



Segmento especial

Bioinsumos basados en biofermentos en la Universidad Técnica Nacional, Costa Rica

Bioinputs based on bioferments at the Universidad Técnica Nacional, Costa Rica

Bioinsumos baseados em biofermentos na Universidade Técnica Nacional, Costa Rica


Manuel Amador Benavides
Universidad Técnica Nacional, Costa Rica
mhamador@utn.ac.cr

Desde enero del 2019 se inicia la cooperación entre la universidad Técnica Nacional (UTN) sede Atenas y COOPEATENAS, se estructura una relación que desarrolla una investigación sobre el uso alternativo de bioinsumos en sustitución de insumos químicos que usan en la cooperativa. La propuesta parte del interés de ambas partes para evaluar alternativas, dado que el uso y costo de agroquímicos incrementan anualmente, disminuyendo la rentabilidad debido al estancamiento de los precios finales en los mercados de café de la cooperativa. Se consideró, además, las limitadas investigaciones en otras universidades o centros de investigación sobre la búsqueda de nuevos insumos, con menor costo y menor residualidad. Las universidades deben construir procesos y herramientas de inmediata utilidad para la sociedad civil, como herramientas para los productores agropecuarios y fortaleciendo las unidades académicas que forman profesionales para el sector agropecuario.

La propuesta ha consistido en la síntesis de biofermentos para la nutrición de plantas para utilización en café, a través de socios de COOPEATENAS e iniciar, sistemáticamente, pruebas en la nutrición de forrajes dentro de la sede, que, a su vez, son usados en la alimentación de bovinos y búfalos en la sede.

Los biofermentos son utilizados hace algún tiempo por agricultores de Centroamérica y Latinoamérica, como respuesta a la búsqueda de opciones





de sustancias químicas elaboradas industrialmente, hasta el momento reconocido como un reconocimiento empírico dado las limitadas bases científicas de sus componentes. Hasta el momento, también, se considera su composición como una alternativa que inicia con poblaciones de bacterias recolectadas en bosques de la misma región donde se producen, en nuestro caso, cercana a la sede de Atenas.


Los biofermentos tienen una composición muy sencilla. La base fundamental es la hojarasca que es recolectada en los bosques primarios y secundarios. La experiencia nos ha enseñado que las poblaciones bacterianas también se encuentran en las cepas de bambú, dando muy buen resultado posterior en el biofermento como producto final.

Las prácticas agrícolas actuales están relacionadas con un impacto negativo en el ambiente, la disminución de la fertilidad de los suelos, altos costos, dependencia del uso de sustancias químicas y baja rentabilidad. En este sentido, FAO (2017) ha definido varias amenazas de los suelos a nivel mundial, entre las que se encuentra el desequilibrio de los ciclos de nutrientes y la disminución de la biodiversidad de los suelos. Los factores mencionados afectan, especialmente, a los pequeños productores, incluyendo la agricultura familiar de subsistencia.

Entre las recomendaciones de la FAO (2017) para preservar y mejorar la biodiversidad del suelo se encuentra la aplicación de enmiendas orgánicas. Entre ellos, los abonos orgánicos líquidos (biofermentos) y sólidos, los cuales son una atractiva innovación tecnológica de bajo costo y sencilla elaboración y aplicación. Su uso se asocia con mayor fertilidad de suelos, plantas mejor nutridas y saludables, por ende, productos de mayor calidad. Es un abono totalmente orgánico y se asocia con una mejora en cantidad y calidad de la producción y altos estándares de calidad por tratarse de un abono natural.

La elaboración de biofermentos parte del uso de un inóculo inicial consistente de mantillo de bosque, que en Centroamérica se le ha llamado "microorganismos de montaña" (MM). Se ha documentado que los biofermentos mejoran la calidad de abonos sólidos, liberan nutrientes y





umentan su disponibilidad para el crecimiento de las plantas y control de patógenos.

Es particularmente importante para la sede de Atenas, ampliar su gestión tecnológica hacia otras herramientas que, a su vez, contribuyan a la mitigación del cambio climático. La sensibilidad lograda por la vinculación con los objetivos de sostenibilidad desde la esencia de la formación misma es la base filosófica para la construcción de innovación para beneficio de la sociedad.

La UTN sede de Atenas ha tomado vanguardia en la investigación sobre bioinsumos, se alía con COOPEATENAS para investigar la respuesta de la aplicación de bioinsumos en café y completa su proceso con Zenat-CENIbiot a fin de profundizar la investigación sobre la composición y calidad de biofermentos debido a la presencia de microorganismos involucrados en la fermentación de materiales que son mezclados en la formulación.

Tal y como se ha intercambiado con agricultores y ganaderos, es urgente la búsqueda y validación de insumos accesibles en precio y aplicabilidad e impacto, debido a nuevas normas de los mercados regionales, nacionales e internacionales.

La UTN tiene claridad sobre la importancia de continuar las investigaciones innovadoras para la gestión y uso de bioinsumos en actividades agrícolas y pecuarias. Dada la vocación en producción animal de la sede de Atenas, ahora existe una tendencia a evaluar el comportamiento de aplicación de biofermentos a los forrajes, evaluación simultáneamente la aplicación con el pastoreo de bovinos y búfalos.

Preparación de biofermentos

Se inicia con la recolección de materia orgánica, preferiblemente de bosque primario, en el que se pueden encontrar grandes cantidades de hojarasca acumulada. Normalmente, si se levanta la primera capa de hojas en descomposición y encontrarán "costras" o acumulaciones de poblaciones bacteriales de color blanco o rosado. De acuerdo con la experiencia generada en la sede de Atenas, UTN, normalmente estas acumulaciones o "manchas"



son de poblaciones benéficas que luego controlarán a bacterias no deseadas en el proceso de fermentación.

Para continuar con el proceso, se recolectan alrededor de cuatro sacos de 45 kg de ese tipo de hojarasca que lleva a un lugar donde se podrá realizar la mezcla con otros materiales y multiplicar la presencia de las bacterias. La recomendación de acuerdo con lo experimentado en la sede, la hojarasca debe mezclarse con semolina (pulidura de arroz, ingrediente de alimento animal) y melaza (producto de la industria azucarera, utilizada en alimentación animal).

En casi todos los casos, se recomienda agregar forraje picado, producto de la cosecha de los puntos de crecimiento de las primeras horas de la mañana, donde se presume existen poblaciones bacterianas importantes que pueden reforzar la fermentación del preparado.

Esta mezcla deberá almacenarse en estantes o recipientes prensados de manera que queden sellados y en una condición anaeróbica durante uno o dos meses, es donde se lleva a cabo la multiplicación de las bacterias y la primera fermentación y se aprovechan las bacterias para preparar ese primer bloque que ayudará a la fermentación posterior.

Después de cumplir con el periodo, se preparan bloques de alrededor de 15 kg (como se aprecia en la siguiente figura) en materiales de cedazo que son envueltos como té, para pasar a sumergir en un recipiente con suero de queso o vinazas y melaza, donde se continúa la fermentación; este proceso dura unos 15 días más.

Figura 1. Preparación de biofermentos



Nota: la fuente de la figura 1 es de elaboración propia.



Una vez pasado el periodo, se aplican los diferentes minerales, por separado, utilizando un estañón para diferentes minerales. Se usan fuentes de fósforo, potasio, magnesio, manganeso, boro, sílice. Se preparan por aparte, es decir, se exponen a las bacterias fermentadas y en el que sucede la formación del Quelato (compuesto químico nuevo, mineral de más fácil absorción en la planta).

Figura 2. Utilización de estañones



Nota: la fuente de la figura 2 es de elaboración propia.

La exposición de los minerales al primer fermentado, llamado fase líquida lleva unos 15 adicionales, momento final donde cada uno de los nutrientes fermentados se puede mezclar y obtener el compuesto multimineral que se requiera, de acuerdo con el requerimiento del cultivo o forraje.

Figura 3. Compuesto final de biofermento



Nota: la fuente de la figura 3 es de elaboración propia.

Con base en los resultados obtenidos hasta ahora en la alianza con COOPEATENAS, es oportuno contar con mayores investigaciones en otros ciclos productivos como hortalizas en ambiente protegido y el cultivo de forrajes para uso de los animales de la sede. Hasta ahora, se ha demostrado preliminarmente que los biofermentos reducen significativamente los costos de las aplicaciones sin bajar los rendimientos.

En la UTN, las pruebas con utilización de biofermentos y compost en algunas actividades agrícolas y pecuarias se facilitaron, dada la apertura de las estrategias de la universidad para buscar nuevas alternativas y desarrollar nuevos experimentos, para comprobar su aporte en el rendimiento, tanto en café, cacao y forrajes. Los análisis contemplan la valoración de usar insumos con poca o nula posibilidad de contaminación y bajo costo, así como la comparación con el uso de insumos ya utilizados, de manera que la UTN podría consolidar una línea de investigación innovadora para los productores agrícolas y pecuarios.

Figura 4. Proceso de fermentación simplificado

Microorganismos + sustancias solubilizadoras + minerales →
de montaña



Fase sólida → fase líquida → Quelatos → biofermento


Nota: la fuente de la figura 4 es de elaboración propia.

La figura 4 simplifica el proceso de fermentación que se realiza desde la recolección de hojarasca con microorganismos desde el bosque.

Alianzas estratégicas

Como se mencionó, algunos resultados hasta ahora en la utilización de biofermentos, provienen de resultados de investigaciones no formales,





avances empíricos de agricultores que buscan sus propias soluciones. Mediante este proceso de investigación- desarrollo pueden enmarcarse beneficios económicos e impacto agronómico, por un lado, resultados concretos para las organizaciones de agricultores y, por otro, la motivación a los estudiantes para trabajar en temas actuales en búsqueda conjunta de soluciones para los pequeños agricultores.


Es importante mencionar que la UTN y el CENIBiot comparten enfoques metodológicos y prácticos, derivando procedimientos y nuevas herramientas para acompañar a COOPEATENAS. Se inició con la construcción de una planta de producción de biofermentos, por su parte, CENIBiot ha contribuido con la caracterización de la comunidad microbiana de los biofermentos.

El fortalecimiento de la alianza está basado en la construcción de un proceso que evalúe abonos alternativos en varios cultivos (inicialmente café cacao y forrajes), considerando que por mucho tiempo se ha dependido de abonos e insumos químicos por recomendaciones de las instituciones y el Estado, ha creado una tradición técnica.

El proceso experimental se ha extendido por varios años, por ahora desde 2019 a 2023 y se le da seguimiento a la conformación de los biofermentos con sus contenidos de microorganismos. COOPEATENAS, UTN y CENIBiot, consideran relevante evaluar marcas comerciales y microorganismos recolectados en bosques protegidos cercanos a la región de Atenas. Actualmente, se cuenta con la planta de producción de biofermentos en el beneficio de café de COOPEATENAS en San isidro de Atenas, en la sede y CENIBiot continúa la caracterización de la comunidad microbiana de los biofermentos que están siendo sintetizados.

Desde el inicio de la alianza, se estima la importancia de la participación de los estudiantes en la gestión de nuevas herramientas y propuestas para ser compartidas con las organizaciones de agricultores. En caso de la estrategia de abonamiento alternativo, se trata de probar científicamente los resultados obtenidos hasta ahora en esas organizaciones, que han avanzado como





producto de las necesidades de nutrición y control de enfermedades que se agudizaron con el cambio climático.

Propósito de las investigaciones

El proceso de investigación generó una propuesta tecnológica innovadora, revisada y enriquecida por los caficultores asociados de COOPEATENAS, ha sido integrada con el propósito de conocer de forma científica la composición de los biofermentos generados en la cooperativa para el uso de sus asociados.

Aunque se ha avanzado desde el año 2019, es importante repetir los experimentos en los próximos ciclos de manejo y cosecha en mismos cafetales, obtener resultados con conclusiones sólidas y sustentar recomendaciones en el manejo de los cafetales de COOPEATENAS, con base en resultados científicos y balances económicos.

Asimismo, es relevante la realización de pruebas científicas a sustancias utilizadas por los agricultores en la mejora calidad nutricional de los cultivos, control de plagas y enfermedades, como respuesta al costo creciente de los insumos químicos y el cambio climático. La UTN busca coordinar alianzas para realizar investigación-desarrollo con organizaciones de agricultores y aportar alternativas viables, donde los resultados sean fácilmente aplicados en regiones donde está presente la cooperativa.

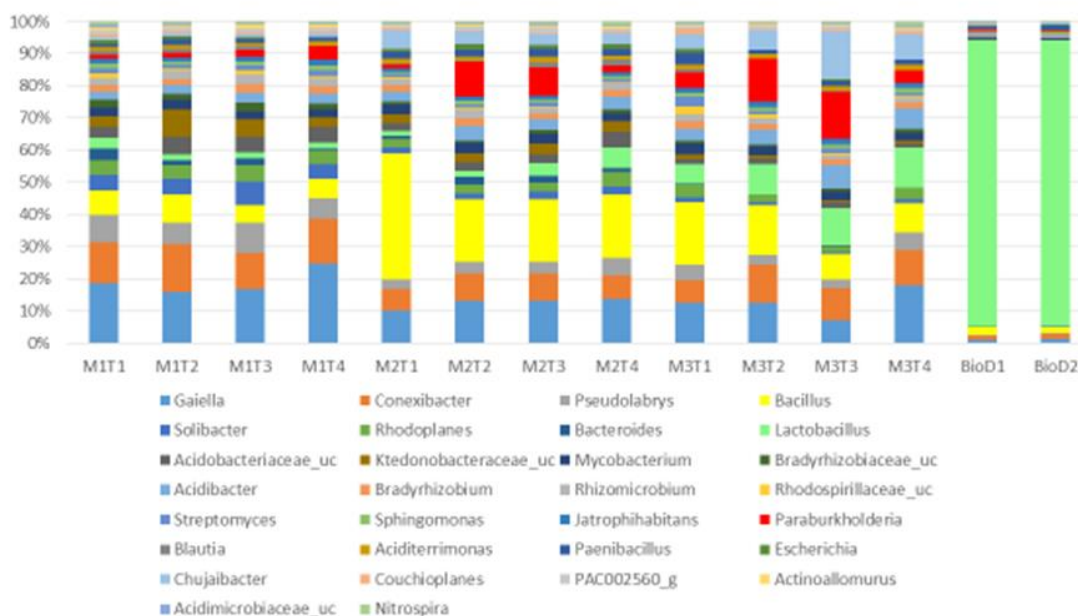
La composición y respuesta de los cultivos han sido poco estudiadas y requieren de análisis para demostrar su capacidad de control y aumento de rendimientos. Existen algunos avances en la síntesis de esas sustancias con insumos regionales

Los biofermentos pueden ser una nueva tecnología, pero requieren de ensayos constantes de verificación para determinar su impacto en la calidad y rendimiento en los cultivos. Ha sido muy enriquecedor los procesos de investigación con los centros de investigación, agricultores y estudiantes, sede de UTN en Atenas, COOPEATENAS y CENIBiot.




La fabricación actual de insumos líquidos y sólidos requiere conocimiento de la composición biológica y química para enriquecer su reproducción y ofrecerlo como opción tecnológica alternativa. El nuevo orden económico establece que las opciones tecnológicas deben ser rentables. Tradicionalmente, los insumos eran adquiridos fuera de la finca, actualmente, es necesario fortalecer procesos de fabricación en las fincas o las cooperativas, propiciando la menor dependencia de insumos externos y aumentando la rentabilidad. A continuación, se presenta la secuenciación genética de las poblaciones de bacterias presentes en los ingredientes para hacer los biofermentos y en la composición final que fueron aplicadas en las plantas de café.

Figura 5. La secuenciación genética de las poblaciones de bacterias presentes en los ingredientes para hacer los biofermentos y en la composición final que fueron aplicadas en las plantas de café



Nota: la fuente de la figura 5 es de CENIBiot (2021).





Un miembro de la plataforma como CENIBiot cuenta con laboratorios de genómica y expertos en identificación de microorganismos en colonias bacterianas, así como equipo de espectrofotometría y detección de metabolitos y colaboradores con amplia experiencia en metabolómica (identificación de cientos de sustancias químicas en mezclas complejas). Estos recursos permitieron evaluar la calidad de los insumos orgánicos y con esto mejorarlos, así como relacionar los resultados de campo con información científica.


Se puede concluir con las enseñanzas de la relación COOPEATENAS-CENIBiot-UTN, que se deben continuar las pruebas en otras actividades agrícolas y pecuarias para valorar la respuesta de estos a las aplicaciones de bioinsumos, lo que significa la disminución de costos en la aplicación de insumos.

La UTN, sede de Atenas, manifiesta un legado en la profundización del estudio de uso de biofermentos y estudiando a su vez el comportamiento de producción del café, cacao y forrajes en conjunto con COOPEATENAS y CENIBiot. Recientemente, inician las pruebas en cacao, integradas a investigaciones dentro del proyecto Norte-Norte de CONARE. La recomendación de uso de bioinsumos fue realizada por UTN debido a la escasez de recursos para adquirir insumos y propiciar cacao de calidad de exportación.

Al igual que la región de Atenas, se realizan todos los experimentos para determinar la composición nutritiva y secuenciación bacteriana. De tal manera, la UTN tiene conocimiento de la composición de un nuevo insumo que podrá, poco a poco ser recomendado como un sustituto de bajo costo a los agricultores y pequeños ganaderos.

Con resultados iniciales, se ha logrado demostrar que es posible sustituir sustancias nutritivas químicas con los biofermentos y a un precio significativamente mejor. Por otro lado, la sede de Atenas se puede convertir en un proveedor de abonos alternativos en la región occidental del Valle Central.





Hasta ahora, la planta de bioles, que ha sido utilizada para los experimentos en café, pertenece a COOPEATENAS, sin embargo, la sede de la UTN considera necesario contar con una fuente de insumos en la sede para continuar con las instigaciones.

Los biofermentos, bioles, lacto-fermentos o abonos foliares orgánicos son sustancias líquidas que se fermentan con pasto fermentado (microorganismos benéficos), alguna fuente láctica (leche o suero) y sales minerales (sulfato de zinc, magnesio, potasio, carbonato de calcio) o harinas de roca (como sustituto de sales minerales) por al menos treinta días. Favorecen la reproducción de microorganismos benéficos (especialmente lactobacillus, bacillus y levaduras), que ayudan en el control biológico de algunas plagas y enfermedades de los cultivos. Los microorganismos también liberan y ponen a disposición nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Antes, los biofermentos eran elaborados exclusivamente con estiércol de ganado fresco. Sin embargo, algunas dificultades para certificar la producción orgánica que utiliza biofermentos en los cultivos han permitido que los productores y las productoras innoven, al elaborarlos con pasto fermentado o silo enriquecido con microorganismos de montaña (MM). Este último sustituye al estiércol fresco.

Los estudios desarrollados con apoyo de UTN en COOPEATENAS con el cultivo del café demuestran tendencias positivas respecto al uso de bioinsumos menos contaminantes y de menor costo. Para el proyecto del año 2022 en la sede de Atenas, pretende ampliar la investigación en otras actividades como la producción de forrajes y producción de hortalizas.

Se ha adelantado en las acciones de uso de bioinsumos, a tal punto que la Sede de Atenas tiene su propia planta de bioles y una compostera con insumos de varios orígenes, incluso de la misma Sede, con los desechos animales y también, aprovechando residuos de alianzas creadas en estos últimos años. Es importante para la Sede de Atenas aprovechar las alianzas para diversificar residuos y mejorar la composición de los bioinsumos, tal es el caso del uso de



vinazas residuales de la producción de alcohol en la empresa Hacienda el viejo, en Guanacaste.

Es importante considerar la infraestructura que posee la Sede, lo que permite desarrollar la planta de bioles y el área para el compost, aprovechando el desarrollo de experimentos en el mismo campus universitario.


El uso de biofermentos en las actividades productivas es relativamente nuevo, por lo cual se debe seguir investigando en las respuestas a su aplicación, así como su composición para poder recomendar su uso a los agricultores y productores pecuarios.

La continuación de la investigación consiste en aplicar el biofermento y compost a forrajes en campo, en la sede de Atenas, en forraje pasto Cuba 22 (*Penisetum purpureum*). Se diseñarán procesos para medir la respuesta de dosis de aplicación de biofermentos y compost en ciclos cortos.

La segunda fase se integran los análisis de CENIbiot, importantes para determinar mediante varios análisis y determinar los cambios provocados por las bacterias benéficas en los cultivos y forrajes utilizados en los experimentos, de tal manera que se determinen los mecanismos bioquímicos provocados los biofermentos y compost y comparen con los rendimientos finales.

Por otro lado, los experimentos en áreas de producción de forrajes de la sede con participación de estudiantes de la Sede y extranjeros que nos visitan interesados en nuevas tecnologías. Se desarrollan experimentos para evaluar el uso de Biofermentos aéreo y compost enriquecido con bioles (fabricados en la sede) aplicados al suelo. Siempre estableciendo un testigo con las recomendaciones de uso de manejo convencional con agroquímicos.

Se trata de verificar los mecanismos bioquímicos sobre el papel de las bacterias benéficas en la transformación de minerales en compuestos de más fácil absorción por parte de las plantas, la coordinación con CENIbiot e INA permitirá profundizar en la explicación científica de los mecanismos de acción de los biofermentos y abonos composteados.



Como se mencionó, los biofermentos producidos en la planta y el compost enriquecido, se han analizado en CENIbiot, ZENAT evaluando la presencia y comportamiento de microorganismos en los biofermentos y en el suelo, en las 4 aplicaciones del ciclo del café en el año, en tres fincas de asociados de COOPEATENAS. La comparación con el uso de agroquímicos ha demostrado similares resultados en peso del grano, rendimientos y taza. Para la investigación es de suma importancia determinar las diferencias económicas entre tratamientos, hasta ahora, los costos de la aplicación de los biofermentos respecto a los protocolos de COOPEATENAS muestran la mitad del costo, aspecto que es muy positivo para las futuras recomendaciones de UTN y CENIbiot para la cooperativa.

Se realizaron muestreos para analizar las comunidades microbianas en tres momentos: a la siembra, dos en el periodo intermedio y antes de la maduración del café. También se realizaron estudios de suelos y biofermentos en iguales momentos. El análisis de comunidades microbianas se realizará en el suelo y en la rizosfera.

Para evaluar resultados, impacto sobre la productividad, calidad de tasa y desempeño en el ciclo de una cosecha a otra, mostrará resultados para la definición de parámetros de calidad con la aplicación de los biofermentos. Con el apoyo de CENIbiot se amplía el conocimiento de la genética de la comunidad microbiana y su dinámica durante dos ciclos consecutivos en el café de COOPEATENAS.

Además, se diseñó un instrumento con variables económicas para medir costos de cada tratamiento y también, comparándolos con su valor a la cosecha. COOPEATENAS también realizará pruebas de catación para determinar diferencias de los tratamientos respecto a la calidad final del café en tasa, indicador fundamental de la calidad del producto.

El proyecto integró a través del proceso, instrumentos que permiten medir los valores económicos en el uso de esos insumos y su impacto en el costo final, comparándolos con otros procedimientos con otros biofermentos o uso de químicos. A través de los experimentos se establecerá con detalle balances



económicos para evaluar la potencialidad de los biofermentos como opción productiva y económica.

En general, los resultados de las aplicaciones de biofermentos han sido promisorias debido a resultados sin diferencia estadística. Tanto en café como en forrajes las tendencias de las respuestas de los cultivos a las aplicaciones son halagüeñas científicamente, de manera que solo resta recomendar la continuación de la investigación para consolidar los biofermentos como una alternativa tecnológica.

Referencias

Arauz, LF. (1998). Fitopatología: un enfoque agroecológico. Editorial UCR. 472 p.

Benzing, A. (2001). Agricultura orgánica: fundamentos para la región andina. Neekar-Verlag. 682 p.

CEDECO (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense). (2005) Preparación y uso de abonos orgánicos: sólidos y líquidos (en línea). San José, Costa Rica. 66 p. (Serie agricultura orgánica N°7)
http://www.cedeco.or.cr/documentos/Abonos_organicos.pdf

Lampkin, N. (2001). Agricultura ecológica. Mundi-Prensa. 725 p.

WALCO. 1997. Todo sobre los quelatos (En línea). Bogotá, Colombia.
https://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Cartilla_Quelatos.pdf

