

REVISIÓN



<https://cu-id.com/2284/v12n4e07>

Estado del arte de los biopreparados por digestión anaerobia como biofertilizantes y bioestimulantes

State of the art of biopreparations by anaerobic digestion as biofertilizers and biostimulants

Ing. Iván Luis Sánchez-Llevat¹, Est. Lianna Fuerte-Góngora, MSc. Reinaldo Ravelo-Ortega, MSc. Oscar Ávila-García
Universidad Isla de la Juventud "Jesús Montané Oropesa", Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba.

RESUMEN. La investigación se desarrolló en la Universidad Jesús Montané Oropesa de la Isla de la Juventud, durante el año 2021-2022. Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva sobre los bioles y su utilización con el objetivo de confeccionar una monografía sobre los biopreparados por digestión anaerobia, (bioles) como productos orgánicos de fácil elaboración, a partir de recursos locales destinados a la fertilización de los cultivos. Para el estudio se realizó una investigación documental: procedimiento científico sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno al tema del biol como biofertilizante, bioestimulante y como protector ante plagas y enfermedades en los cultivos. Se consultaron fuentes impresas como: libros, enciclopedias, revistas, periódicos, diccionarios, monografías, tesis y otros documentos; fuentes electrónicas como: bases de datos, revistas y periódicos en línea y páginas web y documentos audiovisuales como: fotografías, ilustraciones. Tras la búsqueda inicial se localizaron 945 estudios, aunque se excluyeron 457 que no fueron relevantes para el objetivo de esta revisión. Del resto se seleccionaron finalmente 47 artículos. El trabajo muestra la definición del biol, sus funciones, algunos protocolos para confeccionarlos. Biodigestores donde se fabrica, las etapas de la fermentación anaerobia y los tipos de éstos que existen. Microorganismos que realizan este proceso. Las propiedades y calidad de los biopreparados obtenidos por digestión anaerobia. Las dosis más recomendadas, aplicaciones foliares, momentos de aplicación y algunos cultivos donde se ha utilizado con sus resultados.

Palabras clave: recolección, organización, análisis, interpretación, información.

ABSTRACT. The research was carried out at the Jesús Montané Oropesa University on the Isle of Youth, during the year 2021-2022. An exhaustive bibliographic search on biols and their use was carried out with the aim of preparing a monograph on biopreparations by anaerobic digestion, biols as organic products of easy elaboration, from local resources destined to the fertilization of crops. For the study, a documentary research was carried out: a systematic scientific procedure of investigation, collection, organization, analysis and interpretation of information or data on the subject of Biol as a biofertilizer, biostimulant and as a protector against pests and diseases in crops. Printed sources such as: books, encyclopedias, magazines, newspapers, dictionaries, monographs, theses and other documents were consulted; electronic sources such as: databases, online magazines and newspapers and web pages and audiovisual documents such as: illustrations, photographs. After the initial search, 945 studies were located, although 457 that were not relevant to the objective of this review were excluded. Of the rest, 46 articles were finally selected. The work shows the definition of biol, its functions, some protocols to make them. Biodigesters where it is manufactured, the stages of anaerobic fermentation and the types of these that exist. Microorganisms that carry out this process. The properties and quality of biopreparations obtained by anaerobic digestion. The most recommended doses, foliar applications, times of application and some crops where it has been used with their results.

Keywords: Collection, Organization, Analysis, Interpretation, Information.

INTRODUCCIÓN

(Verde, 2014) definió que el Biol es un abono foliar orgánico que se obtiene como producto del proceso de la fermentación anaeróbica de materiales orgánicos provenientes de animales y vegetales, como estiércol o restos vegetales, se

¹ Autor para correspondencia: Iván Luis Sánchez-Llevat, e-mail: ilsanchez@uij.edu.cu ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-3243-4455>

Recibido: 12/01/2022.

Aprobado: 09/09/2022.

define también como un componente que mejora la germinación de las semillas, fortalece las raíces y la floración de las plantas; su utilidad se traduce en los aumentos significativos de las cosechas a bajo costo.

El biol se prepara mediante diferentes técnicas, usando varios tipos de residuos orgánicos aprovechables dentro de la zona urbana y rural, como son los residuos de mercados, residuos de cultivos vegetales, residuos pecuarios, los que pueden ser utilizados como fuentes de energía (Pontón, 2011).

Diversos autores han investigado sobre el biol hecho a partir de diferentes materias primas y por lo tanto con diferente composición, se han publicado muchos trabajos sobre la respuesta de diferentes cultivos al aplicarse el biol en diferentes dosis y momentos, existen algunos manuales para la confección del mismo, hay mucha bibliografía sobre este biofertilizante diseminada en la red en los últimos años; siendo este un tema de gran interés y actualidad por todos los beneficios que reporta la aplicación de este biofertilizante a los cultivos. La bibliografía existente sobre el biol se encuentra muy diseminada y dispersa en toda la red por lo que se hace muy dificultoso la búsqueda de información al respecto. El presente estudio tiene como objetivo: elaborar una monografía sobre los biopreparados por digestión anaerobia como productos orgánicos de fácil elaboración, a partir de recursos locales destinado a la fertilización de los cultivos. **Objetivos específicos:** compilar información relacionada con las tecnologías de elaboración y uso de los biopreparados por digestión anaerobia bioles como biofertilizantes en la agricultura y analizar los principales resultados referidos a los biopreparados en diferentes proporciones y calidad de los mismos a partir de recursos locales destinado a la fertilización de los cultivos que constituyan referentes para investigadores.

DESARROLLO

Este estudio se realizó en la carrera de Agronomía de la Facultad de Ciencias Técnicas en la Universidad Jesús Montané Oropesa de la Isla de la Juventud en un período comprendido entre abril del 2021 y febrero de 2022.

Para el estudio se realizó una investigación documental: procedimiento científico sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno al tema del biol como biofertilizante, bioestimulante y como protector ante plagas y enfermedades en los cultivos. Se consultaron fuentes impresas como: libros, enciclopedias, revistas, periódicos, diccionarios, monografías, tesis y otros documentos; fuentes electrónicas como: bases de datos, revistas y periódicos en línea y páginas web y documentos audiovisuales como: fotografías, ilustraciones.

Diseño

La revisión realizada es de tipo sistemática donde se utilizó un riguroso proceso (para minimizar los sesgos) que identifica, evalúa y sintetiza estudios para contestar a preguntas específicas y extraer conclusiones sobre los datos recopilados. Este tipo de revisiones se clasifica como investigación de la investigación, o investigación secundaria.

En su elaboración se consultaron las investigaciones encontradas en los servicios de información de Google Scholar o google académico en español, ProQuest, SciELO, ScienceDirect y Scopus, entre otros; redes de revistas científicas, bibliotecas virtuales de algunas universidades, y repositorios digitales de diferentes entidades gubernamentales. Adicionalmente, se utilizaron los motores de búsqueda de Google y Yahoo.

Se seleccionaron tantos (número) documentos que abordan la temática y se completó la búsqueda con la lectura y rastreo de bibliografía referenciada en esos artículos.

Búsqueda bibliográfica

Bases de datos y fuentes documentales.

Se utilizaron documentos:

Primarios: Originales, transmiten información directa (artículos originales, tesis).

Secundarios: Ofrecen descripciones de los documentos primarios (catálogos, bases de datos, revisiones sistemáticas, resúmenes).

Terciarios: Sintetizan los documentos primarios y los secundarios (directorios). Las bases de datos automatizadas ponen al alcance la información disponible y actualizada acerca de cualquier tema. Las bases de datos son una fuente secundaria de datos homogéneos recuperables actualmente a través de internet que contienen registros o referencias bibliográficas completas, organizados en campos que cubren todos los aspectos de la información (título, autor, resumen, etc.).

Estrategia de búsqueda

En primer lugar, se llevó a cabo una búsqueda en Google Scholar de documentos y artículos científicos publicados por diferentes sociedades y asociaciones profesionales. Esta búsqueda se hizo tanto en español como en inglés. En las ecuaciones de búsquedas se utilizaron los siguientes operadores:

Lógicos o booleanos:

De intersección: Y, AND, ET

De suma lógica O, OR, OU

De negación: NO, NOT, AND NOT, BUT NOT, NON, SAUF.

Sintácticos o de proximidad:

Adyacencia: ADJ, ADY.

Los descriptores utilizados fueron:

Español: Biol, definición, composición, propiedades, aplicación, fermentación anaerobia, biofertilizantes, bioestimulantes, fitohormonas, fertilizantes minerales, dosis, suero lácteo, biodigestor, estiércol, producción.

Inglés: Biol, definition, composition, properties, application, anaerobic fermentation, biofertilizers, biostimulants, phytohormones, mineral fertilizers, dosage, dairy serum, biodigester, manure, production.

Criterios de selección

Para seleccionar los artículos o documentos que debían ser incluidos se tuvieron en cuenta se ajustaban a los objeti-

vos de la revisión y si cumplían con los criterios de calidad científica buscada. Se tuvieron en cuenta el título, los autores, el resumen y los resultados. Respecto al título se observó si era útil y relevante para nuestro tema, de los autores se identificó la credibilidad o experiencia en el tema, y del resumen se analizó si los resultados son aplicables a nuestro tema de estudio. En una segunda fase se procedió a la lectura crítica de los documentos.

Extracción de datos

Tras la búsqueda inicial se localizaron 945 estudios, aunque se excluyeron 457 que no fueron relevantes para el objetivo de esta revisión. Del resto se seleccionaron finalmente 47 artículos. De los artículos originales se extrajo información sobre autoría, revista en la que estaba publicado y año de publicación, país donde se realizó el estudio, tipo de estudio, medida de resultado y conclusiones.

Organización de la información

La información se organizó con una estructura lógica donde se introdujo la información en forma secuencial y razonable. Se ordenó, rotuló, integró y priorizó la misma. En primer lugar, se redujo la información eliminando todo aquello que no es esencial y se ordenó dicha información por grupos, luego se procedió a asignar un nombre a cada grupo. Con los grupos ya formalizados y etiquetados se procede a integrar los grupos que se parecen y se pasa a priorizarlos para identificar la información que resulta más relevante

Definición del biol, funciones

El biol es un fitoestimulante orgánico con contenido de fitorreguladores, que resulta de la descomposición anaeróbica (sin oxígeno), de los desechos orgánicos que se obtiene por medio de filtración o decantación del bioabono. Pueden ser preparados a partir de estiércol fresco, disuelto en agua y enriquecidos con leche, melaza y ceniza, el cual se deja fermentar por varios días en túneles o tanques de plástico en anaerobiosis (Lagler, 2017)

El biol es una fuente de fitorreguladores producto de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos que se puede obtener por dos métodos: a) Como lixiviado líquido resultante de la descomposición anaeróbica o biodigestión de materia orgánica, que aparece como residuo líquido resultante de la fermentación metanogénica de los desechos orgánicos, generalmente en un biodigestor que tiene como objetivo principal la producción de biogás, b) Preparación artesanal para la obtención del abono líquido, bioestimulante, rico en nutrientes y se le puede obtener mediante la filtración al separar la parte líquida de la sólida (Villegas et al., 2018).

Funciones del biol

Según (Grageda et al., 2015) entre sus diferentes funciones:

- Son capaces de incrementar la solubilidad de los nutrientes
- Aportan nutrientes esenciales que estimulan el crecimiento vegetal
- Ayudan a fijar el nitrógeno del aire al suelo

- Intervienen directamente en el crecimiento de las raíces
- Incrementan la tolerancia a las sequías, salinidad y patógenos.

Protocolo de preparación de bioles Biol 1 (200 L) (Padilla, 2020)

Ingredientes:

- 40 kg. de guano de ovejo
- 5 kg. de harina de pescado
- 5 lts. de leche fresca
- 5 kg de Sulfato Ferroso
- 5 kg de Sulfato de Manganeso
- 5 kg de Sulfato de Zinc
- 20 kg de Melaza
- 1 kg de Ácido Bórico
- 40 L. de Microorganismos eficientes compost activado

Preparación:

Agregar 40 kg de guano fresco en el tanque de 200 L, luego agregar agua hasta los 100 L y continuar agregando los productos en el siguiente orden.

1. Agregar 20 kg de melaza.
2. 40 L de Microorganismos eficientes activado
3. 5 Kg de harina de pescado
4. 5 L de leche Una vez agregados estos productos se deberá tapar el tanque herméticamente, colocando una manguera que esté dirigida hacia un balde con agua donde eliminará los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica. Después de 7 días se deberá agregar los siguientes productos:
 1. 5 kg. de Sulfato Ferroso
 2. 5 kg. de Sulfato de Manganeso
 3. 5 kg. de Sulfato de Zinc
 4. 1 kg. de Ácido Bórico Cosechar al día 1
- 5 y realizar aplicaciones a 10 L de Biol en un cilindro de 200 L

Protocolo de Preparación de 200 L de Aerobiol: (Padilla, 2020)

Agregar agua hasta los 100 L y agregar los productos en el siguiente orden.

1. 60 kg de guano de vaca.
2. 6 kg de maxil (silicio).
3. 0,75 kg de polvillo
4. Disolver con agua 3 kg de melaza en otro recipiente y agregar.
5. 1,5 L de leche
6. 1,5 kg de ceniza.

Mezclar todos los ingredientes y completar con agua los 200 L. Inyectar oxígeno a través de un compresor durante los 15 días de preparación. Después de 15 días realizar la cosecha.

Biodigestores

Biodigestor de tapa fija o de tipo chino

Los biodigestores de tipo chino (Figura 1) consisten en un sistema cerrado, construido usualmente de mampostería

y bajo el nivel de la tierra (Santerre & Smith, 1982). Estos biodigestores de pequeño formato (minidigestores) poseen una tapa fija en forma de domo que contiene al biogás en su interior, una entrada para alimentar el sustrato y una salida del digestato que usualmente actúa como tanque de compensación. El espacio que contiene al gas debe ser hermético, por lo cual se aplican pinturas sintéticas u otras que garanticen la hermeticidad requerida (Nzila *et al.*, 2012). La construcción de este tipo de biodigestores requiere de excesivo trabajo y de una rigurosa supervisión de especialistas. Su estructura de mampostería es propensa a la porosidad y agrietamiento (a veces irreparables) dificultando la necesaria hermeticidad y requiriendo el uso de materiales para el sellado. Existen varios diseños de biodigestores de tapa fija como son el modelo de la India Deebandhu, el Akut y el CAMARTEC cada uno de los cuales tiene un domo de forma esférica como característica central (Nzila *et al.*, 2012). En Cuba se han desarrollado varios modelos adaptados a los recursos existentes, entre los que se destaca el modelo GBV (Guardado, 2007). Según el último censo realizado por el Grupo Nacional de Biogás (GNB) en el 2015, en Cuba existen aproximadamente 400 plantas de este tipo (Pérez *et al.*, 2016).

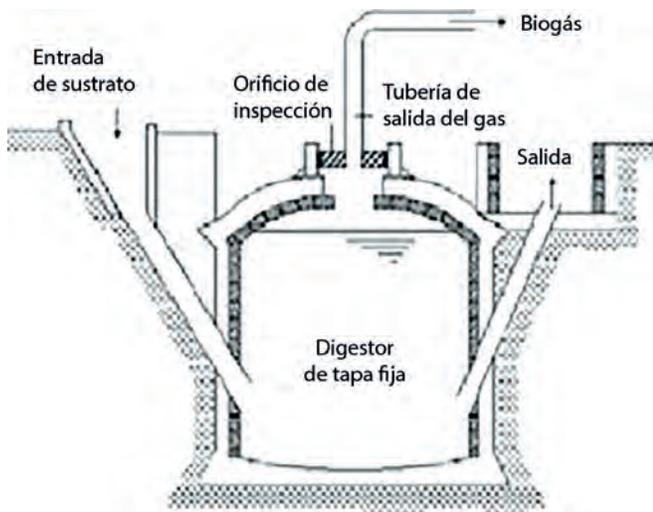


FIGURA 1. Esquema general de un biodigestor de tapa fija o de tipo Chino (Santerre & Smith, 1982)

Biodigestor de campana flotante o de tipo hindú

Los biodigestores de campana flotante o de tipo hindú (Figura 2) están formados por un cilindro de mampostería en su parte inferior (con un tope para apoyar la campana) y una campana flotante que almacena el gas en la parte superior (Group, 2007). La campana de gas es usualmente construida de metal con planchas de acero, de entre 2 y 2,5 mm de espesor, siendo soldadas algunas abrazaderas en su interior como un medio de ruptura de la espuma cuando se procede a su rotación. Luego de la eliminación de las suciedades y la corrosión en la superficie del metal, la campana debe ser cubierta con pintura de aceite o sintética para protegerla de la corrosión (Nzila *et al.*, 2012). Por tanto, es recomendable aplicar mantenimiento a la campana anualmente para lograr una vida útil de la misma de entre 8 y

12 años. Algunos materiales recomendables son las planchas de acero galvanizado, los plásticos (fibra de vidrio reforzada y planchas de plástico) y el ferrocemento con recubrimiento para garantizar la hermeticidad del gas.

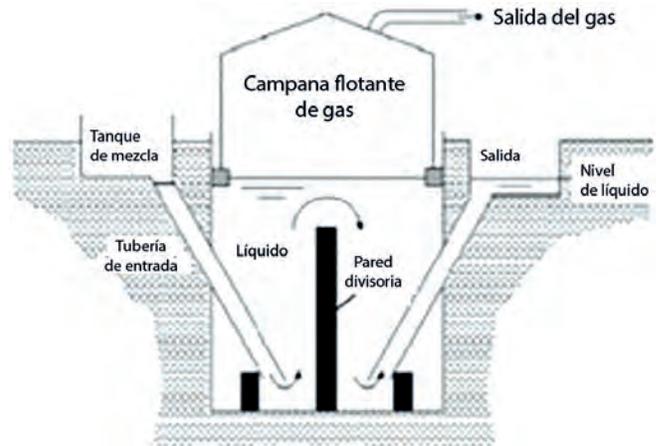


FIGURA 2. Esquema general de un biodigestor de campana flotante o de tipo Hindú (Group, 2007)

Biodigestor tubular o de bolsa de polietileno

Los biodigestores tubulares o de bolsa de polietileno (Figura 3), están formados por una bolsa "resistente a las condiciones ambientales" (Frederiks, 2011). La bolsa es considerada como frágil y susceptible a daños mecánicos y a los (Nzila *et al.*, 2012). La exposición extrema a temperaturas bajas puede reducir considerablemente la producción de biogás debido a su insuficiente aislamiento con el medio exterior, mientras que las altas temperaturas ambientales pueden catalizar la producción de otros compuestos volátiles diferentes del metano. Este tipo de plantas requiere, por lo tanto, de protección y posible aislamiento térmico contra condiciones climáticas extremas lo cual incrementa los costos de instalación de los mismos (Ferrer *et al.*, 2009, 2011; Nzila *et al.*, 2012); (Ferrer *et al.*, 2011). Aun así, los recursos necesarios para construir las bolsas de polietileno son considerados menores que los que se necesitan para construir biodigestores de tipo chino e hindú (Rajendran *et al.*, 2012).

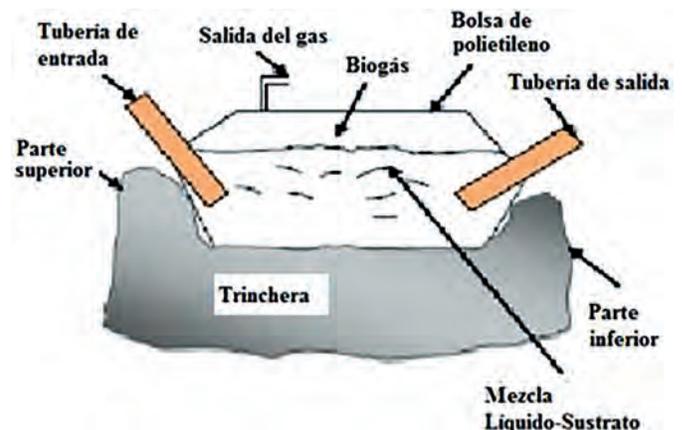


FIGURA 3. Esquema general de un biodigestor tubular o de bolsa de polietileno (Frederiks, 2011).

Biodigestor híbrido cubano

Los biodigestores híbridos, también conocidos y patentados como biodigestor híbrido cubano (Figura 4), han sido difundidos en Cuba a escala doméstica e industrial con resultados satisfactorios. Al igual que los de tipo chino consisten en un sistema cerrado, construido usualmente de mampostería y bajo el nivel de la tierra. Estos biodigestores poseen una tapa fija, que a diferencia de los de tipo chino, tiene una forma plana. Como todos los demás, poseen una entrada para alimentar el sustrato y una salida de digestato que a escala doméstica actúa como tanque de compensación. Para garantizar la hermeticidad de estos biodigestores y evitar salideros de gas se coloca un sello de agua en la parte superior de su tapa que forma un estanque que puede ser utilizado para la acuicultura o para otros usos (Hermida, 2014). Debido a la forma plana de sus estructuras, su construcción no requiere de excesivo trabajo o de una rigurosa supervisión de especialistas.

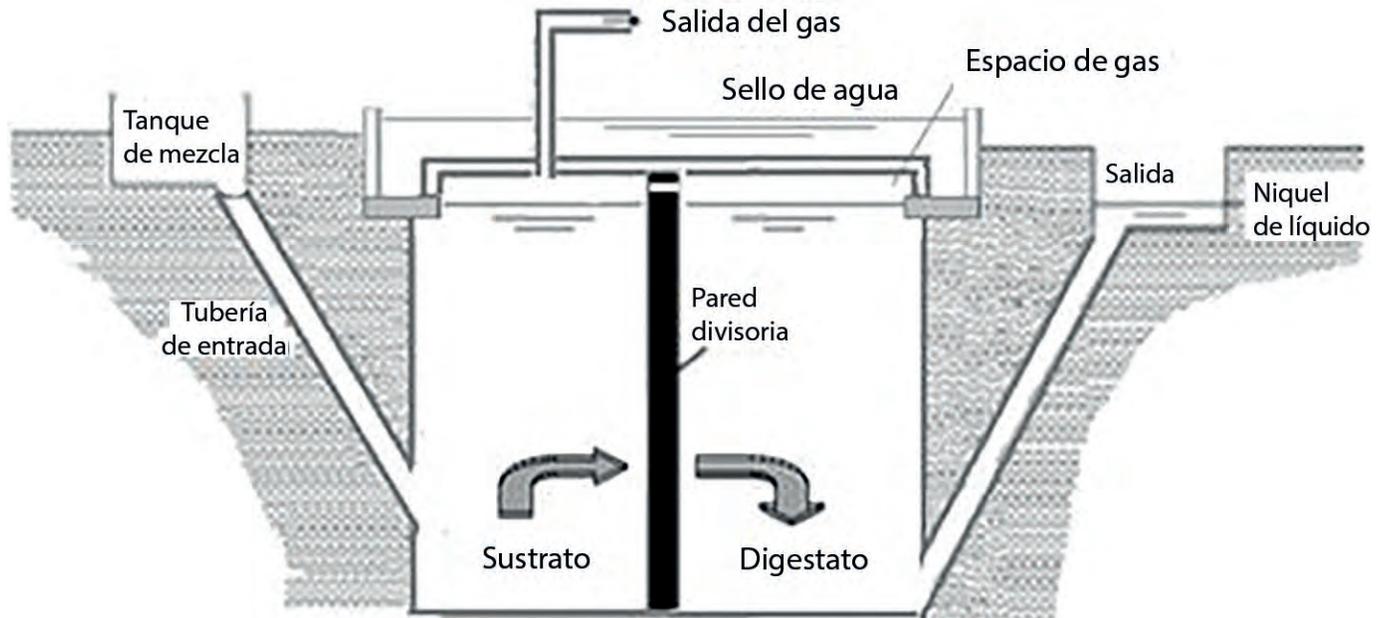


FIGURA 4. Esquema general de un biodigestor híbrido cubano (Hermida, 2014).

Etapas de la fermentación anaeróbica

Según Meegoda et al. (2018) el proceso de digestión anaeróbica tiene lugar a través de cuatro etapas sucesivas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis; el proceso de digestión anaeróbica depende de las interacciones entre los diversos microorganismos que son capaces de llevar a cabo las cuatro etapas mencionadas. En los reactores discontinuos de una sola etapa, todos los desechos se cargan simultáneamente y los cuatro procesos son permitidos que ocurran en el mismo reactor secuencialmente; el compost se vacía después al final de un período de retención determinado o al cese de la producción de biogás.

Etapa hidrolítica

Esta es la primera etapa en los procesos de digestión anaerobia, e involucra las enzimas, mediadoras de la transformación de materiales orgánicos solubles y componentes más grandes de masa molecular como lípidos, polisacáridos, proteínas, grasas y ácidos nucleicos, entre otros (Adekunle & Okolie, 2015). Estas nuevas moléculas al ser más simples se solubilizan más fácilmente en el medio. Los microorganismos encargados de esto son las bacterias hidrolíticas-acidogénicas. Esta etapa es generalmente el paso limitante de la digestión anaeróbica cuando la materia orgánica sólida es utilizada como sustrato (Cazier et al., 2015).

Etapa acidogénica

En la fase fermentativa o acidogénesis los monómeros producidos en la fase hidrolítica son absorbidos por diferentes bacterias facultativas y obligatorias, se degradan en ácidos orgánicos de cadena corta como ácido butírico, propiónico, acético, hidrógeno y dióxido de carbono.

La concentración de hidrógeno formado como producto intermedio en esta etapa influye en el tipo de producto final formado durante el proceso de fermentación. Por ejemplo, si la presión parcial de hidrógeno fuera demasiado alta, esta podría disminuir la cantidad de componentes reducidos. En esta etapa intervienen bacterias acidogénicas, siendo las más comúnmente identificadas *Ibutyvirio*, *Propionbacterium*, *Clostridium*, *Bacteroides*, *Ruminococos*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococos* y *Enterobacterias*. En general, durante esta fase, azúcares simples, ácidos grasos y aminoácidos son convertidos en ácidos orgánicos y alcoholes (Adekunle & Okolie, 2015).

Etapa acetogénica

Meegoda et al. (2018) explica la etapa acetogénica como un proceso donde se producen sustratos metanogénicos, alcoholes y ácidos grasos volátiles (AGV) que son productos que no se han convertido en metano (CH_4) durante la fase acidogénica, aquí

se encuentran bacterias acetogénicas productoras de hidrógeno (H_2), el producto que se obtendrá será acetato, H_2 y CO_2 .

Esta fase comprende las reacciones de oxidación anaeróbica. En esta etapa se establece una relación sintrófica con las arqueas metanogénicas y las bacterias homoacetogénicas. La acetogénesis consiste en la transformación de ácidos y aminoácidos en compuestos que puedan metabolizar las archaeas metanógenas. Este proceso involucra reacciones energéticamente desfavorables, donde las bacterias acetogénicas necesitan ser estimuladas por las metanógenas u otros consumidores de H_2 y la ΔG de la reacción depende de la presión parcial de H_2 .

Etapas metanogénicas

En la etapa metanogénica las arqueas forman el metano a partir de acetato, H_2 , CO_2 , formiato, metanol y algunas metilaminas. En función del sustrato principal se establecen dos grupos: los hidrogenotróficos, que consumen hidrógeno y ácido fórmico; y los acetoclásticos, que consumen grupos metilos del acetato, metanol y algunas aminas (Bareither *et al.*, 2013).

En la fase metanogénica, la producción de metano y dióxido de carbono a partir de productos intermedios se lleva a cabo por bacterias metanogénicas bajo condiciones anaeróbicas estrictas. La metanogénesis es un paso crítico en la totalidad del proceso de digestión anaeróbica, ya que es la reacción bioquímica más lenta del proceso (Adekunle & Okolie, 2015). El acetato, H_2 y CO_2 son transformados en CH_4 por dos tipos de microorganismos: metanógenos acetotróficos utilizando acetato como sustrato y produciendo 70 % de metano en la digestión anaeróbica como *Methanosarcina* spp., *Methanosaeta* spp., *Methanospirillum* spp., *Methanohalobium* spp. y *Methanobacterium* spp. utilizando CO_2 e H_2 como sustratos, tales como *Methanobacterium* spp. y *Methanobrevibacterium* spp. (Cazier *et al.*, 2015).

Tipos de fermentación anaerobia

Fermentación de ácido láctico: Las cepas de levadura y las bacterias convierten los almidones o azúcares en ácido láctico, sin necesidad de calor en la preparación. En estas reacciones químicas anaeróbicas, el ácido pirúvico utiliza nicotinamida adenina dinucleótido + hidrógeno (NADH) para formar ácido láctico y NAD⁺. (La fermentación del ácido láctico también ocurre en las células musculares humanas. Durante una actividad intensa, los músculos pueden gastar trifosfato de adenosina (ATP) más rápido de lo que se puede suministrar oxígeno a las células musculares, lo que produce una acumulación de ácido láctico y dolor muscular. En este escenario, la glucólisis, que se rompe descompone una molécula de glucosa en dos moléculas de piruvato y no usa oxígeno, produce ATP). Las bacterias del ácido láctico son vitales para producir y conservar alimentos saludables y económicos, lo cual es especialmente importante para alimentar a las poblaciones empobrecidas. Este método hace chucrut, encurtidos, kimchi, yogur y pan de masa fermentada.

Fermentación de etanol / fermentación de alcohol: Las levaduras rompen las moléculas de piruvato, la producción del metabolismo de la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) conocida como glucólisis, en almidones o azúcares en moléculas de alcohol y dióxido

de carbono. La fermentación alcohólica produce vino y cerveza.

Fermentación de ácido acético: Los almidones y azúcares de los cereales y las frutas se fermentan en vinagre y condimentos de sabor amargo. Los ejemplos incluyen vinagre de sidra de manzana, vinagre de vino y kombucha. (MasterClass articles, 2021).

Microorganismos que participan en la fermentación anaerobia

Las bacterias que participan en los procesos de fermentación oscura son anaeróbicas y son clasificadas de dos formas. La primera clasificación divide a los microorganismos según su sensibilidad al oxígeno (anaerobios estrictos y anaerobios facultativos). La segunda clasificación es en función de los rangos de temperatura en los que su tasa de crecimiento y actividad son las más altas (psicrófilos, mesófilos y termófilos) (Lukajtis *et al.*, 2018).

Anaerobios obligados

Este grupo incluye microorganismos que requieren condiciones estrictamente anaeróbicas. Estos anaerobios son Clostridia, Metylotrophs, Bacterias metanogénicas, Archaea y Rumens bacterias). En la práctica, los anaerobios obligados más utilizados son de un género *Clostridium*, que incluye, entre otras, las siguientes especies: *C. butyricum*, *C. beijerinckii*, *C. welchii*, *C. thermolacticum*, *C. thermocellum*, *C. paraputrificum*, *C. pasteurianum*, *C. beijerinckii*, *Clostridium* spp., *C. acetobutyricum* y *C. bifermentans* (Lukajtis *et al.*, 2018).

Anaerobios facultativos

Este grupo incluye microorganismos que requieren condiciones estrictamente anaeróbicas. Estos anaerobios son Clostridia, Metylotrophs, Bacterias metanogénicas, Archaea y Rumens bacterias). En la práctica, los anaerobios obligados más utilizados son de un género *Clostridium*, que incluye, entre otras, las siguientes especies: *C. butyricum*, *C. beijerinckii*, *C. welchii*, *C. thermolacticum*, *C. thermocellum*, *C. paraputrificum*, *C. pasteurianum*, *C. beijerinckii*, *Clostridium* spp., *C. acetobutyricum* y *C. bifermentans* (Lukajtis *et al.*, 2018).

Propiedades de los bioles

Como biofertilizante

Biofertilizante: Es un fertilizante orgánico natural que ayuda a proporcionar a las plantas todos los nutrientes que necesitan y a mejorar la calidad del suelo creando un entorno microbiológico natural (FAO, 2018).

Florez *et al.* (2020) elaboraron un fertilizante líquido utilizando subproductos de trucha a partir de una fermentación láctica, determinaron su composición y lo compararon con otros biofertilizantes elaborados a través de digestión anaerobia. Los resultados se muestran en las Tablas 1, 2 y 3.

Fertilizante líquido por fermentación láctica de subproductos de trucha

Agosto- diciembre 2020.

TABLA 1. Contenido de parámetros fisicoquímicos en distintos fertilizantes líquidos

Parámetros	Fertilizantes líquidos									
	Sahu et al. (2017)	Inoue et al. (2013)	Sanes et al. (2015)	Haraldsen et al., (2011))		Kim et al. (2010))	Kim et al. (2010)	Aranganathan & Rajasree (2016)	Ramesh et al. (2020)	FLVT Visceras de trucha
				HSP	LAD	FLRP	Comercial			
pH	5.03	-	-	6.27	8.02	-	-	4.2	5.0	4.4
CE (dS/m)	2.98	-	-	-	-	+	-	19	11623	25.9
Sólidos en suspensión (g/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	199.98
MO en suspensión (g/l)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	171.24
N total (mg/l)	25600	-	15560	87500	2200	15700	38000	10000	2100	12040
P total (mg/l)	9600	1022	2450	6360	230	3100	28300	3900	4100	1189.95
K total (mg/l)	12000	1530	1240	14700	1130	4500	30400	3700	2700	5540
Ca total (mg/l)	15500	373	5030	310	730	-	-	1400	5830*	338.5
Mg total (mg/l)	700	1260	520	520	140	-	-	5200	1283*	615
Na total (mg/l)	-	1930	720	9600	640	-	-	-	1500*	4500
Fe (mg/l)	-	20.4	-	-	-	-	-	50.51*	57.30*	52.35
Cu (mg/l)	-	0.41	-	0.12	0.19	-	2.24*	0.61*	2.31*	35.5
Zn (mg/l)	-	5.25	-	1.58	1.15	1.72*	3.51*	5.66*	9.64*	68.75
Mn (mg/l)	-	4.11	-	<0.01	-	-	-	2.81*	17.33*	1.95
B (mg/l)	-	1	-	0.65	0.47	-	-	-	-	2.59

HSP: proteína hidrolizada de residuos de salmón; LAD: fertilizante líquido producto de una digestión anaeróbica; FLRP: fertilizante líquido de residuos de pescado; FLVT: fertilizante líquido (orgánico) utilizando vísceras de trucha; CE: Conductividad eléctrica; MO: materia orgánica * (mg/kg)

TABLA 2. Contenido de aminoácidos en distintos fertilizantes orgánicos

Aminoácido (g/100g)	Fertilizante líquido						
	Inoue et al. (2013)	Augier & Santimone (1978)	Kim et al. (2010)	Comercial		(Hepsibha & Geetha, (2019)	FLVT Visceras de trucha
				Kim et al. (2010)	Alarcón et al. (2010)		
Ac. Aspártico	0.235	0.31	0.49	0.58	1.32	0.124	0.28
Treonina	0.101	0.18	0.21	0.21	0.1	0.0346	0.16
Serina	0.085	0.18	0.21	0.23	-	0.0023	0.15
Ac. glutámico	0.297	1.29	0.78	0.89	0.02	0.247	0.21
Prolina	0.147	0.19	0.5	0.61	0.51	0.298	-
Glicina	0.255	0.25	1.06	1.25	0.04	0.203	0.02
Alanina	0.204	0.31	0.7	0.98	0.83	-	0.39
Valina	0.112	0.19	0.17	0.24	0.91	0.356	0.19
Isoleucina	0.077	0.14	0.15	0.13	0.03	0.705	0.12
Leucina	0.152	0.28	0.27	0.26	0.04	0.394	0.26
Tirosina	0.011	0.1	0.07	0.05	0.01	0.306	0.19
Fenilalanina	0.073	0.19	0.18	0.18	0.02	0.291	.13
Histidina	0.096	0.07	0.20	0.25	0.03	0.129	0.06
Lisina	0.158	0.15	0.39	0.53	1.13	0.703	0.21
Arginina	0.034	0.22	0.31	0.35	0.05	0.129	0.63
Cisteína	0.018	0.04	0.06	0.04	-	-	-
Metionina	0.059	0.05	0.06	0.01	1.35	0.297	0.06
Triptófano	0.007	0.016	0.02	0.02	-	0.123	0.06
Total	2.12	4.15	5.83	6.81	6.39	4.34	3.12

FLVT: fertilizante líquido (orgánico) utilizando vísceras de trucha.

TABLA 3. Características microbiológicas de distintos fertilizantes líquidos

Contenido	Fuente de fertilizante líquido			
	Sastro et al. (2013) Comercial	Residuos de pollo	(Hepsibha & Geetha, (2019) Residuos de pescado	FLVT Visceras de trucha
pH	3.9	4.5	4.15	4.4
Lactobacillus sp. (UFC/ml)	8.7x 10 ⁶	2.0x 10 ⁸	138x 10 ⁴	1x 10 ⁷
Mohos y levaduras (UFC/ml)	8.5x 10 ⁶	3.5x 10 ²	1.73x 10 ²	4.5x 10 ³
Escherichia coli (NMP/ml)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonellasp. En 25 ml	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

FLVT: fertilizante líquido orgánico utilizando vísceras de trucha.

En la Tabla 4 se hace un análisis de interés agronómico del Fastbiol 20: El Fastbiol 20 contiene una alta concentración de N, esto se debe a que el nitrógeno contenido en la materia prima (excretas de las vacas en producción) no se ha perdido como amoníaco debido al pH bajo (3.75) según el valor arrojado por

los laboratorios de LASPAF y en condiciones de laboratorio fue de pH 4.02, este valor se mantuvo bajo por un período de 30 días que duró el experimento, por acción del ácido láctico, condición por el cual se evita que el nitrógeno se pierda rápidamente (Peralta et al., 2016).

TABLA 4. Análisis fisicoquímico del fastbiol 20 y otros bioles

Ensayos Parámetros	BV (1)	BC (2)	Biol con alfalfa (3)	Biol con chichajora (3)	Fastbiol 20
pH	7,89	8,2	6,8	6,8	3,75
CE (dSm ⁻¹)	19,28	15,3	11,2	10,2	25,70
Sólidos en suspensión (gL ⁻¹)	19,52	23,6	8,85	9,78	-
Sólidos totales (gL ⁻¹)	-	-	-	-	232,98
M.O. en solución (gL ⁻¹)	5,28	5,4	2,86	3,75	181,10
MACRONUTIMENTOS					
N total (mgL ⁻¹)	1876	980	1064	1015	4200
P total (mgL ⁻¹)	71,20	121	53,3	66,5	744,20
K total (mgL ⁻¹)	1940	6760	1143	1045	17200
Ca total (mgL ⁻¹)	104,80	220,4	755	707	5200
Mg total (mgL ⁻¹)	27,60	53,4	348	353	1740
Na total (mgL ⁻¹)	3400	542	463	500	1040
MICRONUTRIMENTOS					
Fe total (mgL ⁻¹)	0,16	-	5	12,5	516
Cu total (mgL ⁻¹)	2,28	-	0,3	0,4	14
Zn total (mgL ⁻¹)	1,36	-	1,9	2,9	60
Mn total (mgL ⁻¹)	14,08	-	1,8	2,7	28
B total (mgL ⁻¹)	5,20	-	124	93	19

Fuente: (1) Biol Ventanilla Ciudad Saludable. Biol de origen porcino. (2) Biol Casablanca citado por Siura & Davila (2008). (3) Laspad & Labrador (2001).

Calidad de los bioles

La Tabla 5 muestra algunos indicadores de calidad de los bioles.

TABLA 5. Indicadores de calidad de los bioles

Indicador	Valores	Fuente
pH	5,5- 7,0	(Brinton, 2000)
Salinidad	<3 ds/m	(Ayers & Westcot, 1985)
Nitrógeno (N)	> 700 mg/L	
Fósforo (P ₂ O ₃)	> 170 mg/L	
Potasio (K ₂ O)	>1300 mg/L	(Suárez, 2009)
Calcio (CaO)	> 1800 mg/L	
Azufre(SO ₃)	>270 mg/L	
Cromo (Cr)	70- 200 mg/kg	(Brinton, 2000)
Plomo (Pb)	70- 100 mg/kg	
Coliformes totales	< 3 UFC/g	(ICMSF, 1983)

Dosis más recomendadas

Para aplicación foliar se debe diluir entre 15 a 20%, aplicando 3 a 5 aplicaciones por ciclo de cultivo. Se recomienda usar leche como adherente para evitar evaporación o lavado por acción de la lluvia, un litro de leche por cada 200 L de solución. Al suelo se puede usar una dosis de 1 litro de biol por cada 100 L de agua de riego. A las semillas, se remoja la semilla antes de la siembra en una solución de Biol del 10 al 20% de concentración, para semilla de cáscara delgada y 25 a 50% para semilla de cáscara gruesa. Las semillas de especies hortícola, se remojan durante 2 a 6 horas, gramíneas y leguminosas de cáscaras delgada 12 a 24 horas y leguminosas de cáscara gruesa de 24 a 72 horas.

Para aplicar el Biol a plántulas o bulbos, se recomienda sumergir el vegetal en una solución de biol al 12%, inmediatamente se hace el transplante. En el caso de bulbos, cormos, etc. Se secan al aire por un tiempo de 5 minutos, y se procede a su plantación (SAG-Chile, 2013).

Julca (2017), aplicó dosis de 32 y 64 L/ha en el cultivo de la fresa (*Fragaria vesca*var. Aroma). Por otra parte, Ulloa (2015), utilizó dosis de biol de 5 L/ha en rábano *Raphanussativus*.

Algunos autores recomiendan lo siguiente independientemente del cultivo: Cedeño (2016) recomienda una dosis entre el 5 al 10 %. Martí (2008) menciona que la concentración debe ser del 25 %. Jiménez (2011), señala que para un cultivo de hortalizas se recomienda una cantidad de 4 litros de biol por 15 litros de agua. Además, en su estudio muestra que 100 % de biol presenta un mayor rendimiento de materia verde. Suquilanda (citado por Marino (2017) propone que las dosis deben ir desde el 25 al 75 %, la cual debe tener la presencia de hormonas vegetales para que se desarrollen de manera efectiva las funciones vitales. Pomboza et al. (2016) señalan que la dosis óptima de un biol es del 6 %.

Aplicación foliar:

Mediante la aplicación foliar se superan las limitaciones de la fertilización del suelo tales como la lixiviación, la precipitación de fertilizantes insolubles, el antagonismo entre determinados nutrientes, los suelos heterogéneos que son inadecuados para dosificaciones bajas, y las reacciones de fijación/absorción como en el caso del fósforo y el potasio (Eyal, 2015).

Una de las ventajas de la fertilización foliar es la rápida respuesta de la planta a la aplicación de nutrientes. La eficiencia de la absorción de nutrientes se considera que es 8-9 veces mayor cuando se aplican nutrientes a las hojas, en comparación a los nutrientes aplicados al suelo. Por lo tanto, cuando se presenta un síntoma de deficiencia, una solución rápida pero temporal, sería la aplicación de los nutrientes deficientes a través de la aplicación foliar (IAUSA, 2020).

Momento de aplicación – El mejor momento para aplicación foliar es temprano en la mañana o al atardecer, cuando las estomas están abiertas. La fertilización foliar no es recomendable cuando la temperatura supera los 80 ° F (27 ° C) (IAUSA, 2020).

La aplicación foliar de fertilizantes está indicada en aquellos casos en los que se requiere la aplicación de nutrientes in-

movilizados o bloqueados, o con limitaciones de disponibilidad, en el suelo (Figura 3). Asimismo, permite aplicar nutrientes cuando las condiciones del suelo puedan conllevar a pérdidas de los mismos. Por otra parte, esta técnica ofrece la posibilidad de aportar nutrientes en momentos de alta demanda en los que las condiciones ambientales o de suelo limitan su absorción (baja temperatura del suelo, pobre aireación, encharcamiento, patógenos del suelo, etc.). Adicionalmente, está especialmente indicada cuando lo que se pretende es corregir deficiencias nutricionales de forma inmediata (Hidalgo et al., 2020).

La frecuencia de aplicación depende directamente del tipo de siembra, esta a su vez está correlacionada con el patrón de adsorción, hay que considerar el ciclo del cultivo, ya que, si no se determina este parámetro, el fertilizante en el suelo puede perder sus nutrientes e incluso puede llegar a ser causante de daño a las cosechas (Smart Fertilizer Management, 2017). Pero algunos autores recomiendan lo siguiente: Restrepo (2001) señala que las aplicaciones foliares deben ser con intervalos alrededor de diez días.

Agronovida (como se citó en Marino (2017) propone que la aplicación del biol debe ser 10 a 25 días luego de la siembra y 10 días antes de la cosecha.

Pomboza et al. (2016) en su estudio sobre el rendimiento del biol en un cultivo de lechuga obtuvo que la frecuencia óptima es de 15 días.

Algunos cultivos donde se ha aplicado. Resultados

Cultivo del maní (*Arachis hipogea*L)

Tratamientos en estudios: (Mas, 2016).

Tratamiento 1- testigo (solo fertilizantes minerales) 0,5 t / ha

Tratamiento 2 – 5 L/ha de Biol

Tratamiento 3 – 10 L/ha de Biol

Tratamiento 4 – 15 L/ha de Biol

Tratamiento 5 – 5 L/ha de Biol + 2 L /ha de Fitomás-E

Tratamiento 6 – 10 L/ha de Biol + 2 L /ha de Fitomás-E

Tratamiento 7- 15 L/ha de Biol + 2 L /ha de Fitomás-E

Tratamiento 8- 2 L/ha de Fitomás-E

Los resultados fueron los siguientes:

Las respuestas en el rendimiento se destacaron los tratamientos en los que se aplicaron los biofertilizantes tanto solos como combinados siendo superiores cuando se aplicaron combinados. El incremento de los rendimientos respecto al testigo fue de un 15 %.

El efecto económico logrado fue superior con el empleo de los biofertilizantes con un beneficio económico en el rango de \$2729.50 ha (5 L/ha de biol) y \$5964.73 ha (5 L/ha de biol + 2 L/ha de Fitomás-E) con relación al testigo (Mas, 2016).

Cultivo de la col (*Brassicaoleraciavar. capitata*)

Tratamientos en estudio: (Tabares, 2016).

Canteros Dosis

1. Testigo: Solo con sustrato.

2. Sustrato+5 L/ha de Biol + 1 L/ha de Fitomás E

3. Sustrato+5 L/ha de Biol + 2 L/ha de Fitomás E

4. Sustrato+10 L/ha de Biol+ 1 L/ha de Fitomás E

5. Sustrato+10 L/ha de Biol + 2 L/ha de Fitomás E

6. Sustrato+15 L/ha de Biol + 1 L/ha de Fitomás E

7. Sustrato+15 L/ha de Biol + 2 L/ha de Fitomás E

Sustrato: Contiene cáscara de arroz, suelo y 10 kg/m² de materia orgánica.

Los resultados fueron los siguientes:

Todos los tratamientos donde se aplicaron los biofertilizantes tuvieron una respuesta superior en el crecimiento y rendimiento a la tecnología tradicional de producción de la col en organopónico. Se logró un incremento de los rendimientos de 5 %.

Se logró un impacto económico más significativo con el uso de los fertilizantes en relación a la tecnología de organopónico, en el orden de 2065 \$/ha y 5092 \$/ha, siendo la mejor dosis la de 10 L/ha de Biol + 2 L/ha de Fitomás E. (Tabares, 2016).

Cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*. L)

Tratamientos en estudio. Dosis de biol. (Dieguez, 2017).

T1- 5 L/ha: 62 mL/2 L de agua a los diez días después del trasplante

T2- 5 L/ha: 62 mL/2 L de agua a los veinte días después del trasplante

T3- 10 L/ha: 124 mL/2 L de agua a los diez días después del trasplante

T4- 10 L/ha: 124 mL/2 L de agua a los veinte días después del trasplante

T5- 15 L/ha: 168 mL/2 L de agua a los diez días después del trasplante

T6- 15 L/ha: 168 mL/2 L de agua a los veinte días después del trasplante

T7- Testigo sin aplicación.

Los resultados fueron los siguientes:

Todos los tratamientos mostraron diferencias significativas con respecto al testigo en las dos aplicaciones, excepto el tratamiento 1, sobre todo en los indicadores de peso de la planta y número de hojas.

La dosis que mejores resultados mostró fue la de 5 L/ha y la aplicación 20 días después del trasplante.

Los resultados demostraron que la aplicación del Biol en aspersiones foliares, favorece los rendimientos en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa* L) condiciones de organopónicos semiprotectado incrementando los mismos en un 13 % respecto a los métodos tradicionales.

Cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Los tratamientos en estudio fueron: (Revé, 2015).

Testigo solo con fertilizante mineral 0.8 t·ha⁻¹.

Biol---10 L·ha⁻¹ los 15 días posteriores a la germinación (5.4 mL·L⁻¹) + fertilizante mineral 0.8 t·ha⁻¹.

Biol---10 L·ha⁻¹ los 30 días posteriores a la germinación (5.4 mL·L⁻¹) + fertilizante mineral 0.8 t·ha⁻¹.

Biol---5 L·ha⁻¹ los 15 días posteriores a la germinación (2.7 mL·L⁻¹) + fertilizante mineral 0.8 t·ha⁻¹.

Biol---5 L·ha⁻¹ los 30 días posteriores a la germinación (2.7 mL·L⁻¹) + fertilizante mineral 0.8 t·ha⁻¹.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El tratamiento número dos fue el que más influyó en la variable del crecimiento y rendimiento por los resultados obtenidos. El mismo incrementó los rendimientos aproximadamente en un 100%, o sea duplicó los rendimientos.

Cultivo de la cebolla (*Allium cepa* var. Caribe 71)

Tratamientos en estudio (Ravelo et al., 2018).

T1. Testigo

T2. 5 L/ha de Biol a los 20 días posterior al trasplante.

T3. 5 L/ha de Biol a los 35 días posterior al trasplante.

T4. 10 L/ha de Biol a los 20 días posterior al trasplante.

T5. 10 L/ha de Biol a los 35 días posterior al trasplante.

T6. 5 L/ha de Biol a los 20 + 5 L/ha de Biol 35 días posterior al trasplante.

T7. 15 L/ha de Biol a los 20 días posterior al trasplante.

Resultados obtenidos

Todos los tratamientos fueron superiores a la tecnología tradicional de producción de cebolla (testigo).

Las mejores respuestas en la variable rendimiento se obtuvieron 20 días posteriores a la formación del bulbo incrementando los mismos en un 20 % respecto al testigo.

La mejor dosis en su respuesta fue al aplicar 10 L/ha 20 días posterior a la formación del bulbo.

El trabajo seleccionó y recopiló en un solo documento diferentes elementos de interés sobre el biol que se encontraban diseminados en la red para facilitar el acceso a los mismos con vistas a nuevas investigaciones sobre el tema que posee gran importancia en las condiciones actuales donde los agricultores se inclinan a las prácticas agroecológicas. El trabajo mostró la definición del biol, sus funciones, algunos protocolos para confeccionarlos. Biodigestores donde se fabrica, las etapas de la fermentación anaerobia y los tipos de éstos que existen. Microorganismos que realizan este proceso. Las propiedades y calidad de los biopreparados obtenidos por digestión anaerobia. Las dosis más recomendadas, aplicaciones foliares, momentos de aplicación y algunos cultivos donde se ha utilizado con sus resultados.

La tendencia actual en la producción de alimentos es producir con inocuidad siendo un actor directo en el mismo el empleo de los biopreparados y disminuir los agroquímicos. Los biopreparados ya sean biofertilizantes o bioestimulantes contribuyen a que el metabolismo en los cultivos donde se han probado haya sido más intenso; y por lo tanto se ha logrado un incremento en el rendimiento de dichos cultivos. Estos productos se preparan a partir de recursos locales disminuyendo la carga contaminante del medio por lo que son una alternativa viable para la producción de alimentos de origen vegetal.

CONCLUSIONES

- Este trabajo concentró información diseminada en diferentes artículos científicos publicados con anterioridad para contribuir a una mayor comprensión sobre los biopreparados por digestión anaerobia (bioles).

- Las materias primas que intervienen en la fabricación del biol son de fácil adquisición y representarían una carga contaminante para el medioambiente.
- El biol aporta elementos nutritivos de fácil asimilación que intervienen directamente en el metabolismo de las plantas.
- Su aplicación en pequeñas dosis garantiza un incremento de los rendimientos entre un 15 y 20 % de los rendimientos.
- Debido a la disponibilidad de la materia prima para su elaboración a partir de recursos locales, su elaboración y aplicación es muy económica.
- La aplicación del biol como biofertilizante no provoca efectos nocivos al medio ambiente al ser un producto orgánico.
- Se demuestra la utilidad del uso del biol en los sistemas de producción agrícola y la actualidad del tema a partir de la información proporcionada para la aplicación de los biopreparados por digestión anaerobia (bioles) en los sistemas de producción agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adekunle, K. F., & Okolie, J. A. (2015). A review of biochemical process of anaerobic digestion. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 6(03), 205.
- Alarcón, F. M. M. I., Romero, G. R., Frenich, G. A., Vidal, M. J., & Reyes, C. R. (2010). Rapid determination of underivatized amino acids in fertilizers by ultra high performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry. *Analytical Methods*, 2(11), 1745-1751. <https://dx.doi.org/10.1039/c0ay00263a>
- Aranganathan, L., & Rajasree, R. S. (2016). Bioconversion of marine trash fish (MTF) to organic liquid fertilizer for effective solid waste management and its efficacy on Tomato growth. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 7(1), 93-103. <https://doi.org/10.1108/MEQ-05-2015-0074>
- Augier, H., & Santimone, M. (1978). *Composition en azote total, en protéines et en acides aminés protéiques de fertilisant foliaire «Goémar», à base d'algues marines*. 21(6), 337-341. <https://doi.org/10.1515/botm.1978.21.6.337>
- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (Vol. 29). Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, Italy.
- Bareither, C. A., Wolfe, G., McMahon, D., & Benson, C. (2013). Microbial diversity and dynamics during methane production from municipal solid waste. *Waste management*, 33(10), 1982-1992. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.12.013>
- Brinton, W. F. (2000). *Compost quality standards and guidelines* (p. 42) [Final Report]. Woods End Research Laboratories for the New York State Association of Recyclers.
- Cazier, E., Trably, E., Steyer, J. P., & Escudí, R. (2015). Biomass hydrolysis inhibition at high hydrogen partial pressure in solid-state anaerobic digestion. *Bioresource technology*, 190, 106-113. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.055>
- Cedeño, R. (2016). *Evaluación de tres frecuencias de aplicación de biol de bovino en el cultivo de pimiento (Capsicum annum L.)* [Tesis de pregrado], Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador]. <http://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/42000/460/TA58.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dieguez, J. (2017). *Comportamiento de la lechuga Lactuca sativa. L ante diferentes dosis de Biol en organopónicos semiprottegidos* [Trabajo de diploma]. Universidad Isla de la Juventud.
- Eyal, R. (2015). *Fertilización Foliar. Otra exitosa forma de nutrir a las plantas*. ResearchGates. <https://www.researchgate.net/publication/265975832>
- FAO. (2018). *Term Portal. Agricultura orgánica*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <http://www.fao.org/faoterm>
- Ferrer, I., Gamiz, M., Almeida, M., & Ruiz, A. (2009). Pilot project of biogas production from pig manure and urine mixture at ambient temperature in Ventanilla (Lima, Peru). *Waste Management*, 29(1), 168-173. <https://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.014>
- Ferrer, I., Garfí, M., Uggetti, E., Ferrer, M. L., Calderon, A., & Velo, E. (2011). Biogas production in low-cost household digesters at the Peruvian Andes. *Biomass and bioenergy*, 35(5), 1668-1674. <https://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.036>
- Florez, J. M. A., Roldán, A. D. J., & Juscamaita, M. J. G. (2020). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19(2), 121-131.
- Frederiks, B. (2011). *Biogas bag installation manual for small bag-type plug flow digesters*. FACT Foundation, Eindhoven, Netherlands. *FACT Foundation, Eindhoven, Netherlands. Accessed October, 2, 2011. Dostupné z: http://www.fact-foundation.com*
- Grageda, C. O. A., González, F. S. S., & Díaz, F. A. (2015). *Uso de compostas y biofertilizantes en la agricultura*. <http://biblioteca.inifap.gov.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4332/Uso%20de%20composta%20y%20biofertilizantes.pdf?sequence=1>
- Group, E. (2007). *Promoting Biogas Systems in Kenya -A feasibility study—Kerea*. Yumpu. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/en/document/read/11658383/promoting-biogas-systems-in-kenya-a-feasibility-study-kerea>
- Guardado, J. (2007). *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas*. Cubasolar, La Habana, Cuba.
- Haraldsen, T. K., Andersen, U., Krogstad, T., & Sørheim, R. (2011). Liquid digestate from anaerobic treatment of source-separated household

- Sánchez-Llevat *et al.*: Estado del arte de los biopreparados por digestión anaerobia como biofertilizantes y bioestimulantes
waste as fertilizer to barley. *Waste Management & Research*, 29(12), 1271-1276. <https://doi.org/10.1177/0734242X11411975>
- Hepsibha, B. T., & Geetha, A. (2019). Physicochemical characterization of traditionally fermented liquid manure from fish waste (Gunapase-lam). *Indian Journal of Traditional Knowledge (IJTK)*, 18(4), 830-836.
- Hermida, O. (2014). *Huella energética de las producciones pecuarias*. CITECNA.
- Hidalgo, J. C., Vega, V., & Hidalgo, J. (2020). *Lertifzacion foliar Ln olivar* (pp. 1-19). Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.
- IAUSA. (2020). *¿En qué condiciones se debe utilizar la fertilización foliar?* *Agricultura, fertilizantes*. IAUSA. <https://iausa.com.mx/en-que-condiciones-se-debe-utilizar-la-fertilizacion-foliar/>
- ICMSF. (1983). *International Commission on Microbiological Specifications for Foods: Vol. Vol. 1 Part 2* (2nd ed). Editorial Acribia, (Trad. 1988). Reimpreso. 2000.
- Inoue, S., Suzuki-Utsunomiya, U. K., Komori, Y., Kamijo, A., Yumura, I., Tanabe, K., Miyawaki, A., & Koga, K. (2013). Fermentation of non-sterilized fish biomass with a mixed culture of film-forming yeasts and lactobacilli and its effect on innate and adaptive immunity in mice. *Journal of bioscience and bioengineering*, 116(6), 682-687. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2013.05.022>
- Jiménez, E. (2011). *Aplicación de biol y fertilización química en la rehabilitación de praderas, AloagPichincha* [B.S. Thesis, SANGOLQUÍ/ESPE-IASA]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/4664>
- Kim, J. K., Kong, I. S., & Lee, H. H. (2010). Identification and characterization of microorganisms from earthworm viscera for the conversion of fish wastes into liquid fertilizer. *Bioresource technology*, 101(14), 5131-5136. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.001>
- Lagler, J. C. (2017). Bioinsumos: Distintas percepciones haciendo foco en la fertilización biológica. *Agronomía & Ambiente*, 37(1). <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563>
- Lasparf, S., & Labrador, J. (2001). *La materia orgánica en los agrosistemas* (1era edición). Ediciones Mundi-Presa, Madrid, España.
- Lukajtis, R., Hołowacz, I., Kucharska, K., Glinka, M., Rybarczyk, P., Przyjazny, A., & Kamiński, M. (2018). Hydrogen production from biomass using dark fermentation. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 91, 665-694. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.043>
- Marino, J. (2017). *Efecto de concentraciones y frecuencias de aplicación del biol en el cultivo de rábano chino (Raphanus sativus l. Var. Longipinnatus) en la estación experimental de cota cota-La Paz* [Tesis de grado, UMSA]. <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10712/T-2369.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martí, J. (2008). *Biodigestores Familiares: Guía de Diseño y Manual de Instalación* (p. 35). Biblioteca Virtual de la Cooperación Alemana en Bolivia La Paz, Bolivia.
- Mas, Y. (2016). *Comportamiento en el crecimiento y rendimiento del cultivo del maní (Arachisipogaea L.) con la aplicación de Biofertilizantes* [Trabajo de diploma]. Universidad Isla de la Juventud, Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba.
- MasterClass articles. (2021). *What Is Fermentation? Written by the MasterClass staff Last updated: Sep 29, 2021*. MasterClass articles. <https://www.masterclass.com/articles/what-is-fermentation-learn-about-the-3-different-types-of-fermentation-and-6-tips-for-homemade-fermentation#how-does-fermentation-work>
- Meegoda, J. N., Li, B., Patel, K., & Wang, L. B. (2018). A review of the processes, parameters, and optimization of anaerobic digestion. *International journal of environmental research and public health*, 15(10), 2224.
- Nzila, C., Dewulf, J., Spanjers, H., Tuigong, D., Kiriamiti, H., & Langenhove, H. (2012). Multi criteria sustainability assessment of biogas production in Kenya. *Applied Energy*, 93, 496-506. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.12.020>
- Padilla, V. N. E. (2020). *Efecto de dos tipos de biol y tres momentos de aplicación sobre la producción de legumbres del frijol común (Phaseolus vulgaris l.) tipo bayo* [Informe técnico]. Universidad Nacional de Piura, Valle del Medio Piura-Perú.
- Peralta, V. L., Juscamaíta, M. J., & Meza, C. V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un estable lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología aplicada*, 15(1), 1-10. <http://www.cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/628>
- Pérez-Pérez, T., Pereda-Reyes, I., Oliva-Merencio, D., & Zaiat, M. (2016). Anaerobic digestion technologies for the treatment of pig wastes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 50(3), 343-354.
- Pomboza, T. P., León, G. O. A., Villacís, A. L. A., Vega, J., & Aldáz, J. J. C. (2016). Influencia del biol en el rendimiento del cultivo de Lactuca sativa L. variedad Iceberg. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 4(2), 84-92. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200005&lng=es&tlng=es
- Pontón, S. R. D. (2011). *Diseño de un sistema para la obtención de biol mediante los residuos sólidos orgánicos generados en el cantón Joya de los Sachas* [Tesis de Licenciatura]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rajendran, K., Aslanzadeh, S., & Taherzadeh, M. J. (2012). Household biogas digesters—A review. *Energies*, 5(8), 2911-2942. <http://dx.doi.org/10.3390/en5082911>
- Ramesh, T., Amuthavalli, A., & Boopathy, R. (2020). Analysis of fermented liquid fertilizer from marine crab waste. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 5(3). <https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.53.16>

- Ravelo, R., Sánchez, I., Ávila, O., Santos, R., & Samuels, W. (2018). *Efecto combinado de diferentes dosis de biol y fitomás- E en el crecimiento y rendimiento del cultivo de la cebolla (Allium cepa)*. Universidad Isla de la Juventud «Jesús Montané Oropesa», Facultad de Agronomía, Isla de la Juventud, Cuba.
- Revé, Z. (2015). *Influencia del biol en el cultivo del frijol (phaseolus vulgaris l) aplicado en dos momentos y tres dosis* [Trabajo de diploma], Universidad Isla de la Juventud, Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba.
- SAG-Chile. (2013). *Agricultura orgánica nacional. Bases técnicas y situación actual*. Ministerio de Agricultura. Servicio agrícola y ganadero. Chile. http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org_nacional_bases_tecnicas_ysituacion_actual_2013.pdf
- Sahu, B. B., Sahu, U., Tripathy, U., Barik, N., Agnibesh, A., Paikaray, A., Mohapatra, S., Senapati, S., & Sundaray, J. (2017). Fusion of sugar industry and fish processing industry waste products in developing high value organic fertilizer and feed supplement. *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 2(4), 6-18.
- Sanes, S. F., Strassburger, A. S., Araújo, B. F., & Medeiros, B. C. A. (2015). Compostagem e fermentação de resíduos de pescado para produção de fertilizantes orgânico. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3), 1241-1251. <https://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1241>
- Santerre, M. T., & Smith, K. R. (1982). Measures of appropriateness: The resource requirements of anaerobic digestion (biogas) systems. *World Development*, 10(3), 239-261. [http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X\(82\)90013-4](http://dx.doi.org/10.1016/0305-750X(82)90013-4)
- Sastro, Y., Bakrie, B., & Sudolar, N. R. (2013). The effect of fermentation method, microbes inoculation and carbon source proportion on the quality of organic fertilizer made from liquid wastes of chicken slaughterhouse. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 38(4), 257-263. <https://doi.org/10.14710/jitaa.38.4.257-263>
- Siura, S., & Davila, S. (2008). *Effect of green manure rotation, biol and cultivar on the production of organic spinach (Spinacea olearacea)*. 4. Smart Fertilizer Management. (2017). *Momento y frecuencia de la aplicación de fertilizantes*. Smart Fertilizer. <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/timing-fertilizer-application>
- Suárez, S. D. M. (2009). *Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena*. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias con Énfasis en Suelos, UNAL]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/3270>
- Tabares, B. (2016). *Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo de la col (Brassicaoleraceavar. Capitata L.) con el empleo de biofertilizantes* [Trabajo de diploma]. Universidad Isla de la Juventud.
- Ulloa, J. (2015). *Valoración de tres tipos de bioles en la producción de rábano (Raphanus sativus)* [Tesis de Máster en Gestión y Auditorías Ambientales]. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería, Piura, Perú.
- Verde, R. (2014). *Unas*. Unas. http://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/practica%20absoluta%20evolucion%20maxima.pdf
- Villegas, E. J. A., Reyes, P. J. J., Nieto, G., Ruiz, E. F. H., Cruz, F. A., & Murillo, A. B. (2018). Bioestimulante Liplant®: Su efecto en Solanum lycopersicum (L.) cultivado en suelos ligeramente salinos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(SPE20), 4137-4147.

Iván Luis Sánchez-Llevat, Profesor asistente, Universidad Isla de la Juventud "Jesús Montané Oropesa", carretera aeropuerto km 3½, Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba, e-mail: ilsanchez@uij.edu.cu ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0003-3243-4455>

Lianna Fuerte-Góngora, Estudiante Agronomía, Universidad Isla de la Juventud "Jesús Montané Oropesa", carretera aeropuerto km 3 ½ Nueva Gerona Isla de la Juventud. e-mail: lianna.fuentes@nauta.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5640-9129>

Reinaldo Ravelo-Ortega, Profesor Auxiliar, Universidad Isla de la Juventud "Jesús Montané Oropesa", carretera aeropuerto km 3½, Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba, e-mail: rravelo@uij.edu.cu ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-6651-5555>

Oscar Ávila-García, Profesor Auxiliar, Universidad Isla de la Juventud "Jesús Montané Oropesa", carretera aeropuerto km 3½, Nueva Gerona, Isla de la Juventud, Cuba, e-mail: oavila@uij.edu.cu ORCID iD: <http://orcid.org/0000-0002-7904-0675>

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: I. L. Sánchez. Curación de datos: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo. Análisis formal: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo. Captación de fondos: I. L. Sánchez, L. Fuerte. Investigación: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo, O. Ávila. Metodología: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo. Administración de proyectos: I. L. Sánchez. Recursos: Software: Supervisión: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo. Validación: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo, O. Ávila. Visualización: I. L. Sánchez, L. Fuerte. Redacción–borrador original: I. L. Sánchez, L. Fuerte, R. Ravelo. Redacción–revisión y edición: L. Fuerte, R. Ravelo, O. Ávila. Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

Incentivos financieros en Cuba para el MST

Como parte del indiscutible incremento de la conciencia ambiental en Cuba se hace patente el interés por parte de personas naturales o jurídicas, tenentes de tierra, ya sea en concepto de propiedad estatal, privada o cooperativa o usufructuarios de manejar sus tierras de forma sostenible que les permita hacer un uso más racional de los recursos disponibles en función del desarrollo socioeconómico y que garantice la satisfacción de las necesidades crecientes de la sociedad.

El Proyecto 3 del Programa de Asociación de País (CPP-OP15) para el Manejo Sostenible de Tierras en Apoyo al Programa de Lucha contra la Desertificación y la Sequía en Cuba, implementado por la Agencia de Medio Ambiente perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, con el apoyo del Programa de Naciones Unidas, tiene como objetivo principal incrementar el aprovechamiento por parte de los productores de los mecanismos financieros existentes y otros nuevos que se pueden implementar en apoyo a



Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de los Suelos (PNCMS) se concibió con el aporte de un financiamiento estatal nacional para reintegrar a las unidades productivas y productores individuales los gastos generados en la ejecución de medidas de conservación y mejoramiento de los suelos. Entre las principales acciones a financiar se encuentran: construcción de barreras vivas, muertas, de muro de contención y tranques de colectores naturales, establecimientos de coberturas vivas, corrección de cárcavas, aplicación de enmiendas minerales y orgánicas al suelo, ejecución de drenajes primarios, producción de compost y humus de lombriz, plantación de frutales y forestales para la protección de fajas hidrorreguladoras, entre otras. Dentro del PNCMS existe una prioridad



Banco de Crédito y Comercio (BANDEC), Gradientes. Para lograr que el sistema de categorías de MST estuviera estimulada por nuevos incentivos financieros en noviembre del 2017 se firmó un Acuerdo Cooperativo entre la Agencia de Medio Ambiente (AMA), el Programa de Asociación de País y el BANDEC que es la entidad bancaria que está diseñada para la atención al sector agropecuario y forestal en Cuba. Este nuevo incentivo financiero constituye un ahorro en la economía de los productores reconocidos con alguna de las categorías de MST que se refleja directamente en el incremento de las producciones, mayores contrataciones de fuerza laboral y mejoras socioeconómicas para el productor y su familia. Este incentivo consiste en la disminución de las tasas de interés de los créditos



Empresa de Seguros Nacionales (ESEN). Primera póliza combinada "ReverdESEN" desarrollada en Cuba para productores con categorías de MST. Concebida de conjunto entre la ESEN y la AMA con su Programa CPP-OP15. Constituye la combinación perfecta, pues rompe los esquemas de los seguros tradicionales y abarca objetos tan amplios como los bienes agrícolas y pecuarios, los inmuebles y su contenido, lo relacionado con la vida de los productores y su familia, y cubre riesgos asociados a fenómenos climatológicos, la muerte o accidentes. Cuenta con una prima única con bonificaciones más atractivas, ofrece mayor amplitud de coberturas con bajos costos al asegurado.

