantations.

**Keywords:** Waste use, pollution reduction, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

Al comentar sobre residuos sólidos, nos referimos, a todo producto residual generado por determinada actividad, ya sea por la intervención directa del hombre o por las actividades desarrolladas por otros organismos vivos. Los residuos han existido siempre, pero desde el mismo momento en que comienzan a acumularse en el medio ambiente ya sea por la velocidad con la que se generan, como por la naturaleza química de estos, hace que se dificulte su descomposición e incorporación a los ciclos naturales, comenzando a ser un problema ambiental. Insistimos en que se necesitan sistemas de acciones ambientales planificadas, desde el momento de la generación del residuo, hasta la disposición final más adecuada. Se deben tener en cuenta las características de los residuos: de volumen, su procedencia, costos de emisión y tratamiento, directrices administrativas y posibilidades de recuperación y comercialización, y así organizar acciones de gestión de los mismos.

Escenario, Las bananeras durante su ciclo productivo generan grandes volúmenes de desechos sólidos derivados en el proceso de mantenimiento y cosecha, destacándose el Raquis, los Pseudotallos y las Hojas (Figura 1 A, B y C).

Durante el mantenimiento de las plantaciones se destacan por sus aportaciones de residuos los raquis de los racimos y los tallos cosechados, los cuales mediante diferentes practicas pueden ser aprovechados de diferentes maneras y propiciar un uso adecuado de los mismos, cuestión a abordar en la presentación del día de hoy.



A



B



C

Figuras 1. A, B y C, desechos sólidos derivados en el proceso de mantenimiento y cosecha, A-Raquis, B-Pseudotallos y C. Hojas.

Fuente: Marín & Barrezueta (2019).

## DESARROLLO

La sostenibilidad se refiere, por definición, a la satisfacción de las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social.

La generación de residuos en bananeras resulta una problemática, resultados del diagnóstico realizado por García, et al. (2017), en la Empresa Productora de Banano Herederos Coronel muestran que se genera una gran cantidad de desechos orgánicos y químicos provocados por el desarrollo de la producción bananera, no se cuenta con las instalaciones necesarias para el buen manejo de los desechos sólidos, tampoco poseen un manual de manejo de desechos sólidos y los trabajadores se exponen a muchos riesgos diariamente al manipular sustancias químicas en sus labores cotidianas sin el debido equipo de protección (Figuras 2 y 3), debido a que el personal no está capacitado para sus labores y se encuentran desmotivados por el riesgo a su salud, esta situación es muy parecida en diversos sectores bananeros a nivel del país, ya que no hay evidencias de un adecuado control para el cumplimiento de lo establecido en la ley para empresas de este sector.



Figura 2. Lugar donde se colocan los residuos plásticos. Figura 3. Basura en canal de riego de la Finca Herederos Coronel.

Fuente: García & Valarezo (2017).

En la Finca Herederos Coronel se genera un promedio de 10421.8 kg por sector la semana (Tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de residuos (kg) que se generan en los 5 lotes de la finca Herederos Coronel.

TIPO DE RESIDUO	SALCEDO	LA LOMA	EL CAMOTE	EL OCHO	LA PAMPA	TOTAL
	16 ha	18ha	15ha	20ha	21ha	90 ha
Hojas	6700	7400	7000	8000	8500	37600
Tallos	2544	2862	2385	3180	3.339	14310
Cartón	4.0	5.2	3.80	6	6.50	25.50
<b>INORGÁNICOS</b>						
Envases plásticos	1	1.5	0.58	2	2.2	7.28
Galones	1.2	1.80	2.40	3	3.6	12
Mangas	18.24	20.52	17.10	22.80	23.94	102.60
Corbatas	1.54	1.72	1.44	1.92	2.20	8.82
Daipas	4.8	5.40	4.50	6	6.30	27
Sacos	2.88	3.24	2.70	3.60	3.78	16.20
<b>Total</b>	<b>9 277.66</b>	<b>10 301.38</b>	<b>9 417.52</b>	<b>11 225.32</b>	<b>11 887.52</b>	<b>52 109.40</b>

Fuente: García & Valarezo (2017).

Acciones para el aprovechamiento de algunos de los residuos en las bananeras, podemos generar un grupo de acciones que se destacan a continuación.

**I-Producción de biocarbon o biochar.** El carbón vegetal tiene su origen en la transformación mediante la combustión incompleta o parcialmente anaeróbica (pirólisis) de biomasa a temperaturas de 350-500°C, lo que produce energía y un carbón vegetal rico en carbono, que se devuelve al suelo. El carbón obtenido se procesa para obtener un producto de grano fino y poroso que toma el nombre de Biocarbon. La **pirólisis** es un proceso termoquímico que se ha convertido en una alternativa para el manejo de los residuos sólidos orgánicos, mediante este proceso el material se descompone debido a la interferencia de calor y en una atmósfera con ausencia de oxígeno convirtiendo el material principalmente tres productos: gases combustibles, aceites y biochar (Waste, 2014).

Los procesos para obtener Biochar (Biocarbon) son diversos, principalmente se consideran las tecnologías termoquímicas. Estas pueden ser clasificadas en cuatro categorías generales: **1-Pirólisis Lenta, 2-Pirólisis Convencional, 3-Pirólisis Rápida, y 4-Pirólisis Gasificación:** (Escalante, 2014).

**Producción de biochar:** La pirólisis se define como un proceso termoquímico mediante el cual el material orgánico se descompone, por la acción del calor en una atmósfera deficiente de oxígeno, y se transforma en una mezcla de hidrocarburos, gases combustibles, residuos de carbón y agua (Balat, et al., 2009)

Los resultados respaldan que los biochar pueden obtenerse a partir de un amplio rango de materiales (residuos agrícolas y forestales, estiércoles, residuos urbanos, lodos de aguas residuales, etc.), cuyas características van a determinar las propiedades físico-químicas del biochar producido (Sohi, et al., 2010; Song & Guo, 2012) and additional emissions occur in the conversion of land from other uses. Unlike natural lands, active management offers the possibility to increase terrestrial stores of carbon in various forms in soil. The potential to sequester carbon as thermally stabilized (charred, Resultados del análisis de 85 tipos de biochar obtenidos a partir de distintos tipos de materiales, encontrando diferencias entre ellos, por ejemplo, encontraron que el contenido de nutrientes de los biochar obtenidos a partir de estiércoles fue considerablemente mayor que el de los biochar obtenidos a partir de residuos leñosos. También, las condiciones de pirólisis pueden originar biochar con diferentes características pese a ser obtenidos a partir de un mismo tipo de material (Brewer, et al., (2009)crop residues can be used as a potential energy source as well as to sequester carbon (C.

**Entre los productos obtenidos de la pirólisis se destaca el Carbón orgánico (Biochar):** Contiene pocas impurezas y su potencia calorífica es de 8000 Kcal/kg. Este producto aportado a los suelos agrícolas es capaz de secuestrar el carbono del CO<sub>2</sub> y de otros gases contaminantes de la atmósfera e incorporarlo a su estructura. El biochar procedente de la ganadería (debido a sus altos contenidos en nitrógeno) está compuesto de relativamente altos contenidos en nitrógeno, y otros elementos nutritivos como el fósforo y azufre.

**1-Recolección de la materia prima:** La materia prima utilizada en la fabricación de biochar resulta un residuo de gran abundancia en las plantaciones bananeras, el raquis.

**2-Acondicionamiento de la materia prima:** La materia prima se deberá trasladar a un sitio descubierto para facilitar el aprovechamiento de la radiación solar, ser tendida de manera uniforme en un piso de hormigón para un mejor secado. Los residuos son sometidos a luz solar y temperatura ambiente (30°C) durante dos semanas respectivamente, la biomasa se deberá esparcir de forma homogénea y facilitar el proceso de pirolisis.

**3-Producción de biochar:** Para la producción de biochar es necesario que la materia prima este completamente seca.

Biochar de raquis de banano. Raquis, El raquis es el tallo de la inflorescencia, que va desde el primer fruto hasta la yema masculina. Puede estar desnudo o cubierto con brácteas persistentes. Las cicatrices en el raquis, que indican el lugar donde estaban unidas las brácteas, también se conocen como nódulos.

La producción de biochar de banano es un residuo fácil de procesar (incinerar), por lo que se utiliza un tambor de menor tamaño, se llenan  $\frac{3}{4}$  partes del mismo de materia seca de banano es decir hasta 40 cm de altura de los 60 cm de su altura (Figuras 4 y 5).



Figura 4. Tambor externo de combustión a) Tanque sin alteraciones. b) Ingreso de leña. c) Ingreso de Aire. d) Cámara de combustión. Figura 5. Tambor interno de almacenamiento (40x60cm).

Fuente: Marín & Barrezueta (2019).

Los procedimientos utilizados, Introducir en el tambor de mayor tamaño, se colocó un soporte metálico en la parte inferior junto con ladrillos que permitan soportar el peso, se aplica leña por la abertura de mayor tamaño, y se encendió el horno, el tanque de mayor tamaño cumple la función de separar el material resultante producto de la pirolisis y evitar que se mezcle con residuos de carbón y ceniza que se producen en la parte inferior, el tornillo ubicado en la parte superior de la tapa permite contener la presión generada en el interior y evita el ingreso de oxígeno, mientras que los agujeros en la parte inferior permiten aliviar dicha presión. Todo el proceso de pirolisis en raquis de banano dura aproximadamente dos horas. Es necesario abrir la tapa en periodos cada media hora para remover el material y reducir el contenido de ceniza, luego se retira el tanque, se espera hasta que el biochar esté completamente frío. De 3kg de raquis de banano se produjo 1kg de biochar (Figura 6).



Figura 6. Producción de biochar de raquis de banano y cascara de cacao. a) Cascara de cacao. b) Raquis de banano. c). Almacenamiento de la materia prima. d) Sellado del tambor interno. e) Pesado del tambor interno. f) Cámara de combustión. g) Ignición de la leña. h) sellado del tambor externo.

Fuente: Marín & Barrezueta (2019).

**Activación del biochar:** El biochar es una enmienda rica en nutrientes y aporte de materia orgánica pero su aplicación de forma directa al suelo puede resultar tóxica e incluso inhibir la germinación de las semillas, varios autores recomiendan realizar la activación mediante la adición de compost, humus o estiércol. La adición de biochar puro, sin el proceso de activación provoca bajos rendimientos en los cultivos, e incluso afecta la germinación de la semilla, mientras que al adicionar biochar activado mejora el rendimiento de los cultivos, y la disponibilidad de nutrientes.

Por ejemplo, la activación de 1kg de biochar de banano, se utilizaron 15 kg de humus y 15 kg de biochar de cacao, que se mezclaron de forma homogénea y se extendieron en una superficie plana de hormigón, luego se tapó con una lona. Se regó con agua cada dos días durante 4 semanas, se removió de forma periódica ambos materiales

y facilitar una mayor aeración del humus y del biochar. A los 15 días se aprecian pequeños microorganismos muchos de ellos hongos de color blanco y no existió presencia de ningún olor. A los 28 días se obtuvo un total de 29.92 kg de biochar activado.

El proceso de pirolisis dura 2 horas en la producción de biochar de raquis de banano, es de destacar que se removió el material por un periodo de 30 minutos, con el objetivo de reducir el contenido de ceniza existente y aumentar el contenido de carbón vegetal. el biochar de banano presentó pirolisis parcial a los 30 minutos y una pirolisis completa a las 2 horas (Figura 7). La Figura 7 b, se puede apreciar la formación de pequeñas capas de carbón vegetal en la parte exterior del raquis.



Figura 7. Niveles de pirolisis biochar cacao. a) Pirolisis ligera. b) Pirolisis parcial. c) Pirolisis completa. d) Pirolisis total.

Fuente: Marín & Barrezueta (2019).

### Resultados de las aplicaciones del Biochar en plantaciones de banano

Una de las labores culturales de mayor importancia es la fertilización, ya que puede aligerar o retardar el desarrollo de la planta, tanto de su parte aérea como radical; para la obtención de fruta con calidad comercial (longitud y grosor) es necesario que las plantas de banano reciban una fertilización balanceada. Sin embargo, han surgido nuevas alternativas de fertilización con altos beneficios en el uso de los insumos orgánicos (Cevallos, 2014).

Antecedente positivo con el uso de biocarbon en cultivo de banano, lo manifiesta Tuz (2018), cuyos resultados

donde se aplicó como enmienda edáfica, mejoraron parámetros productivos y fitosanitarios a bajo costo, lo que propicia seguir investigando acerca de esta alternativa orgánica.

Resultados de investigaciones muestran la dosis óptima de biocarbon (BC) para ser usado como enmienda edáfica en el cultivo de banano (*Musa x paradisiaca* L.) clon William, y su efecto en la productividad y fitosanidad del cultivo de banano, respaldado por los costos implementación de diferentes tratamientos. Los tratamientos (Tabla 2) que acompañan al Biochar son:

Tabla 2. Tratamientos estudiados.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Tratamiento 5
Yaramila (10 g)	BC (75 g) + 10 g Yaramila	BC (50 g) + 10 g Yaramila	Testigo absoluto	BC (100 g) + 10 g Yaramila

Fuente: Tuz (2018).

Tenesaca (2019), recomienda los tratamientos de 75 g y 50 g de biocarbon como los mejores de mejores resultados, indicando que estas son las dosis más recomendables para poder aplicar el biocarbon como enmienda edáfica al cultivo de banano y obtener aumentos significativos en la producción, además se recomienda no utilizar dosis mayores a 75 g de biocarbon como enmienda edáfica para el cultivo de banano, especialmente desde etapas fenológicas tempranas, ya que con 100 g de biocarbon + 10 g de Yaramila complex, se presenta un escaso desarrollo de las plantas, debido a que el biocarbon absorbe y retiene los nutrientes con sus cargas negativas, y su pH alcalino, retiene el agua en el suelo por más tiempo e inmoviliza el nitrógeno, ocasionando el enanismo de las plantas.

**Análisis económico de los tratamientos.** La Tabla 3 muestra los resultados de la valoración económica de las diferentes dosis estudiadas, el mejor resultado costo/beneficio se obtuvo al aplicar dosis de 50 g de biocarbon + 10 g de Yaramila complex. (T3).

Tabla 3. Relación Beneficio-Costo.

DESCRPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5
Precio de una caja de banano	9,2	9,2	9,2	9,2	9,2
Costo de producción de una caja de banano	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Costo de tratamiento	1,2	3,99	2,64	0	2,94
Costo total de producción de una caja de banano	7,7	10,49	9,14	6,5	9,44
B/C	1,19	0,88	1,01	1,42	0,97

Fuente: Tenesaca (2019).

La tabla 3 muestra la relación beneficio costo para todos los tratamientos, donde los valores > a 1 son rentables y los < a 1 no son rentables. Analizando los resultados obtenidos encontramos tres tratamientos > a 1 (T1, T3 y T4), mientras que el T2 y el T5 son < a 1, lo que indica que no son factibles estos tratamientos. Si tenemos en cuenta que el T2 es uno de los dos que llegó a la cosecha, y tenemos en cuenta la ratio, podemos asegurar que si es rentable. El T5 no llegó ni siquiera a la cosecha, al igual que el T1 y el T4, por consiguiente, podemos afirmar que el T3 el tratamiento con la dosis más idónea y con el mejor costo beneficio de todos, reafirmando lo que ya evidenciaron los análisis estadísticos.

### Mejoras al biochar, Mineralización del Biochar.

Resultados de investigaciones presentados por Cuenca (2019), quien manifiesta que un uso más eficiente del biochar a través de la evaluación de los efectos de su mineralización sobre parámetros químicos del suelo a través de procesos de incubación de 30 y 60 días, producen cambios en parámetros químicos como el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y niveles de amonio, mostrando que esta enmienda orgánica produce efectos positivos al ser aplicada al suelo.

El biochar es altamente alcalino razón por la cual el pH del suelo, se incrementa, sin embargo, pasados los 30 días de incubación se produce un ligero descenso de este. La conductividad eléctrica se reduce notablemente, observando que a los 60 días en las aplicaciones de 20 g de biochar, demostrándose que a mayor tiempo de incubación se produce una reducción significativa de estos parámetros químicos.

La materia orgánica aumenta a medida que se incrementaron las dosis de biochar, resultando las aplicaciones de 20 g de biochar a los 30 y 60 días, las que presentaron valores elevados de M.O. El contenido de amonio, al igual mostro un aumento significativo en las aplicaciones de 20 g de biochar, pero a los 60 días, evidenciando que se incrementa su cantidad, a mayor tiempo de incubación y con altas dosis de biochar, mejora la relación C/N en el suelo.

Los resultados corroboran que: 1- El biochar es altamente alcalino y puede ser utilizado como enmienda orgánica para reducir la acidez del suelo. 2-Aplicar biochar en suelos donde exista alta conductividad eléctrica permitirá reducir la salinidad presente en el suelo, 3-Al utilizar el biochar como enmienda en el suelo se incrementan los contenidos de materia orgánica y mejoran sus propiedades físicas, químicas y biológicas y 4-Usar biochar incrementará el contenido de amonio y favorecerá la relación C/N en el suelo.

II-Uso eficiente de otros residuos agrícolas en plantaciones bananeras.

1-Aprovechamiento del Pseudotallo para estimular el crecimiento del retorno mediante la aplicación de microorganismos y fertilizantes químicos al pseudotallo al momento de la cosecha.

La aplicación de los fertilizantes en el banano es directamente al suelo; teniendo como desventaja, la pérdida de nutrientes y minerales por lixiviación y por la volatilización, causando subdosificaciones en la fertilización que conlleva a obtener producciones bajas por efecto de la deficiencia de nutrientes, que no cubre las demandas nutricionales de la cosecha es por eso que cada hijuelo o retorno se desarrolla con problemas de crecimiento afectando el vigor genético de los hijos de sucesión los mismos que producen defectuosos y en tiempos más prolongados (Labarca, et al., 2005).

El manejo del cultivo de banano, con la aplicación de microorganismos de montaña y fertilizantes químicos en el pseudotallo, se pretende que el retorno aproveche en su totalidad el aporte de la planta madre el desdoblamiento de los nutrientes, que se podría definir como una alternativa a la fertilización más eficiente que aplicarla en suelo, proponiéndose como objetivo de este estudio, Estimular el crecimiento del retorno mediante la aplicación de microorganismos y fertilizantes químicos al pseudotallo al momento de la cosecha.

Se utilizaron varias combinaciones y generaron los siguientes tratamientos (Tabla 4).

Tabla 4. Tratamientos y número de repeticiones con productos y fertilizantes químicos aplicados.

Tratamientos	Contenido de los tratamientos.
T1	Microorganismo + (2g) óxido de zinc + (2 g) ácido bórico + (50 g) nitrato de K + (30 g) Fósil Shell
T2	Biol de gallinaza + (2g) óxido de zinc + (2 g) ácido bórico + (50 g) nitrato de K + (30 g) Fósil Shell
T3	Microorganismo + biol de gallinaza + (2g) óxido de zinc + (2 g) ácido bórico + (50 g) nitrato de K + (30 g) Fósil Shell

Fuente: Delgado & Quevedo (2019).

#### *Metodología. Preparación de microorganismos de montaña eficientes.*

Captura de microorganismos de montaña, Se colectaron en el bosque usando trampas de arroz cocido, que fueron instaladas en áreas libres de la aplicación de agroquímicos. Las trampas estuvieron 6 días en el campo luego fueron cosechadas y se clasificaron los hongos por su color, para luego ser multiplicados en una solución de melaza al 25% por 30 días. Si el líquido que contiene los hongos y la melaza tiene un olor agradable a caramelo, se usan para la maceración de los pseudotallos; si el olor es repulsivo y desagradable se descarta por contaminación con bacterias.

Preparación de la mezcla de los tratamientos, Se procedió a pesar los respectivos fertilizantes químicos: 2 gramos de óxido de zinc, 2 gramos de ácido bórico, 30 gramos de nitrato de potasio y 50 gramos de Fósil Shell. Una vez pesado los fertilizantes químicos se ubicaron en un vaso de precipitación, para luego mezclarlos homogéneamente, posteriormente se añadió el cóctel de (50 ml) tanto en microorganismos en el primer tratamiento y (50 ml) de biol de gallinaza en el segundo tratamiento, y para el tercer tratamiento se añadió (25 ml) microorganismos y biol de gallinaza, conseguir una pasta homogénea.

#### *Aplicación de la pasta en el pseudotallo cosechado.*

La colocación de la pasta macerada en el pseudotallo cosechado se realiza a la altura de 1,70 m, en un hoyo de 10 cm realizado en la parte central del caballete, donde se coloca la pasta y finalmente se cubre con parte del pseudotallo.

La tabla 5 muestra el análisis financiero (**Costo/beneficio**) que se realizó a los tratamientos, transformado a hectáreas en función del valor presupuestario de la caja (22XU) para la exportación de banano convencional. Cabe indicar que además de ser rentable la propuesta de

fertilizar al pseudotallo cosechado, se evita la pérdida de nutrientes por lixiviación, volatilización, lavado de sales y evaporación, volviéndose una alternativa amigable con el medio ambiente, ya que reduce los efectos nocivos de la fertilización edáfica. Para realizar el ejercicio de costo beneficio se tomó como media muestral 10 plantas por tratamiento. El T1 tiene un costo de \$ 1,65 para la aplicación de 10 plantas analizadas en la producción, incluido

el valor de los jornales que realizan esta labor y el costo es de \$ 86 ha<sup>-1</sup>, considerando la conversión racimo/caja (ratio) de 1.5 se obtuvo 60 cajas ha<sup>-1</sup> a un precio de mercado de \$ 6,50 lo cual produce un ingreso de \$ 390 y un beneficio de \$ 304 ha<sup>-1</sup>/semana superior a los demás tratamientos.

Tabla 5. Estimado de costo beneficio en cada tratamiento por racimos cosechados por hectárea.

Tratamientos	costo de tratamientos	racimos cosechados Ha	Jornales (USD/Día)	costo/ha/sem	costo/ha/año	Ratio	# cajas/ Ha (sem)	# cajas/Ha (año)	Precio	Ingreso T/Ha	P Ingreso T (año)	Coto beneficio (sem)	Coto beneficio (año)
Microorganismos + fertilizantes químicos	1.65	40	20	86	4472	1.5	60	3120	6.5	390	20280	304	15808
Biol de gallinaza + fertilizantes químicos	1.40	40	20	56	2912	1.2	48	2496	6.5	312	16224	256	13312
Microorganismos + Biol de gallinaza + fertilizantes químicos	2.65	40	20	106	5512	1.2	48	2496	6.5	312	16224	206	10712
Testigo	0	40	0	0	0	1.2	48	2496	6.5	312	16224	312	16224

Fuente: Delgado & Quevedo (2019).

Los resultados obtenidos señalan que es muy rentable aplicar a los pseudotallos recién cosechados nutrientes en combinación con microorganismos de montaña y mejorar el vigor del retorno y obtener racimos de alta calidad agronómica, incrementando de esta forma la ratio (conversión racimo/caja). El mejor tratamiento fue el T1 (microorganismos de montaña y fertilizantes químicos) que permitió un rápido crecimiento y mayor diámetro del retorno aplicando una técnica muy accesible y de bajo costo, que permite optimizar la asimilación de nutrientes por la planta, disminuyendo las pérdidas por lixiviación, volatilización, evaporación y lavado que ocurren con la fertilización edáfica.

La aplicación de fertilizantes y microorganismos al pseudotallo mejoran la velocidad del retorno, permitiendo obtener un mayor volumen de producción por unidad de producción en función del tiempo, con un área foliar aceptable y excelente calidad exportable. Económica y ambientalmente es mucho más rentable aplicar la fertilización al pseudotallo con macro y micronutrientes en mezcla con un coctel de microorganismos eficientes. Esta forma de fertilización resulta una opción atractiva para mejorar el vigor y la productividad de las plantaciones, no obstante cabe recalcar que su implementación puede resultar un poco tediosa, pero los resultados a obtener cubren cualquier expectativa con un aumento aproximado del 34% de la producción, teniendo en cuenta que

la selección adecuada y oportuna del hijo de sucesión y las demás labores culturales como el riego y el manejo integrado de plagas y enfermedades son indispensables para el éxito de este sistema.

2- Elaboración y uso de diferentes trampas para el control de picudo negro (*cosmopolites sordidus* g.) en banano orgánico, a partir de residuos del pseudotallos y tachos de plástico. Después de la Sigatoka negra y los nematodos la tercera plaga en el banano, causante de pérdidas que pueden ir desde el 10 % hasta el 70 % de la producción, es el picudo negro el cual es invasivo en plantaciones de banano orgánico. Se evaluó la eficiencia de diferentes trampas para el control de *Cosmopolites sordidus* G., donde se utilizaron 13 tratamientos completamente al azar, cada uno con 3 repeticiones: T1 (Trampa Tocón + *Bauveria bassiana*); T2 (Trampa Tocón + Microorganismos de Montaña); T3 (Trampa Tocón + Picudin); T4 (Trampa Tocón + Esencias frutales Coco y piña); T5 (Trampa Sándwich + Esencias frutales Coco y Piña); T6 (Trampa Sándwich + *Bauveria bassiana*); T7 (Trampa Sándwich + Picudin); T8 (Trampa Sándwich + Microorganismo de Montaña); T9 (Trampa Rampa + Feromona *Cosmolure*®); T10 (Trampa Rampa + Esencias frutales Coco y Piña); T11 (Trampa Rampa + Melaza); T12 (Trampa Rampa + Picudin); T13 (Trampa Sándwich elevada + Picudin), la lectura de los picudos capturados se realizó a 24, 48 y 72 horas. Esto se realizó por 3 periodos (Tabla 6).

Tabla 6. Diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción
T1	Trampa Tocón + <i>Bauveria bassiana</i>
T2	Trampa Tocón + Microorganismos de Montaña
T3	Trampa Tocón + Picudín
T4	Trampa Tocón + Esencias frutales (Coco y piña)
T5	Trampa Sándwich + Esencias frutales (Coco y Piña)
T6	Trampa Sándwich + <i>Bauveria bassiana</i>
T7	Trampa Sándwich + Picudín
T8	Trampa Sándwich + Microorganismo de Montaña
T9	Trampa Rampa + Feromona Cosmolure®
T10	Trampa Rampa + Esencias frutales (Coco y Piña)
T11	Trampa Rampa + Melaza
T12	Trampa Rampa + Picudín
T13	Trampa Sándwich elevada + Picudín

Fuente: Espinoza & Quevedo (2019).

### Realización de las trampas.

**1-Trampa Tocón**, Este tipo de trampa es la alternativa que se presenta, consiste en utilizar un pseudotallo de banana cosechado recientemente (conocido como caballo), en la base del pseudotallo se procede a realizar un corte longitudinal en un 50 %, se lo inclina para la colocación del atrayente (Figura 8), para garantizar la entrada de los picudos se coloca una nervadura de hoja de banana, y por la parte exterior se colocan hojas para producir sombra. Los beneficios de esta trampa son que se pueda aprovechar por más tiempo su función fitosanitaria y al mismo tiempo los jugos del pseudotallo en descomposición, alimentaran al hijo de sucesión. Evitando así gasto de energía en cargar, trocear los pseudotallos en los puntos de trampeo, optimizando la mano de obra y garantizando la eficiencia.

**2-Trampa de tipo sándwich**, La trampa tipo sándwich se elaboró a partir de una sección del pseudotallo de una planta de banana cosechada, teniendo unos 50 cm a 60 cm de largo. Esta trampa posee dos porciones de pseudotallo cuya presentación se asemeja a la de un "sándwich" (figura 9), en el espacio de los dos frentes se separa utilizando una cuña ubicándolas a cada orilla con lo que se busca abrir paso para la entrada de los picudos. El área donde se coloca la trampa debe estar libre de maleza. Dentro de las dos secciones se procede a colocar el atrayente, y se cubre con hojas de banana, con el fin de evitar la deshidratación y producir sombra.



Figura 8. Trampa tipo Tocón



Figura 9. Trampa tipo Sándwich.

Fuente: Espinoza & Quevedo (2019).

**3-Trampa tipo Rampa**, se utilizaron los galones de detergente líquidos, los cuales se cortan lateralmente dejando dos ventanas, en la entrada del galón (pico), se procede a colgar el cebo o atrayente, para que los picudos atraído se queden en la trampa se procedió en la base del galón aplicar melaza (figura 10), se limpia y se nivela el lugar donde serán colocadas las trampas, y para facilitar el ingreso de los picudos se coloca unos trozos de pseudotallo a los lados de la trampa.

**4-Trampa elevada**, se realiza de manera similar a la trampa tipo sándwich, la única diferencia es su ubicación, esta se coloca en la parte alta entre dos pseudotallos a una altura de 1.50 m (figura 11).



Figura 10. Trampa tipo Rampla.



Figura 11. Trampa elevada.

Fuente: Espinoza & Quevedo (2019).

A las trampas se les colocaron diferentes atrayentes, en la preparación de los atrayentes, se utilizaron variadas sustancias como atrayentes, entre ellas se destacan las siguientes,

- **Bauveria bassiana** (producto comercial Baukill). Preparación por trampa: 20 ml de *Bauveria bassiana* + 10 ml de esencia de piña + 10 ml de esencia de coco. Se procedió a mezclar en un envase estos tres atrayentes, debido a que la *Bauveria bassiana*, como tal, no tiene olor ni sabor, que sea, atrayente para los picudos, por lo que para llamar su atención se preparó con las esencias, ya que permitirá atraer los picudos y una vez que haya sido atraídos la *Bauveria bassiana* actúe en el organismo del insecto produciendo su muerte y por ende se logra un control.
- **Esencias frutales piña y coco**, Preparación por trampa: 20 ml de esencia de piña + 20 ml de esencia de coco. Se colocó en un lado de la trampa sándwich correspondiente a los tratamientos 20 ml de esencia de piña y 20 ml de esencia de coco, logrando una mezcla homogénea. Se utilizó esta esencia debido a que son olorosas y dulces, por lo que los picudos son fácilmente atraídos.
- **Microorganismos de Montaña**, Preparación por trampa: 40 ml de líquido de microorganismo de montaña,

la misma que se obtuvo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, este se utilizó debido a que tiene un olor similar a la de un pseudotallo en descomposición de banano, por lo que los picudos negros y rayados se ven atraídos.

- **Picudin**, Preparación por trampa: es un producto orgánico, atrayente alimenticio para coleópteros como los picudos, negros, amarillos y rayados. Se aplicó 40 ml de Picudin por cada trampa correspondiente al tratamiento.
- **Feromona Cosmolure®**. Preparación por trampa: Por cada trampa rampa se colocó un sobre de feromona y a una distancia entre trampa de 20 metros, de acuerdo a las indicaciones del producto. Se utilizó esta feromona como atrayente debido a su tiempo de efectividad el cual indica una duración de un mes, es propio para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.) en el cultivo de banano.
- **Melaza**. Preparación por trampa: Para el tratamiento del uso de la melaza como atrayente, se utilizó 40 ml y se la encharco en algodón para formar una bolsa cubierto con gasa, se utilizó este atrayente ya que está relacionado con la descomposición del pseudotallo del banano, siendo atraídos por los picudos como alimento.

La tabla 7 muestra la relación B/C para el análisis económico de los tratamientos, donde se obtuvo en todos los tratamientos un valor por encima de uno, indicando que el uso de trampas para el control de picudo negro y picudo rayado es viable en la producción. Sandoval (2015), determinó el análisis económico de 4 tipos de trampas para el control de *Cosmopolites sordidus*, G, mediante la relación Beneficio/Costo, donde obtuvo un valor de 3.87, valor superior a de 1, lo que conculca en que el uso de trampas es factible en la producción de banano.

Tabla 7. Relación costo beneficio.

DESCRIPCIÓN	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Precio de una caja de banano	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20
Costo de producción de una caja de banano	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Costo de tratamiento	0.34	0.08	0.64	0.08	0.08	0.34
Costo total de producción de una planta de banano	6.84	6.58	7.14	6.58	6.58	6.84
B/C	1.35	1.40	1.29	1.40	1.40	1.35

DESCRIPCIÓN	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
Precio de una caja de banano	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20	9.20
Costo de producción de una caja de banano	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
Costo de tratamiento	0.64	0.08	1.97	1.56	1.66	2.12	0.64
Costo total de producción de una planta de banano	7.14	6.58	8.47	8.06	8.16	8.62	7.14
B/C	1.29	1.40	1.09	1.14	1.13	1.07	1.29

Fuente: Espinoza & Quevedo (2019).

## RESULTADOS

Los tratamientos de mayor eficiencia para el control de *Cosmopolites sordidus* G. en banano orgánico, 1-Control de picudos capturados y en función de las horas de lectura, resultó el T1 (Trampa Tocón + Bauveria bassiana) y T3 (TT+P) con un promedio de 19 y 13 respectivamente, 2-El T13 (trampa sándwich elevada + Picudin), con un promedio de 48, resultó ser la de mayor eficiencia en la captura de *Metamasius hemipterus* L. y el T11 de menor eficiencia, se evidenció una mayor captura de picudos rayados a las 24 horas. Concluyendo que, Utilizar la trampa tipo Tocón en el control de picudos negros, además de ser muy económica, se aprovecha por más tiempo sus jugos nutritivos para las plantas en producción. Para el control de picudo rayado utilizar la técnica de trampa de sándwich elevada, ya que por su actividad permite ser muy eficiente. Utilizar la trampa tipo Tocón en el control de picudos negros, ya que además de ser muy económica, se aprovecha por más tiempo sus jugos nutritivos para las plantas en producción. Para el control de picudo rayado utilizar la técnica de trampa de sándwich elevada, ya que por su actividad permite ser muy eficiente.

**3-El raquis, materia prima para la elaboración de compost.** Después de la cosecha, y tratamiento en las empacadoras se obtiene una gran cantidad de raquis, los cuales en la mayoría de los casos son arrojados a extremos de las fincas orillados para su pudrición, sin embargo, toda esa carga contaminante puede ser desmenuzada o troceada para ser parte de la materia prima para la elaboración de compost. El compost es un mejorador de las condiciones de los suelos, ya que con su aplicación se vuelven menos compactos, más porosos; con más capacidad de retención de agua y aire y al ser fuente de materia orgánica, optimiza la nutrición, crecimiento y rendimiento de los cultivos, de manera sustentable. Por sus

condiciones biofísicos el compost libera los nutrientes de forma homogéneo y constante por lo cual es un fertilizante duradero que suministra a las plantas los nutrientes durante un lapso de tiempo más largo. Representa además un ahorro para el agricultor al no comprar abonos químicos. Reduce la contaminación del entorno y preserva el ambiente por el proceso de descomposición controlado de los residuos orgánicos de la finca.

## CONCLUSIONES

Variadas prácticas permiten realizar un uso óptimo de los desechos originados en el proceso productivo en las bananeras contribuyendo a disminuir las aportaciones de cargas contaminantes al ambiente, a la vez que su aprovechamiento condujo a mejoras productivas y favorecen la sostenibilidad de la producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balat, M., Balat, M., Kirtay, E., & Balat, H. (2009). Main routes for the thermo-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1: Pyrolysis systems. *Energy Conversion and Management*, 50(12), 3147–3157.
- Brewer, C. E., Schmidtrohr, K., Satrio, J. A., & Brown, R. C. (2009). *Characterization of Biochar from Fast Pyrolysis and Gasification Systems*. Environmental Progress & Sustainable Energy, 28, 386-396.
- Cevallos, S. G. (2014). Estudio sobre niveles de fertilización con N, P, K, Mg utilizando una fuente de liberación controlada en el cultivo de banano (Mussa). *Ciencia e Investigacion*, 2(8), 28-32.
- Cuenca, J. A.(2019). *Evaluación de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en dos tiempos de incubación*. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Delgado, M. (2019). *Maceración del pseudotallo en banano utilizando microorganismos de montaña en combinación con fertilizantes químicos para estimular el crecimiento del retorno*. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Escalante, R. M. (2014). Biocarbones (Biochars), caracterización y efecto en la biomasa y nutrición de N P K en una gramínea. (Tesis doctoral). Colegio de Postgraduados.
- Espinoza, Y., & Quevedo, J. N. (2019). Determinación de la eficiencia de diferentes trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.) en banano orgánico. *Agroecosistemas*, 6(2), 15-26.

- García, R. M., & Valarezo, V. (2017). Plan de gestión ambiental de desechos sólidos en la empresa productora de banano, Herederos Coronel. *Universidad y Sociedad*, 9(1), 100-105.
- Labarca, M., Sosa, L., Nava, C. E., Fernández, L., & Villar, A. (2005). Evaluación de la colocación del fertilizante en la planta madre una vez cosechada sobre las variables de crecimiento y producción en el cultivo del plátano Hartón (Musa AAB). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 416-428.
- Marín, F., & Barrezueta, S. (2019). Evaluación de residuos de banano y cacao para la fabricación de carbón vegetal obtenido por pirolisis, aplicados al cultivar de maíz. Universidad Técnica de Machala.
- Sandoval, M. (2015). Evaluación de tipos de trampa para la captura de *Cosmopolites sordidus* en el cultivo de banano. (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar.
- Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy*, 105(1), 47-82.
- Song, W., & Guo, M. (2012). Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 94, 138-145.
- Tenesaca, S. (2019). *Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon Williams*. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Tuz, G. I. (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon Williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Machala.
- Waste, A. (2014). *Pirólisis*. <http://www.agrowaste.eu/wp-content/uploads/2013/02/PIROLISIS.pdf>