



# Fermentos y biocarbón: una guía práctica para utilizar los recursos locales

Por Daniel Hoffman,  
Omar Rodríguez y  
Luz Ballesteros González  
Especialistas en  
agricultura de NCAT  
Octubre 2025  
©NCAT  
SP671

El desafío de la escasez de recursos es familiar para muchos agricultores. Los productos importados, como fertilizantes manufacturados, herbicidas y pesticidas, no siempre son accesibles para los productores que viven en lugares remotos. Encontrar materiales locales que puedan considerarse desechos y convertirlos en enmiendas del suelo crea abundancia en medio de la escasez. Esta publicación destaca los insumos agrícolas que los agricultores y ganaderos pueden producir con el exceso de materiales disponibles a través de la fermentación y la producción de biocarbón.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	1
La fermentación como proceso para insumos agrícolas de alto valor .....	2
Recetas de fermentación y aplicación.....	3
Biocarbón.....	6
Conclusión .....	7
Referencias.....	8
Recursos adicionales.....	9



*Imagen aérea de un sitio de producción de fermentos vegetales, fermentos de pescado y biocarbón inoculado en Puerto Rico. Imágenes de video de Syntropic Agriculture: An Approach to Building Food and Farm Resilience in Puerto Rico, NCAT.*

## Introducción

Los insumos fuera de la granja, como fertilizantes, herbicidas y pesticidas, suelen ser costosos, y el acceso a estos productos pueden ser de poca confianza debido a la ubicación de la granja o debido a interrupciones en la cadena de suministro. Encontrar los materiales locales que se consideran "desecho" y transformarlos en recursos útiles crea abundancia en medio de la escasez y mejora la resiliencia de una granja. Los desechos de vegetación y pescados se pueden convertir en biocarbón y fertilizante fermentado, enmiendas valiosas que apoyan la salud de las plantas y el suelo.

Esta publicación explora cómo crear y utilizar

productos fermentados y biocarbón en la granja. Compartiremos recetas para producir fermentos de plantas y pescados y conocimientos clave sobre la aplicación, el almacenamiento y la dinámica de nutrientes. También veremos las formas en que el biocarbón puede mejorar la salud y la fertilidad del suelo, y las formas de mejorar el biocarbón para obtener los máximos beneficios. Ya sea que cultive en una región de recursos limitados o simplemente esté buscando reducir su dependencia de los fertilizantes comprados en la tienda, la fermentación y el biocarbón son prácticas accesibles para agricultores y ganaderos de escala pequeña y mediana.

- Enmiendas alternativas del suelo
- Biocarbón y agricultura sostenible
- Mezclas para macetas para agricultura orgánica certificada
- Kit de herramientas: Cómo reducir el uso de fertilizantes sintéticos
- Descripción general de los cultivos de cobertura y los abonos verdes
- Vermicompostaje: Conceptos básicos

## La fermentación como proceso para insumos agrícolas de alto valor

La fermentación es una forma sencilla de transformar el exceso de materiales orgánicos, como residuos vegetales, estiércol o desechos de pescado, en fuentes de nutrientes fácilmente disponibles para las plantas y los microbios del suelo. Muchos microbios respiran oxígeno, sin embargo, en ausencia de oxígeno, algunas especies de bacterias, levaduras y hongos pueden descomponer los azúcares y convertirlos en energía. Este proceso anaeróbico, a veces denominado digestión anaeróbica, es la fermentación. Los subproductos de la fermentación incluyen ácido láctico y ácido acético, así como etanol. Estos ácidos reducen el pH del material, inhibiendo el crecimiento microbiano y favoreciendo la conservación de los alimentos. El etanol también reduce el crecimiento microbiano y ayuda a la conservación de los alimentos.

### Una práctica milenaria

Personas de todo el mundo han utilizado la fermentación durante miles de años para transformar y conservar los alimentos. Se cree que el pueblo Natufiano que vivía en el Levante fermentaba cerveza hace unos 13,000 años (Liu et al., 2018). Muchos otros pueblos antiguos también disfrutaron de bebidas alcohólicas fermentadas, desde el arroz fermentado, la fruta y la miel en China (7,000 a.C.), hasta la cerveza

en Mesopotamia (7,000 a.C.), el vino en el oeste de Irán (6,000 a.C.), y el agave fermentado por el pueblo otomí en México (2,000 a.C.) (Escalante et al., 2016; Ray et al., 2024). El queso, otro producto de la fermentación, se documentó en Mesopotamia, en lo que hoy es Irak, entre el 6,000 y el 7,000 a.C. (Ray et al., 2024). Si has comido alimentos como chucrut, kimchi, yogur o pan de masa madre, eres parte de una larga tradición de consumo de alimentos fermentados.

Muchas culturas también han utilizado la fermentación para descomponer los materiales orgánicos para preservar los nutrientes de las plantas y hacerlos más accesibles a los animales, plantas y microorganismos. El ensilaje, el proceso de fermentar la hierba para preservarla para la alimentación animal, se encuentra en el libro de Isaías del Antiguo Testamento, que fue escrito alrededor del siglo VIII a.C. (Cai y Ataku, 2025; Woolford y Pahlow, 1998). Kunapajala, un estiércol líquido fermentado, se menciona en Vrikshayurveda, un libro indio cuyo título se traduce como "la ciencia de la vida vegetal", escrito alrededor del siglo 10 d.C. (Nene, 2018; Thakur et al., 2025).

### Fermentación en la granja moderna

El proceso de fermentación de residuos agrícolas u otros materiales orgánicos es simple y requiere un compromiso de tiempo mínimo. En las condiciones adecuadas, muchos fermentos también pueden almacenarse durante meses. Si usa la proporción adecuada de ingredientes, puede hacer un producto relativamente consistente. Debido a que requiere una inversión mínima de tiempo y recursos, la fermentación es un proceso ideal para los pequeños o medianos productores interesados en fabricar fertilizantes y enmiendas que sean económicos y accesibles.

Los productos fermentados contienen nutrientes disponibles para las plantas y microbios beneficiosos que apoyan la resiliencia de las plantas. A medida que los microorganismos convierten los azúcares en energía a través de la fermentación, también descomponen materiales ricos en nitrógeno, como las proteínas, en sus partes constituyentes



Vista aérea de Finca Tintillo, una granja ubicada en Carolina, Puerto Rico, gestionada por José Ángeles Ríos.

Imágenes de video de Syntropic Agriculture: An Approach to Building Food and Farm Resilience in Puerto Rico, NCAT.

(péptidos y aminoácidos). Los microorganismos y las plantas utilizan estas moléculas más pequeñas ricas en nitrógeno para el crecimiento, lo que las convierte en una fuente importante de nitrógeno (Jones y Darrah, 1994; Farrell et al., 2011; Blachier, F., 2025; Tegeder y Rentsch, 2010). Además, se ha demostrado que los aminoácidos y péptidos tienen efectos beneficiosos en las plantas, incluso en bajas cantidades (Costa et al., 2024). Los beneficios incluyen un aumento de la absorción de nutrientes, una mayor eficiencia en el uso de nutrientes y una mayor resistencia a la salinidad, los metales pesados, el estrés nutricional y el estrés hídrico (Calvo et al., 2014; Colla et al., 2017).

Los productos de fermentación son particularmente útiles durante la preparación del suelo, el desarrollo temprano del cultivo y las fases de floración. Se pueden aplicar como aerosoles foliares, riego de raíces o aditivos en té de compost. Pueden aumentar la presencia de microorganismos beneficiosos para las plantas y la actividad de las enzimas microbianas, lo que mejora la absorción y disponibilidad de nutrientes, y reduce la necesidad de fertilizantes sintéticos (Kolambage et al., 2024; Vassileva et al., 2021).

## Recetas de fermentación y aplicación

En la fermentación, los productores combinan materiales orgánicos como restos de comida, materia vegetal verde, residuos de cultivos o desechos de pescado con una fuente de azúcar, generalmente melaza o azúcar de caña sin refinar, para proporcionar energía para la actividad microbiana. A veces, se pueden agregar inoculantes microbianos como especies de *Lactobacillus* para acelerar el proceso de fermentación. La mezcla fermenta durante 7-30 días (las recetas variarán), dependiendo de la temperatura ambiental y el perfil microbiano deseado. El resultado es un líquido potente y rico en nutrientes que los agricultores pueden aplicar directamente a las plantas o al suelo.

### Receta para fermentos vegetales

Para comenzar a fermentar la materia vegetal en la granja, los agricultores pueden seguir una receta simple.

#### Materiales:

- Recipiente: cerámica, plástico, vidrio, cerámica o acero inoxidable
- Toalla
- Colador
- Recipiente de almacenamiento con tapa

#### Ingredientes:

Partes iguales por peso:

- Materia vegetal fresca, sin lavar y verde (por ejemplo, consuelda, enredaderas de camote, hierba de cerdo, jacinto de agua, verdolaga, etc., lo que sea que tenga en abundancia en su localidad)
- Azúcar morena

#### Instrucciones:

1. Mezcle y cubra la mayor cantidad posible de materia vegetal con azúcar, para acelerar el proceso osmótico y ayudar a extraer los fluidos de la materia vegetal.
2. Empaque la mezcla en un recipiente que no reaccione con el fermento, como cerámica, vidrio, plástico o acero inoxidable, y déjela sin apretar con una toalla o una gasa pesada.
3. Coloque el recipiente en un lugar sombreado durante 7 a 10 días para que fermente. En general, el rango de temperatura óptimo está entre 60 y 85 grados. La fermentación se acelerará con temperaturas más altas y se ralentizará con temperaturas más bajas. La temperatura ideal variará según las especies bacterianas que colonizan su fermento. Busque burbujas para confirmar que se está produciendo la fermentación. Por lo general, estos se pueden ver al segundo día.
4. Una fermentación termina, según Miller et al. (2013), cuando "la materia vegetal flota y el líquido se asienta en el fondo (nota: si se usó demasiado azúcar morena, esta separación no es distinta); hay un ligero olor a alcohol debido a la descomposición de la clorofila; y el líquido tiene un sabor dulce, no amargo".
5. Cuele los sólidos con un colador o malla y deséchelos.
6. Guarde el líquido colado en recipientes desinfectados en un lugar fresco y oscuro. Cierre los recipientes de almacenamiento sin apretar porque la solución está viva y continuará produciendo gases.

El perfil de nutrientes del fermento resultante dependerá de los nutrientes originales de la materia prima utilizada. Por ejemplo, la fermentación de plantas leguminosas da como resultado un fertilizante con niveles de nitrógeno más altos que un fermento que utiliza pasto como materia prima. Las condiciones de fermentación se pueden optimizar aún más para la producción de nitrógeno comprando microorganismos específicos para la inoculación (Kolambage et al., 2024; Vassileva et al., 2021).

**L**os productos de fermentación son particularmente útiles durante la preparación del suelo, el desarrollo temprano del cultivo y las fases de floración.

**P**ara fermentos más rápidos, una regla general es seleccionar especies de plantas de rápido crecimiento. Las hojas, los tallos no leñosos, las flores y los frutos inmaduros son una buena materia prima.

Vale la pena señalar que casi cualquier exceso de material vegetal y fácilmente disponible puede ser materia prima para la fermentación. Las partes de las plantas con altas proporciones de celulosa y lignina, como la madera, son más difíciles de descomponer y ralentizarán el proceso de fermentación. Por el contrario, seleccionar plantas con altos niveles de azúcar, almidón y otros nutrientes fácilmente disponibles promoverá el crecimiento microbiano y acelerará el proceso. Las hojas, los tallos no leñosos, las flores y los frutos inmaduros son una buena materia prima.

## Cómo aplicar fermentos vegetales

Para obtener resultados óptimos, use una mezcla de fermentos frescos y añejos (de más de un mes) en sus preparaciones. Cuando esté listo para realizar su aplicación, diluya el fermento en una proporción de una parte de jugo de planta fermentado por 500 partes de agua (1: 500 es aproximadamente 1 cucharada por 2 galones o una taza por 31 galones). Sin embargo, bajo ciertas condiciones, se recomienda una solución más diluida, entre 1:800 y 1:1,000, para evitar posibles daños a las plantas, como quemaduras en las hojas. Es posible que deba diluir más la solución si:

- Combina más de tres ingredientes en una sola aplicación (un "cóctel" de materia prima)
- Aplica durante períodos de clima cálido
- Usa jugo de plantas fermentadas que tenga más de un año, ya que puede haberse vuelto más concentrado con el tiempo

Aplique la solución a los cultivos una vez por semana, preferiblemente cerca de la hora del atardecer para evitar quemaduras en las hojas, especialmente cuando se aplican fermentos como enmiendas foliares. Se puede administrar de varias maneras: como pulverización foliar o regar directamente sobre el suelo, centrándose en la zona de la raíz (Miller et al., 2013).

## Aplicación foliar vs. suelo

La fertilización foliar implica la aplicación de nutrientes directamente a las hojas de las plantas, lo que permite una rápida absorción a través de los estomas y la cutícula. Es especialmente eficaz para corregir las deficiencias de micronutrientes y proporcionar un apoyo rápido durante el estrés o las etapas de crecimiento máximo. Debido a que evita el suelo, la alimentación foliar es ideal cuando la absorción de las raíces se ve afectada, como en suelos compactados, secos o biológicamente inactivos. Sin embargo, sus efectos son de duración corta, solo puede proporcionar pequeñas cantidades de nutrientes y no es recomendado durante ciertas condiciones climáticas como la lluvia o el sol intenso.

Por el contrario, la fertilización del suelo entrega nutrientes a la zona de las raíces, ofreciendo efectos más duraderos y la capacidad de satisfacer todas las necesidades de macronutrientes. Apoya la salud del suelo y la actividad microbiana, lo que lo hace ideal para desarrollar la fertilidad a largo plazo. Sin embargo, la absorción de nutrientes es más lenta y puede verse limitada por las malas condiciones del suelo o factores ambientales.

## Fermentación de pescado

En las zonas costeras, los restos de pescado son un recurso valioso para producir enmiendas del suelo de alta calidad. Durante el proceso de fermentación, las enzimas y el agua rompen las abundantes proteínas del pescado en un proceso llamado hidrólisis. Los componentes proteicos resultantes, aminoácidos y péptidos, son componentes valiosos tanto para las plantas como para los microbios, y son una fuente importante de nitrógeno. Por esta razón, los fermentos de pescado a menudo se conocen como hidrolizados de proteína de pescado o aminoácidos de pescado, en referencia a las valiosas moléculas ricas en nitrógeno derivadas de la proteína de pescado.

## Receta para fermento de pescado en estado sólido

### Materiales:

- Recipiente: plástico, vidrio, cerámica o acero inoxidable
- Rocas (tamaño toronja)
- Malla fina o cubierta de tela
- Colador
- Contenedor de almacenamiento

### Ingredientes:

- Subproductos del pescado
- Fuente de azúcar (p. ej., cáscaras de frutas, exceso de fruta, melaza o azúcar morena)
- *Inoculante de lactobacilos* (opcional)
- Composta

### Instrucciones:

- 1) Cubra el fondo del recipiente con rocas del tamaño de una toronja, que proporcionan aireación, minerales y espacio para el líquido creado durante el proceso de fermentación (Weinert Jr. et al., 2014).
- 2) Pica las partes de pescado lo más finamente posible para acelerar el proceso de fermentación.

- 3) Agregue partes iguales de pescado y una fuente de azúcar (por peso), en capas alternas en el recipiente. Las partes de los pescados proporcionarán materiales orgánicos para que los microbios se descompongan y reutilicen a medida que crecen y se reproducen; El azúcar proporcionará energía a los microbios.
  - 4) Si bien el pescado contendrá microorganismos que comenzarán naturalmente el proceso de fermentación, agregar un inoculante de *Lactobacillus*, aunque opcional, ayudará en la fermentación y ayudará a prevenir la putrefacción.
  - 5) Llene las seis pulgadas superiores del recipiente con abono o moho de hojas en descomposición.
  - 6) Cubra el recipiente con una malla fina o un paño para evitar la entrada de insectos pero permite la aireación.
  - 7) Dejar en un lugar fresco fuera de la luz solar directa. El proceso de fermentación debe durar entre dos y seis meses (Weinert Jr. et al., 2014).
  - 8) Al final de este período, cuele para eliminar los huesos restantes y guárdelo en un lugar fresco con tapa sellada.
- 2) Agregue agua sin cloro en una proporción de 1 parte de pescado por 3 partes de agua (por volumen).
  - 3) Agregue un inoculante de *Lactobacillus* en una proporción de 2 cucharadas de suero de lactobacillus por cada 1 litro de la mezcla de carne picada de pescado, agua y azúcar (Mantha y Sturm, 2021).
  - 4) Durante el proceso de fermentación, la mezcla liberará gases, así que abra periódicamente la tapa del recipiente para ventilar los gases o instale una esclusa de aire para permitir pasivamente que los gases salgan del recipiente.
  - 5) Deje que la mezcla fermente en un área fresca y oscura durante tres o cuatro semanas, o hasta que la mezcla pierda su olor acre y conserve un olor suave a vinagre. Este olor es una indicación de que el pH ha bajado y la fermentación está completa (Mantha y Sturm, 2021).
  - 6) Cuele la fermentación resultante para eliminar los huesos restantes y guárdelos en un lugar fresco con una tapa sellada.

### **Aplicación de productos de fermentación de pescado en estado sólido**

Diluya la mezcla antes de aplicarla al menos 1:1,000 de fermento a agua. Esto equivale a un mililitro de fermento de pescado por litro de agua. Luego aplique al suelo o a las hojas de la planta como aplicación foliar. Este producto fermentado tiene un alto contenido de nitrógeno disponible en forma de aminoácidos y lípidos, que estimularán la actividad microbiana del suelo, así como el crecimiento vegetativo de las plantas.

### **Receta de fermento de pescado en estado líquido**

El proceso para hacer fermentar un pescado en estado líquido es similar al proceso para hacer fermentar pescado en estado sólido descrito anteriormente, excepto con diferentes proporciones de ingredientes y con la adición de agua. Se pueden usar recipientes similares a los que se usan en la fermentación de pescado en estado sólido. Sin embargo, en este caso, la tapa de su recipiente de fermentación debe ser hermética para evitar la admisión de oxígeno.

#### **Instrucciones:**

- 1) Combine el pescado picado con una fuente de azúcar en una proporción de 1 parte de azúcar por 3 partes de pescado (por peso).

### **Aplicación de productos de fermento de pescado en estado líquido**

Los productos de fermentación líquida no necesitan diluirse como una fermentación en estado sólido. Al igual que los productos de fermentación en estado sólido, los productos de fermentación en estado líquido también tienen un alto contenido de nitrógeno disponible en forma de aminoácidos y lípidos, y se pueden aplicar tanto a las hojas de la planta como al suelo.



**Iniciador de aminoácidos de pescado.** Imágenes de video de Syntropic Agriculture: An Approach to Building Food and Farm Resilience in Puerto Rico, NCAT.

## Biocarbón

El biocarbón es un tipo de carbón vegetal creado al quemar biomasa a altas temperaturas en condiciones de bajo oxígeno en un proceso llamado pirólisis. El biocarbón se puede hacer en la granja con tecnología simple y con una variedad de materias primas, y se ha utilizado como enmienda del suelo durante miles de años. Los pueblos indígenas de América del Sur han utilizado biocarbón durante más de 2,500 años; Los suelos negros, conocidos como *terra preta* de la cuenca del Amazonas son el resultado de la adición constante de biocarbón a los suelos altamente erosionados y ácidos de la región (Wilson, 2014).

El biocarbón es una enmienda beneficiosa del suelo en parte debido a su estructura porosa (Glaser et al., 2002; Lehmann et al., 2011). El espacio poroso adecuado permite la aireación del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y proporciona un hábitat para los microorganismos (Tecon y Or, 2017). Un nivel de 50% de espacio poroso es ideal para el crecimiento de las plantas, muchos suelos agrícolas tienen una porosidad inferior al 50% debido a la labranza, la compactación y la pérdida de materia orgánica (Brady y Weil, 2016). El biocarbón puede mejorar la agregación del suelo, lo que aumenta la porosidad general del suelo (Blanco-Canqui, 2017; Joseph y Cowie, 2021). En suelos arenosos donde la retención de agua es un desafío, la porosidad del biocarbón puede aumentar la capacidad del suelo para retener agua (Tryon, 1948).

La estructura porosa del biocarbón también proporciona otros beneficios. El biocarbón puede facilitar el crecimiento y la diversidad microbiana del suelo (Thies y Rillig, 2009; Lehman et al., 2011).



**Biocarbón inoculado.** Imágenes de video de Syntropic Agriculture: An Approach to Building Food and Farm Resilience in Puerto Rico, NCAT.

La estructura del biocarbón significa que también tiene una mayor capacidad de intercambio catiónico comparado con la mayoría de los suelos minerales (Liang et al., 2006). La capacidad de intercambio catiónico indica la capacidad del suelo para retener iones cargados positivamente como el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), el magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) y el potasio ( $\text{K}^+$ ). Agregar biocarbón a un suelo puede aumentar la capacidad general de intercambio catiónico del suelo y, por lo tanto, aumentar su capacidad para retener estos importantes nutrientes para las plantas (Glaser et al., 2002).

El biocarbón se elabora típicamente mediante pirólisis a una temperatura de 400 a 700 °C (Khater, 2024). La alta temperatura requerida para el pirólisis libera compuestos volátiles y agua, creando la estructura porosa altamente valiosa del biocarbón. Diferentes

### Terminología del biocarbón

**Biocarbón crudo:** biocarbón que no ha sido inoculado, activado o alterado.

**Biocarbón activado:** biocarbón que se ha combinado con nutrientes y/o microorganismos beneficiosos. Este es un término general que puede referirse al biocarbón inoculado o al biocarbón cargado.

**Biocarbón inoculado:** biocarbón que ha sido inoculado con microbios beneficiosos, como hongos micorrízicos, que promueven un suelo saludable y facilitan el crecimiento de las plantas. El biocarbón se puede inocular con fermentación, compost u otra fuente de microorganismos beneficiosos.

**Biocarbón cargado:** biocarbón con iones cargados positivamente como calcio, magnesio, potasio y amonio agregados. Estos iones se adsorben (se unen) a los sitios de intercambio catiónico cargados negativamente en la superficie de las partículas de biocarbón. Estos cationes se pueden agregar al biocarbón en forma de fermentación, compost, estiércol u otra fuente.

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC):** la capacidad total del suelo para contener iones cargados positivamente (cationes). Los suelos con valores de CIC más altos pueden retener más nutrientes que los suelos con una CIC más baja. Es posible que lo vea reportado como ECEC en los resultados de las pruebas de suelo, que significa *capacidad estimada* de intercambio catiónico.

**Pirólisis:** Descomposición química de la materia orgánica a través de altas temperaturas y muy poco oxígeno, lo que da como resultado biocarbón.

materiales y diferentes procesos darán como resultado diferentes estructuras de poros y propiedades del biocarbón (Muzyka, 2023).

El biocarbón se puede hacer en algo tan simple como un fuego de pozo cuidadosamente controlado, en una retorta de biocarbón o en una variedad de otras formas de tecnología simple. Para obtener más información sobre estos procesos, consulte la sección Recursos adicionales de esta publicación.

## Co-compostaje biocarbón

Aunque las materias primas utilizadas para producir biocarbón también se pueden usar para hacer compost, diferentes materiales son más adecuados para cada práctica. Las materias primas con un contenido de humedad del 60-70% tienden a ser mejores para el compostaje, mientras que las materias primas con un contenido de humedad del 10-20%, como la biomasa leñosa, son mejores para la producción de biocarbón (Camps y Tomlinson, 2015). Los productores pueden mezclar biocarbón con compost para crear una enmienda del suelo con muchos beneficios. La mezcla de biocarbón con compost inocula el biocarbón con microbios antes de aplicarlo al suelo. Al igual que una esponja, la estructura porosa del biocarbón proporciona un hábitat para los microbios.

La combinación de biocarbón y compost mejora la retención de nutrientes del suelo y reduce la lixiviación de nutrientes (Fischer, 2012; Joseph et al., 2012). Agregue biocarbón pulverizado a una tasa de 5% a 10% por volumen al compost terminado. Si agrega biocarbón al compost con un contenido muy alto de nitrógeno, agréguelo a una tasa del 10% al 20% en volumen (McIntosh y Hunt, 2023). Según la Iniciativa Internacional de Biocarbón, la combinación de biocarbón con compost puede dar como resultado:

- *Tiempos de compostaje más cortos:* se ha demostrado que la adición de biocarbón a las pilas de compostaje acelera el compostaje al estimular la actividad microbiana y aumentar la temperatura.
- *Reducción de las emisiones de metano y óxido nitroso:* el biocarbón puede capturar los compuestos volátiles metano y óxido nitroso, reduciendo las emisiones de estos gases de efecto invernadero.
- *Olor reducido:* agregar biocarbón a las materias primas con alto contenido de nitrógeno puede reducir el olor al reducir la pérdida de amoníaco.

## Fermentación y Biochar

Al igual que el co-compostaje, el biocarbón se puede utilizar como aditivo en el proceso de fermentación o combinado con un producto de fermentación. El objetivo de mezclar biocarbón y un producto de fermentación es enriquecer el biocarbón con nutrientes y microbios antes de agregarlo al suelo. Los microbios beneficiosos en la fermentación colonizan la estructura porosa del biocarbón. El biocarbón infundido con microorganismos de un fermento apoya el crecimiento microbiano del suelo y puede mejorar el ciclo de nutrientes mediado por microbios (Zhang et al., 2023).

## Conclusión

Al utilizar materiales de "desecho" abundantes y fácilmente disponibles, los agricultores y ganaderos pueden producir enmiendas de suelo de alta calidad a bajo costo a través de los procesos de fermentación y biocarbón. Los productores pueden reducir los costos de los insumos, mejorar la salud del suelo y mejorar la productividad de los cultivos al tiempo que reducen su impacto ambiental. A medida que los agricultores y ganaderos se enfrentan a una creciente escasez de recursos, la transformación de los "residuos" en abundancia ofrece un camino sostenible.

**E**l objetivo de mezclar biocarbón y un producto de fermentación es enriquecer el biocarbón con nutrientes y microbios antes de agregarlo al suelo.

# Referencias

---

- Blachier, F. 2025. Amino Acid Metabolism for Bacterial Physiology. In: *The Evolutionary Journey of Amino Acids. Fascinating Life Sciences*. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-031-93393-6\_4
- Blanco-Canqui, H. 2017. Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*. doi.org/10.2136/sssaj2017.01.0017
- Brady, N.C., and R.R. Weil. 2015. *The Nature and Property of Soils*, 15th Edition. Pearson.
- Cai, Y., and K. Ataku. 2025. *Cultural History and Modern Production Technology of Silage*. Springer, Singapore.
- Calvo, P., L. Nelson, and J.W. Kloepper. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. Vol. 383. p. 3–41. link.springer.com/article/10.1007/s11104-014-2131-8
- Camps, M., and T. Tomilson. 2015. *The Use of Biochar in Composting*. International Biochar Initiative. biochar-international.org
- Colla, G., L. Hoagland, M. Ruzzi, M. Cardarelli, P. Bonini, R. Canaguier, and Y. Rouphael. 2017. Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*. frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2017.02202/full
- Costa, O.Y.A., J. Chang, J.Y. Li, L. van Lith, and E.E. Kuramae. 2024. Unraveling the impact of protein hydrolysates on rhizosphere microbial communities: Source matters. *Applied Soil Ecology*. doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105307
- Escalante, A., D.R. López Soto, J.E. Velázquez Gutiérrez, M. Giles-Gómez, F.F. Bolívar, and A. López-Munguía. 2016. Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage: Historical, microbiological, and technical aspects. *Frontiers in Microbiology*. pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4928461
- Farrell, M., P.W. Hill, S.D. Wanniarachchi, J. Farrar, R.D. Bardgett, and D.L. Jones. 2011. Rapid peptide metabolism: A major component of soil nitrogen cycling? *Global Biogeochemical Cycles*. jiar.go.jp/microbial-research
- Fischer, D., and B. Glaser. 2012. Synergisms between Compost and Biochar for Sustainable Soil Amelioration. *Management of Organic Waste*. researchgate.net/publication/221923455\_Synergisms\_between\_Compost\_and\_Biochar\_for\_Sustainable\_Soil\_Amelioration
- Glaser, B., J. Lehmann, and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils*. link.springer.com/article/10.1007/s00374-002-0466-4
- Jones, D.L., and P. R. Darrah. 1994. Amino-acid influx at the soil-root interface of *Zea mays* L. and its implications in the rhizosphere. *Plant and Soil*. Vol. 163. p. 1-12. link.springer.com/article/10.1007/BF00033935
- Joseph, S., C.I. Kammann, J.G. Shepherd, P. Conte, H.P. Schmidt, N. Hagemann, A.M. Rich, C.E. Marjo, J. Allen, P. Munroe, D.R.G. Mitchell, S. Donne, K. Spokas, and E. R. Graber. 2018. Microstructural and associated chemical changes during the composting of a high temperature biochar: Mechanisms for nitrate, phosphate and other nutrient retention and release. *Science of The Total Environment*. Vol. 618. p. 1210–1223. sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969717325512
- Joseph, S., A.L. Cowie, L. Van Zwieten, N. Bolan, A. Budai, W. Buss, M.L. Cayuela, E.R. Graber, J.A. Ippolito, Y. Kuzyakov, Y. Luo, Y. S. Ok, K.N. Palansooriya, J. Shepherd, S. Stephens, Z. Weng, and J. Lehmann. 2021. How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biochar. *Global Change Biology Bioenergy*. doi.org/10.1111/gcbb.12885
- Khater, E.S., A. Bahnasawy, R. Hamouda, A. Sabahy, W. Abbas, and O.M. Morsy. 2024. Biochar production under different pyrolysis temperatures with different types of agricultural wastes. *Scientific Reports*. Vol. 14. p. 2625. doi.org/10.1038/s41598-024-52336-5
- Kolambage, S., P. Gajanayake, U. Kumarasinghe, D. Manatunga, R. Dassanayake, R. Jayasinghe, N. Jayasiri, and A.Wijethunga. 2024. Nitrogen-enriched liquid organic fertilizers (LOFs) production for sustainable agriculture: A review. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. Vol. 13, No. 4. oiccpres.com/ijrowa/article/view/7950
- Lehmann, J., M.C. Rillig, J. Thies, C.A. Masiello, W.C. Hockaday, and D. Crowley. 2011. Biochar effects on soil biota – a review. *Soil Biology and Biochemistry*. Volume 43, Issue 9. sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071711001805
- Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Grossman, B. O'Neill, J.O. Skjemstad, J. Thies, F.J. Luizão, J. Petersen, and E.G. Neves. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*. doi.org/10.2136/sssaj2005.0383

- Liu, L., J. Wang, D. Rosenberg, H. Zhao, G. Lengyel, and D. Nadel. 2018. Fermented beverage and food storage in 13,000 y-old stone mortars at Raqefet Cave, Israel: Investigating Natufian ritual feasting. *Journal of Archaeological Science: Reports*, Vol. 21, p. 783-793. doi.org/10.1016/j.jasrep.2018.08.008
- Mantha, P., and P. Sturm. 2021. Soil Amendments for Increased Agriculture Output. In: *Agriculture in Palau*. Japan International Research Center for Agricultural Sciences. jircas.go.jp/sites/default/files/publication/agriculture\_in\_palau/agriculture\_in\_palau\_115-138.pdf
- McIntosh, C., and Hunt, J. 2023. Biochar + Compost. Pacific Biochar. Pacific Biochar\_Biochar + Compost\_ January 2023
- Miller, S. A., D.M. Ikeda, E. Weinert, K.C.S. Chang, J.M. McGinn, C. Kelihoomalua, and M.W. DuPont. 2013. Natural farming: Fermented plant juice (SA-7). Sustainable Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawai'i at Mānoa. ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/sa-7.pdf
- Muzyka, R., M. Edyta., H. Joanna, S.W. Banks, and M. Sajdak. 2023. Various biomass pyrolysis conditions influence the porosity and pore size distribution of biochar. *Energy*. Vol. 263, Part E. doi.org/10.1016/j.energy.2022.126128.
- Nene, Y.L. 2018. Concept and Formulation of Kunapajala, the World's Oldest Fermented Liquid Organic Manure. *Asian Agri-History*. Vol 22, No. 1. asianagrihistory.org/pdf/articles/organic-manure-yl-nene.pdf
- Ray, R.C., S. Paramithiotis, A. Thekkangil, V. Nethravathy, A.K. Rai, and J.P.G. Martin. 2024. Food Fermentation and Its Relevance in the Human History. In: Martin, J.G.P., J. De Dea Lindner, G.V., Pereira, M., and Ray, R.C. (eds). 2024. *Trending Topics on Fermented Foods*. Springer, Cham. doi.org/10.1007/978-3-031-72000-0\_1
- Tecon, R., and Or, D. 2017. Biophysical processes supporting the diversity of microbial life in soil. *FEMS Microbiology Reviews*. academic.oup.com/femsre/article/41/5/599/4082850
- Tegeder, M., and D. Rentsch. 2010. Uptake and partitioning of amino acids and peptides. *Molecular Plant*. Vol 3, No. 6. p. 997-1011. sciencedirect.com/science/article/pii/S1674205214605499
- Thakur, A.K., D.N. Pandey, and G. Kumar. 2025. Evolution of Kunapajala: from Surapala's Vrikshayurveda to modern organic formulations. *Journal of Biodiversity and Conservation*. Vol. 9, No. 2. p. 4-12.
- Thies, J.E., and M.C. Rillig. 2009. Characteristics of biochar: biological properties. In: J. Lehmann, S. Joseph (eds.), *Biochar for Environmental Management Science and Technology*, Earthscan, London. p. 85-105.
- Tryon, E.H. 1948. Effect of Charcoal on Certain Physical, Chemical, and Biological Properties of Forest Soils. *Ecological Monographs*. doi.org/10.2307/1948629
- Vassileva, M., E. Malusà, L. Sas-Paszt, P. Trzcinski, A. Galvez, E. Flor-Peregrin, S. Shilev, L. Canfora, S. Mocali, and N. Vassilev. 2021. Fermentation Strategies to Improve Soil Bio-Inoculant Production and Quality. *Microorganisms*. Vol. 9, No. 6. mdpi.com/2076-2607/9/6/1254
- Weinert Jr. E., S.A. Miller, D.M. Ikeda, K.C.S. Chan, J.M. McGinn, and M.W. DuPont. 2014. Natural Farming: Fish Amino Acid. Sustainable Agriculture. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawai'i, Mānoa, HI. ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/sa-12.pdf
- Wilson, K. 2014. How Biochar Works in Soil. *The Biochar Journal*. Arbaz, Switzerland. October 31. biochar-journal.org/en/ct/32
- Woolford, M.K., and G. Pahlow. 1998. The silage fermentation. In: Wood, B.J.B. (ed.) *Microbiology of Fermented Foods*. Springer, Boston, MA. doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1\_3
- Zhang, L., T.H. Tsui, Y. Wah Tong, S. Sharon, O. Shoseyov, and R. Liu. 2023. Biochar applications in microbial fermentation processes for producing non-methane products: Current status and future prospects. *Bioresource Technology*. doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129478

## Recursos adicionales

**Bioferments, Biostimulants and Biofertilizers: Making them on the Farm.** 2018. By Gerry Gillespie and David Hardwick. Soil Land Food and Returning Organics to Soil.

*"Hay una serie de biotecnologías simples que se pueden hacer en la granja para ayudar a mejorar la condición del suelo, estimular el crecimiento de las plantas y mejorar la salud de las plantas. Estos incluyen biofermentos, bioestimulantes, biofertilizantes e inoculantes de compost. Este folleto describe algunas recetas básicas para hacerlos en la granja".*

*Disponible aquí:* gerrygillespie.net/uploads/4/5/6/5/45656863/bioferments\_biostimulants\_and\_biofertilizers\_-\_pdf\_2nd\_may\_2019.pdf

**Chapter 11: Soil Amendments for Increased Agricultural Output.** 2021. By Phal Mantha and Paul Sturm, Ridge to Reefs, Inc. In: *Agriculture in Palau: A Manual for Production through Soil Assessment*. Published by Palau

Community College and Japan International Research Center for Agricultural Sciences.

*Disponible aquí:* [hjircas.go.jp/sites/default/files/publication/agriculture\\_in\\_palau/agriculture\\_in\\_palau-\\_115-138.pdf](http://hjircas.go.jp/sites/default/files/publication/agriculture_in_palau/agriculture_in_palau-_115-138.pdf)

**Recipe for Success: Brew Your Own Biofertilizer.** 2019. By Anna Birn. Cornell Small Farms Program.

*Este blog y el enlace del video brindan instrucciones prácticas sobre cómo hacer "biofertilizante Super Magro".*

*Disponible aquí:* [smallfarms.cornell.edu/2019/01/recipe-for-success-brew-your-own-biofertilizer](http://smallfarms.cornell.edu/2019/01/recipe-for-success-brew-your-own-biofertilizer)

**Building a Biochar Retort Kiln.** ATTRA Video. 2014. National Center for Appropriate Technology, Butte, MT.

[https://youtu.be/gfUJZfNVVNW?si=Qh71rl--\\_5YK63DK](https://youtu.be/gfUJZfNVVNW?si=Qh71rl--_5YK63DK)

**How to Make Biochar with Only a Match.** 2013. By Josiah Hunt. Pacific Biochar

[pacificbiochar.com/how-to-make-biochar-with-only-a-match](http://pacificbiochar.com/how-to-make-biochar-with-only-a-match)

**Biochar Trench Method: Transforming Organic Waste into Black Gold.** 2024. Video. Porterhouse and Teal.

*Disponible aquí:* [youtu.be/lGcmI0t05jE?si=YLMssCNmQM4BofUy](https://youtu.be/lGcmI0t05jE?si=YLMssCNmQM4BofUy)

**Pacific Biochar's Biological Activation Process to Improve Biochar Materials.** 2015. By Josiah Hunt. Pacific Biochar. [pacificbiochar.com/pacific-biochar-biological-activation-process-to-improve-biochar](http://pacificbiochar.com/pacific-biochar-biological-activation-process-to-improve-biochar)

**Biochar Selection Tool.** American Farmland Trust. [165.227.8.8/shiny/biochar\\_selection](https://165.227.8.8/shiny/biochar_selection)

**Biochar and Sustainable Agriculture.** ATTRA Publication. 2018. By Jeff Schahczenski. National Center for Appropriate Technology, Butte, MT.

[attra.ncat.org/publication/biochar-and-sustainable-agriculture](http://attra.ncat.org/publication/biochar-and-sustainable-agriculture)

**Proyecto de política de biocarbón de NCAT**

*El Proyecto de Póliza de Biocarbón del Centro Nacional de Tecnología Apropiable se creó en 2019 para apoyar el desarrollo de una industria de biocarbón y biocombustibles con carbono negativo que cree buenos empleos y oportunidades en las zonas rurales de Estados Unidos, al tiempo que secuestra carbono y aumenta la salud y la productividad del suelo. El proyecto trabaja con grupos agrícolas, organizaciones de conservación, científicos del suelo, agricultores, ganaderos y silvicultores que piensan que se puede encontrar una solución importante en el biocarbón. Para más información: [ncat.org/biochar-policy-project](http://ncat.org/biochar-policy-project)*

## Notas

---





Esta publicación es producida por el Centro Nacional de Tecnología Apropiada (NCAT) a través del Programa de Agricultura Sostenible ATTRA, bajo un acuerdo de cooperación con el Departamento de Desarrollo Rural del USDA. Esta publicación también se produce en asociación con Ridge to Reefs y su acuerdo con el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-NRCS), Premio Número NR213A750013G006.

### **Fermentos y biocarbón: una guía práctica para utilizar los recursos locales**

Por Daniel Hoffman, Omar Rodríguez, y Luz Ballesteros González  
Especialistas en agricultura de NCAT

Octubre 2025

©NCAT

Esta publicación está disponible en la Web en:

[attra.ncat.org/es](http://attra.ncat.org/es)

SP671

Versión 100325



**ATTRA**  
AGRICULTURA SUSTENTABLE