

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**PRINCIPALES FORMULACIONES DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y  
SU UTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA BIODINÁMICA**

**POR**

**AYLEEN ANETT ANGELLI LARA RAMIREZ**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE  
2025**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**PRINCIPALES FORMULACIONES DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y SU  
UTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA BIODINÁMICA**

**POR**

**AYLEEN ANETT ANGELLI LARA RAMIREZ**

**MEMORIA PRESENTADA A LA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CONCEPCIÓN – CHILE  
2025**

Aprobada por:

Profesor Asociado, Susana Fischer, G.

Ing. Agrónomo. Mg. Cs., Dr. Cs.

---

Guía

Profesor Asociado, Mauricio Schoebitz.

Ing. Agrónomo. Dr. Ing. Proc. Agroalimentarios

---

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.

Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

---

Decano

**TABLA DE CONTENIDOS**

	<b>Página</b>
Resumen .....	1
Summary .....	1
Introducción .....	2
Resultados y Discusión .....	4
Conclusiones .....	20
Referencias .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Efecto del preparado de estiércol en cuerno sobre el índice de clorofila de hojas de Calabaza.....	17
Figura 2	Influencia de los preparados biodinámicos sobre la concentración de compuestos fenólicos totales en hojas de Morera blanca.....	19
Tabla 1	Efecto de la concentración de vermicompost sobre el carbono orgánico del suelo ( $\text{g kg}^{-1}$ ).....	7
Tabla 2	Efecto de la concentración de vermicompost sobre la biomasa microbiana del suelo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).....	8
Tabla 3	Rendimiento ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de pimiento por cosecha.....	9
Tabla 4	Rendimiento de frutos de berenjena por cosecha.....	13
Tabla 5	Influencia del compost y la mezcla de compost con bocashi sobre el promedio de las variables altura, diámetro y peso medidas en Lechuga.....	14
Tabla 6	Influencia de la pulverización de preparado de estiércol en cuerno sobre la actividad de las enzimas del suelo.....	17
Tabla 7	Contenido de fósforo (P), potasio (K), nitrógeno (N) y pH del suelo aplicando asperjado con estiércol en cuerno (P500) y agua como control durante el período vegetativo de la calabaza.....	18

## **PRINCIPALES FORMULACIONES DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y SU UTILIZACIÓN EN LA AGRICULTURA BIODINÁMICA**

### **MAIN ORGANIC FERTILIZER FORMULATIONS AND THEIR USE IN BIODYNAMIC AGRICULTURE**

**Palabras índice adicionales: Manejo agroecológico, biopreparados, agricultura sostenible, horticultura, compost**

#### **RESUMEN**

Los fertilizantes orgánicos representan una alternativa sostenible frente a los métodos convencionales. Esta monografía investiga el efecto de fertilizantes orgánicos, así como preparados biodinámicos, que mejoran la estructura del suelo, aumentan la retención de nutrientes y promueven la actividad microbiana. Estos insumos no solo incrementan la producción de hortalizas, sino que también mejoran la calidad de los suelos y la salud de los cultivos. Además, mitigan los impactos ambientales de la agricultura convencional, como la degradación del suelo. La evidencia señala que los resultados obtenidos mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos y biodinámicos afectan la estructura del suelo, actividad biológica y calidad de nutrientes de los cultivos hortícolas estudiados. Estos efectos positivos contribuyen a una agricultura más resiliente y adaptada al cambio climático. Asimismo, fomentan prácticas agroecológicas fortaleciendo la sostenibilidad.

#### **SUMMARY**

Organic fertilizers represent a sustainable alternative to conventional methods. This monograph investigates the effect of organic fertilizers, as well as biodynamic preparations, that improve soil structure, increase nutrient retention and promote microbial activity. These inputs not only increase vegetable production but also improve soil quality and crop health. In addition, they mitigate the environmental impacts of conventional agriculture, such as soil degradation. The evidence indicates that the results obtained through the application of organic and biodynamic fertilizers affect soil structure, biological activity and nutrient quality of the studied vegetable crops. These positive effects contribute to a more resilient agriculture adapted to climate change. Likewise, they promote agroecological practices, strengthening sustainability.

## INTRODUCCIÓN

Las Naciones Unidas anunciaron que en noviembre de 2022 la población del planeta había rebasado los 8.000 millones de personas (Fondo de Población de las Naciones Unidas [UNFPA], 2023). Lo que se traduce en la necesidad de producir mayor cantidad de alimentos y, en consecuencia, mayor demanda de insumos como los fertilizantes. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], (2011), “la agricultura es responsable de hasta un tercio del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)” y al mismo tiempo se pronostica que el cambio climático afectará los modelos de uso de la tierra y el agua para la agricultura.

Al respecto, uno de los factores que atribuyen a la degradación de suelos son los fertilizantes sintéticos utilizados en sistemas agrícolas convencionales, debido a la cantidad de compuestos nitrogenados artificiales en exceso que contienen, transformándose en un contaminante peligroso para el suelo ocasionando eutrofización, acidificación, variación del pH, deterioro de la estructura del suelo y deterioro de la microfauna (González, 2019).

Se hace urgente acelerar la implementación de acciones de adaptación para aumentar la resiliencia de los sistemas productivos agrícolas frente a las amenazas presentes y futuras del cambio climático. Las prácticas de gestión sostenible contribuirán a la mitigación de estos efectos (Giacomozzi, 2023).

Por lo anterior, Acuña (2015) señala acerca de la agricultura sostenible, “a nivel mundial, se enfrenta al desafío de incrementar su producción para satisfacer la creciente demanda de alimentos. Simultáneamente, debe mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales, adaptarse a los cambios climáticos y contribuir positivamente al medio ambiente y la sociedad. Por ello, y en concordancia con el concepto de desarrollo sostenible, surge la necesidad de una práctica agrícola que combine la protección ambiental, la equidad social y la viabilidad económica, es decir, una agricultura sostenible”. En el desarrollo de esta agricultura, juegan un papel crucial los organismos internacionales y gobiernos que buscan generar políticas de promoción y orientación.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], (2010) la agricultura sostenible, se estima, proporcionaría empleo duradero, ingresos suficientes y condiciones de vida y trabajo dignos para todos los involucrados en la producción agrícola. Existe un desafío, desde el sector agrícola, por integrar los aspectos económicos, sociales y ambientales con un enfoque de sostenibilidad. Es así como, tanto a nivel internacional como nacional, han surgido iniciativas que promueven esta integración.

De este modo, en la agenda nacional, la sostenibilidad se posiciona como un eje estratégico de desarrollo. Es así, como en el año 2015 se firmaron los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, donde los países se comprometen a trabajar por el logro de 17 objetivos, orientados hacia la financiación, la resiliencia, hacia instituciones más eficaces, aprovechamiento de la ciencia, la tecnología, la innovación y la economía sostenible e inclusiva. Esta última señala la necesidad de elaborar y poner en práctica manejos que fortalezcan la fertilidad de los suelos evitando así la degradación de estos de manera descontrolada por efecto de una agricultura poco sostenible, aplicada a nivel mundial, por largos periodos de años (ONU, 2019).

El uso de fertilizantes orgánicos y prácticas agroecológicas presentan una alternativa para avanzar hacia los objetivos anteriormente mencionados, y así disminuir el uso de fertilizantes sintéticos, hacer frente al cambio climático, proteger la salud humana y progresar hacia una agricultura sostenible (Arango, 2017).

La presente monografía tiene como objetivo principal recopilar y organizar información sobre los efectos de los fertilizantes orgánicos en sistemas agrícolas, centrándose en la producción hortícola. Se revisaron diferentes tipos de fertilizantes orgánicos, sus aplicaciones y las consecuencias de su uso en sistemas agrícolas convencionales, ecológicos, bio-integrales y biodinámicos. A través de un enfoque cualitativo, se investigan e identifican los efectos de estos fertilizantes en la productividad y salud de los cultivos, con especial atención a los biopreparados utilizados en la agricultura biodinámica. La revisión bibliográfica se centró en la búsqueda de los efectos de fertilizantes orgánicos y preparados biodinámicos en productos hortícolas. La búsqueda se hizo en idioma español e inglés en las bases

de datos de Science Direct, Scielo, artículos de revistas de ciencias agrícolas, memorias y trabajos de diferentes Universidades, libros, etc. considerando artículos publicados entre los años 2004 al 2024, con excepción a algunas publicaciones anteriores que son relevantes en el tema del presente trabajo. Esta investigación busca ofrecer una visión sobre la efectividad de los fertilizantes orgánicos en la mejora de la sostenibilidad agrícola y la calidad de los cultivos.

## **DESARROLLO Y DISCUSIÓN**

### **Concepto de fertilizantes orgánicos y su descripción**

Los fertilizantes son sustancias simples o mezclas de ellas, que contienen uno o más nutrientes reconocidos. Son designados, usados o reconocidos por tener un valor en la promoción de crecimiento de las plantas y, por ello son utilizados principalmente, por su contenido nutritivo, en las plantas (SAG, 2019).

Ringuelet y Gil (2005), sostienen que en la actualidad la gran mayoría de los fertilizantes son obtenidos industrialmente. En general, los procesos industriales consisten en obtener el nutriente requerido de alguna fuente natural concentrada, para luego purificarlo. La industria de los fertilizantes utiliza petróleo como principal fuente de energía, por lo que es un factor de contaminación por la emisión de dióxido de carbono y otros gases como nitrógeno y azufre (Gabriel y Quemada, 2023).

En cuanto a los fertilizantes orgánicos, Moreno y Reyes (2019), mencionan en términos generales como abono orgánico, aquellos que provienen de fuentes orgánicas, y son el producto del proceso de descomposición, aeróbica o anaeróbica, de todo tipo de residuos de origen animal y vegetal, bajo condiciones controladas, particularmente de humedad, aireación y temperatura. En esta participan macro y microorganismos como lombrices, ácaros, bacterias, hongos y actinomicetos, que al provocar la mineralización de dichos residuos forman humus. La mineralización es un proceso bioquímico en el que microorganismos del suelo descomponen macromoléculas orgánicas, como residuos para obtener energía. Estas macromoléculas se transforman en compuestos inorgánicos de bajo peso molecular a través de reacciones de oxidación e hidrólisis. El nitrógeno orgánico se convierte en nitrógeno inorgánico. Los productos de la mineralización pueden ser

inmovilizados en el suelo, volatilizados al aire o absorbidos por las plantas. Este proceso contribuye a la formación de humus (Monsalve *et al.*, 2017).

Los abonos orgánicos pueden ser sólidos o líquidos y su efecto sobre el suelo y/o la rizosfera dependerá de su composición química y el aporte de elementos nutritivos. Estos varían según su procedencia o materia prima con la que se generan, edad, manejo y contenido de humedad (Salazar *et al.*, 2021).

Según autores como González (2007) y Gutiérrez *et al.*, (2024) consideran que la aplicación de estos fertilizantes, en forma y dosis adecuadas mejoran las propiedades y características físicas, químicas y biológicas del suelo. Aumentan el contenido de materia orgánica y por ende la capacidad del suelo para retener humedad. Al mejorar su estructura física permite mayor aireación de las raíces y aumenta la actividad bacteriana y fungosa, los cuales asimilan y dejan disponibles los nutrientes para la planta, incrementando su actividad biótica, la capacidad de intercambio catiónico del suelo, mejora significativamente su fertilidad, reduce la erosión del suelo y regula su temperatura.

Adicionalmente, Vergara (2008) y Gutiérrez *et al.*, (2024), plantean que el uso de fertilizantes orgánicos evita la formación de costras superficiales, mejora las condiciones organolépticas de las cosechas y promueve el desarrollo de cultivos menos vulnerables a plagas y enfermedades. Los nutrientes son liberados lentamente evitando su pérdida por lixiviación, y además resalta sus bajos costos de producción.

### **Uso y efecto de los fertilizantes orgánicos en la agricultura**

El uso de fertilizantes orgánicos en los sistemas de producción agrícola varía en función del tipo de sistema, pero en todos los casos, se busca mejorar la salud del suelo y la calidad de los productos agrícolas. Los sistemas de producción agrícola representan el conjunto de técnicas, recursos y prácticas empleadas para cultivar y cosechar alimentos, fibras y otros productos de origen animal y vegetal. Existen diferentes tipos de sistemas de producción agrícola, que pueden clasificarse de acuerdo con diversos criterios como el tipo de cultivo, la escala de producción, la intensidad del uso de recursos y la sostenibilidad (Salcedo, 2023).

La agricultura convencional es la más extendida y común. De carácter intensivo e industrial. González y fuentes, (2022) consideran que, dentro de sus características, permite el uso de herbicidas, pesticidas, insecticidas, plaguicidas, fertilizantes químicos, uso de aguas provenientes de acuíferos, además, algunas veces, el uso de organismos modificados genéticamente. Es una agricultura que presenta desafíos económicos y ambientales a medio plazo debido a que emite importantes cantidades de metano y óxido nitroso, dos gases de efecto invernadero.

Según Chalán, (2019) el metano lo produce el ganado rumiante durante la digestión, también el estiércol almacenado y los residuos orgánicos. Por lo anterior, la agricultura es responsable del 13% del total de emisiones de gases de efecto invernadero y la cifra aumenta a un 30% a 40%, con prácticas no sostenibles como la deforestación, quema de residuos y uso de agroquímicos.

Huerta (2021), plantea que las consecuencias de estas prácticas se ven reflejadas negativamente la pérdida de fertilidad, la salinización, la contaminación por agroquímicos y la erosión del suelo como resultado de la eliminación de la cubierta vegetal, de la compactación por maquinaria agrícola y de la reducción del contenido en materia orgánica, lo cual afecta a la estructura y la composición del suelo. La agricultura convencional, permite un cultivo de carácter intensivo y sin retorno de restos de cosecha u otro material orgánico, ocasionando una pérdida de materia orgánica del suelo que compromete la sostenibilidad del sistema (Cartes, 2013).

Garro (2016), sostiene que el objetivo de la aplicación de residuos vegetales provenientes de la agricultura convencional es aprovechar los recursos que generan para otorgar sostenibilidad al sistema productivo. Estos pueden ser incorporados al suelo, para ser protegido de la erosión, en forma de cubiertas vegetales y como fertilizantes a través del compostaje. Este último, es un proceso de transformación de la materia orgánica realizada por microorganismos en condiciones aeróbicas, cuya actividad metabólica genera un producto que otorga estabilidad al suelo y aporta nutrientes recuperados. Sin embargo, el proceso de compostaje posee la desventaja de perder nutrientes durante el proceso, por el contrario, el vermicompostaje es un proceso bioquímico que transforma la materia orgánica en

un producto estabilizado que tiene contenidos altos en nutrientes vegetales fácilmente disponibles, sustancias promotoras del crecimiento, enzimas y una serie de microorganismos beneficiosos y activos por lo que puede superar la desventaja del proceso de compostaje tradicional actuando como una herramienta para agregar valor al resultado final (Das *et al.*, 2021 ; Villegas y Laines, 2017).

Mogollón *et al.*, (2016), desarrollaron e implementaron estrategias para incrementar el ingreso de carbono al suelo utilizando vermicompostado, en una agricultura convencional de la zona semiárida, obteniendo un mayor incremento del carbono de la biomasa microbiana. Se atribuyó este efecto, principalmente a la alta cantidad de microorganismos que existen en el vermicompost, los cuales generarían una mayor tasa de respiración microbiana. Al respecto, el vermicompost tiene una importante cantidad de carbono lábil retenido en las células de los microorganismos, y cuando estos mueren, se incrementa la tasa de respiración del suelo, mejorando la fertilidad del suelo. Todo esto revela una mayor actividad microbiana en los suelos donde se evidencia una mayor biomasa microbiana. Así, el uso de enmiendas orgánicas constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados.

Tabla 1. Efecto de la concentración de vermicompost sobre el carbono orgánico del suelo ( $\text{g kg}^{-1}$ ).

Tratamientos vermicompost	Fechas de medición			
	7 días	14 días	21 días	28 días
(0%, testigo)	2,1 (0,2) Aa	2,0 (0,1) Aa	1,9 (0,01) Aa	1,9 (0,1) Aa
(1%)	3,1 (0,1) Ba	3,1 (0,2) Ba	3,3 (0,003) Ba	3,5 (0,1) Ba
(5%)	4,5 (0,5) Ca	5,2 (0,3) Ca	4,8 (0,08) Ca	5,0 (0,2) Ca
(10%)	6,9 (0,3) Da	6,6 (0,7) Da	6,5 (0,06) Da	6,7 (0,5) Da

Las letras mayúsculas distintas indican diferencias entre tratamientos en cada fecha de medición y letras minúsculas distintas indican diferencias entre fechas de incubación para un mismo tratamiento, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Fuente: Adaptado de Mogollón *et al.*, (2016).

El vermicompost es una enmienda orgánica rica en materia estable que favorece la mineralización y aporta nutrientes al suelo. Su aplicación contribuye a la acumulación de carbono en forma de sustancias húmicas Mogollón *et al.*, (2016).

Tabla 2. Efecto de la concentración de vermicompost sobre la biomasa microbiana del suelo ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).

Fechas de medición				
Tratamientos vermicompost	7 días	14 días	21 días	28 días
(0%, testigo)	32,71 (2,24) Dc	31,93 (1,55) Dc	34,00 (0,80) Db	36,43 (0,79) Aa
(1%)	60,33 (5,00) Cd	70,83 (5,51) Cc	86,17 (5,34) Cb	97,53 (2,39) Ca
(5%)	116,17 (3,81) Bd	239,57 (5,61) Bc	268,30 (15,46) Bb	437,50 (15,52) Ba
(10%)	282,67 (14,64) Ad	473,33 (26,39) Ac	573,40 (24,70) Ab	612,52 (11,56) Aa

Las letras mayúsculas distintas indican diferencias entre tratamientos en cada fecha de medición y letras minúsculas distintas indican diferencias entre fechas de incubación para un mismo tratamiento, según la prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Fuente: Adaptado de Mogollón *et al.*, (2016).

El efecto de la aplicación de vermicompost sobre la actividad enzimática del suelo pone en evidencia el efecto positivo de la incorporación de enmiendas orgánicas sobre la actividad biológica del suelo Mogollón *et al.*, (2016).

Los autores Contreras *et al.*, (2014) plantean que el vermicompost presenta una relación carbono nitrógeno (C/N) de 12,5 esta relación C/N es un indicador adecuado para evaluar la estabilidad del material, ya que facilita la mineralización de la materia orgánica en el suelo y proporciona nutrientes al mismo, permitiendo la acumulación de carbono en el suelo. La adición de enmiendas orgánicas tipo vermicompost es considerada una buena estrategia para la recuperación del suelo, desde el punto de vista de la fijación de una mayor cantidad de carbono, especialmente, en suelos con bajos niveles de materia orgánica.

Santana y Wilson (2019), sostiene que, desde la perspectiva medioambiental, este reciclaje de materiales y su aplicación al suelo, proporciona un incremento de la materia orgánica en el suelo, mejora la aireación, el almacenamiento de agua, estructura y densidad de este. Igualmente se regula el pH y suministro de nutrientes, además de la incorporación de poblaciones microbianas benéficas para la estimulación del crecimiento vegetal, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación.

La producción de hortalizas también se obtiene bajo el modelo de agricultura convencional, como es el caso del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*). En esta,

es usual aplicar fertilizantes químicos para aumentar rendimiento. Sin embargo, se ha demostrado que el humus de lombriz obtenido por la digestión de lombrices es considerado uno de los abonos de mayor calidad, permitiendo reducir significativamente el uso de fertilizantes convencionales y puede satisfacer la demanda nutritiva de diferentes cultivos y plantas (Morales, 2020), además actúa como un estimulante que permite aumentar el rendimiento en una gran variedad de hortalizas y, a su vez, mejora la fertilidad natural de los suelos (Reyes *et al.*, 2017).

Tabla 3. Rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) de pimiento por cosecha.

Tratamientos	Rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ )	
Humus de lombriz	0,86	a
Jacinto de agua	0,59	b
Humus de lombriz + Jacinto de agua	0,86	a
Tratamiento control	0,55	b
C.V (%)	7,83	

Coeficiente de variación (C.V) del rendimiento de pimiento. Promedios con letras iguales no presentan diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ) según la prueba d Tukey. Fuente: Adaptado de suelos Reyes *et al.*, (2017).

Los tratamientos con abonos orgánicos como humus de lombriz y la combinación de lombriz más jacinto de agua mostraron el mejor comportamiento con diferencias significativas respecto al control y al compost de jacinto de agua.

Céspedes y Wolff (2021), sostienen que un manejo sostenible de la fertilidad de los suelos debe tender a aumentar los niveles de materia orgánica, devolver los nutrientes perdidos y proteger su estructura. En este contexto, el uso de enmiendas orgánicas derivados de residuos vegetales y animales compensan la pérdida de materia orgánica por consecuencias de prácticas de una agricultura convencional.

Ahora sobre la agricultura orgánica Salazar *et al.* (2007), mencionan que esta tiene como objetivo la producción de alimentos nutricionalmente limpios. Es decir, sin restos de herbicidas, abonos químicos u organismos modificados genéticamente. Por otra parte, no depende del uso de insumos de origen sintético, ya que podrían representar riesgos para la salud humana, animal y medioambiental.

La agricultura orgánica presenta una serie de ventajas como lo es la posibilidad de elevar el potencial productivo de los suelos, generando condiciones para una

mayor actividad biológica. También, mejorar la estructura y perfil químico de los suelos, contribuye a la disminución del efecto de erosión del suelo. Por otra parte, los productos agrícolas presentan una mejor condición post cosecha y algunos estudios demuestran que poseen mayor calidad nutricional y organoléptica (SAG, 2013). Los fertilizantes orgánicos utilizados en la agricultura orgánica tienen por objetivo aportar nutrientes y actuar como base para la formación de múltiples compuestos y el ambiente para mantener la vida microbiana (Osman, 2022).

Uno de los fertilizantes orgánicos utilizados en la agricultura orgánica es el compost, el cual es un producto que resulta de un proceso de oxidación biológica en presencia de humedad y temperatura. Esta se logra a través de la transformación de residuos orgánicos heterogéneos en partículas finas y homogéneas. El compost es una mezcla de diferentes elementos como lo es la materia orgánica de distinto origen, elementos minerales propios del suelo y microorganismos como bacterias y hongos que descomponen los residuos orgánicos transformándolo en materia orgánica estabilizada como el humus, huminas y ácidos húmicos o antagonistas de plagas y enfermedades del suelo. Con la incorporación del compost, se añade materia orgánica al suelo, actuando como una reserva importante de nitrógeno, fósforo, azufre y otros nutrientes imprescindibles para el buen desarrollo de las plantas. Además, con la incorporación del carbono la estructura del suelo, a su vez mejora la capacidad de retención de agua, la infiltración, la aireación y la penetración de raíces, entre otras características favorables (SAG, 2013; Ormeño, 2020).

Otro fertilizante es el estiércol animal, estos contienen cantidades importantes de nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos que las plantas requieren en su desarrollo y crecimiento. En su estructura se encuentran sustancias y microorganismos que ayudan a descomponer más rápidamente restos vegetales presentes en el suelo o con la materia que se mezcle el guano (SAG, 2017).

El bocashi es otro fertilizante, que resulta de un proceso de fermentación donde se utilizan mezclas de diferentes materiales o residuos orgánicos en determinadas proporciones. Este fertilizante incorpora al suelo materia orgánica permitiendo la fijación de carbono, nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio,

hierro, zinc, cobre, y boro. Estimula el crecimiento y desarrollo de cultivos, también mejora las condiciones químicas y físicas del suelo además de prevenir enfermedades a las raíces de los cultivos, mejora gradualmente la fertilidad y la vida del suelo promoviendo mayor retención de humedad y activando rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (Ramos y Terry, 2014).

Por otro lado, la agricultura biodinámica en la preparación y aplicación de fertilizantes se diferencia de la agricultura orgánica en la forma de producción de humus, en donde este es estable y duradero. Esto debido a que la digestión de la materia orgánica bruta es completa, producto de la fermentación efectuada por la actividad bacteriana que es activada por la acción de preparados. La actividad bacteriana en los procesos de fermentación es generada por hormonas de crecimiento y enzimas de extractos de plantas aplicadas en cantidades infinitesimales en la formación de humus (Pfeiffer, 1992). Su principal característica la utilización de insumos de origen mineral y vegetal para el aporte de nutrientes a los cultivos, con el fin de restaurar y mantener la fertilidad de los suelos (Grenón, 2017).

Los preparados biodinámicos característicos de la agricultura biodinámica se dividen en los preparados del compost y los preparados de pulverización. Los preparados del compost lo componen las siguientes plantas medicinales: milenrama (*Achillea millefolium*), diente de león (*Taraxacum officinale*), ortiga (*Urtica dioica*), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), corteza de roble (*Quercus robur*), valeriana (*Valeriana officinalis*) y cola de caballo (*Equisetum arvense*), las cuales son sometidas a un proceso especial de elaboración, ejerciendo un efecto potenciador sobre los procesos de fermentación y descomposición del compost. El preparado de pulverización es la mezcla de estiércol en cuerno (P500) y el sílice en cuerno (P501). El P500 estimula la fertilidad del suelo, las uniones arcillo-húmicas, el despliegue y desarrollo de raíces, en cambio el P501 estimula la asimilación de luz, síntesis de azúcares, vitaminas, aceites esenciales además de ayudar en el proceso de maduración y fructificación (Sedlmayr *et al.* 2016).

El propósito de estos preparados es equilibrar la armonía entre las dos polaridades alrededor del organismo “granja” u organismo vivo, fundamento básico

de la agricultura biodinámica. Dicho organismo cerrado estará polarizado por el cosmos y el suelo, en donde el primero considera el conjunto de sustancias gaseosas y la presencia de luz. En cambio, al suelo lo considera como sustancia sólida, con poco aire, ausencia de luz, de capacidad receptora y acumuladora de agua. En definitiva, una suma de energías, fuerzas y tendencias.

Así, la planta como organismo vivo, realiza su labor y se desarrolla entre ambas partes, donde, por un lado, tiene hojas y flores que necesitan del polo superior para desarrollarse, y por otro lado están las raíces que se anclan en el suelo, requiriendo oscuridad y agua. Cada planta tiene un nivel de tolerancia en la influencia de cada polo, si este se ve alterado aparece la enfermedad o carencia de algún elemento (Cánovas, 1993; Becker y Florin, 2018).

Por último, la agricultura bio-integral la cual se le considera, en la actualidad, como aquella de mayor nivel agroecológico y bio-ambiental, entre los cultivos agronómicos. Esto debido a que es acumulativa ya que utiliza los principios de la agricultura biodinámica y la complementa con técnicas que enriquecen la diversificación biológica y la preservación del medio natural. Con ello logra productos sanos y nutricionalmente limpios, además enriquecer y preservar el medio natural del lugar (Joyner, 2010). La agricultura bio-integral emplea la conservación de los recursos hídricos del subsuelo, mediante el no regadío; utiliza portainjertos autóctonos y variedades agronómicas tradicionales y restaura con especies el entorno botánico-forestal (Arborigen, 2020).

### **Efecto de los fertilizantes orgánicos en el rendimiento de productos hortícolas.**

La fertilización orgánica en el cultivo de hortalizas constituye, en la actualidad, una alternativa eficaz que posibilita el incremento de la producción agrícola de manera sostenible con la naturaleza (Moreno *et al.*, 2022). Se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes orgánicos, aportan nutrientes con buena disponibilidad y sustancias estimulantes del crecimiento, los que contribuyen a obtener mayores alturas de plantas, número de frutos, largo, diámetro y peso de fruto, con el consiguiente aumento del rendimiento (Mogollón *et al.*, 2016; Reyes *et al.*, 2017).

Al evaluar el efecto de la aplicación de humus de lombriz, compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la mezcla de 50% humus de lombriz y 50% jacinto de agua y un testigo con fertilización química convencional. En Berenjena (*Solanum melongena*), se observó que las plantas que recibieron abono orgánico, en específico la mezcla, presentaron los mayores valores en altura de frutos por plantas, con diferencias significativas respecto al control químico. Igualmente, en la variable largo del fruto se mantuvo la tendencia, en donde se obtuvieron rangos entre de 35,4 cm; 20,8 cm en comparación con el control químico donde se observaron rangos entre 19,6 cm; 12,5 cm. En cuanto al rendimiento las plantas que recibieron abonos orgánicos exhibieron un rendimiento de 2,22 t ha<sup>-1</sup> a 2,6 t ha<sup>-1</sup> en frutos de berenjena con diferencias significativas, mayores, con el tratamiento químico (1,45 t ha<sup>-1</sup>), lo anterior se atribuyó a, el suministro de nutrientes y sustancias bioactivas contenidas en el humus de lombriz junto con al aporte de azufre, hierro y manganeso del compost de Jacinto de agua (Reyes *et al.*, 2017).

Tabla 4. Rendimiento de frutos de berenjena por cosecha.

Tratamientos	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	
Humus de lombriz	2,33	ab
Jacinto de agua	2,22	ab
Humus de lombriz + Jacinto de agua	2,60	a
Testigo	1,45	c
C.V (%)	11,45	

Coefficiente de variación (C.V) del rendimiento de frutos de berenjena. Promedios con letras iguales no presentan diferencia estadística ( $P \leq 0,05$ ) según la prueba de Tukey. Fuente: Adaptado de Reyes *et al.*, (2017).

El hecho que la mezcla 50 % humus de lombriz + 50% jacinto de agua haya resultado el mejor tratamiento indica que logró aportar a las plantas los nutrientes necesarios para estimular su crecimiento y desarrollo (Reyes *et al.*, 2017).

En otro estudio donde se evaluó el efecto del Bocashi más composta en lechuga (*Lactuca sativa*) variedad Parris island, se observó que el abono permitió incorporar organismos que contribuyen a la descomposición de la materia orgánica produciéndose una mayor disponibilidad de nutrientes para el cultivo. Igualmente, se obtuvo un mayor desarrollo fisiológico, el cual se reflejó en la altura, diámetro de

cobertura foliar y peso del follaje. Además, la aplicación de estos abonos orgánicos disminuyó la densidad aparente del suelo incrementando la porosidad, favoreciendo mayor aireación y el desarrollo de los cultivos (Carrillo *et al.*, 2018).

Tabla 5. Influencia del compost y la mezcla de compost con bocashi sobre el promedio de las variables altura, diámetro y peso medidas en Lechuga.

Tratamiento	Altura de plantas (cm)	Diámetro de cobertura foliar (cm)	Peso de planta (g)
Compost	10,5	24,3	228,18
Compost + Bocashi	13,0	24,1	326,61

Fuente: Adaptado de Carrillo *et al.*, (2018).

El proceso de crecimiento y elongación de tejidos en la lechuga, y en consecuencia su rendimiento, depende en gran parte de las raíces, habilitadas para absorber agua y nutrientes del suelo del abono que se aplique. El fertilizante orgánico al aumentar el volumen de las raíces, estas mejoran la exploración del suelo, obteniendo mayor eficiencia en el uso y aprovechamiento de los abonos (Saavedra *et al.*, 2017).

Según Arce, (2020), el uso de fertilizantes orgánicos en la nutrición de cultivos y hortalizas es clave para aumentar la producción y calidad de los cultivos, además de cuidar el medio ambiente. Aunque su efecto en el suelo es variable según la procedencia, contenido de humedad y manejo agronómico.

Ramos y Terry, (2014) señala los beneficios del aprovechamiento de residuos orgánicos como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes mediante su transformación a abonos orgánicos, contribuyendo al crecimiento de cultivos, también a mejorar las propiedades del suelo y rendimiento agrícola. Los fertilizantes orgánicos poseen microorganismos como bacterias, actinomicetos y hongos que realizan funciones como fijar nitrógeno, solubilización de fósforo. Estos llevan a cabo funciones en relación con los ciclos biogeoquímicos de otros nutrientes, mineralizando la materia orgánica aumentando la disponibilidad de potasio, calcio y magnesio, además de fitohormonas por parte de la planta, demostrando mejores resultados en parámetros agronómicos. En cuanto a las propiedades físicas, mejoran la infiltración de agua, la estructura del suelo y la conductividad eléctrica (Castellanos *et al.*, 2015).

## **Agricultura biodinámica y el uso de biopreparados**

La agricultura biodinámica se basa en los principios y enseñanzas de la antroposofía, filosofía difundida por Rudolf Steiner a principios del siglo XX (Geier *et al.*, 2021). Esta sostiene que el ser humano está conectado con tres dimensiones; el mundo espiritual, el alma y el cuerpo. Esta práctica agrícola busca integrar métodos y técnicas de la agricultura orgánica, incluyendo el uso de preparaciones biodinámicas. Su enfoque va más allá de la salud de la tierra y las plantas, ya que también considera el bienestar de los animales y los seres humanos. El objetivo principal es establecer un modelo de producción agrícola sostenible que combine perspectivas naturales y ecológicas, teniendo en cuenta la influencia del sol, las estrellas, los planetas y la luna (González, 2023). Una herramienta que ve esta influencia y la utiliza para organizar y potenciar las tareas agrícolas es el calendario biodinámico, legado del trabajo de María Thun quien desde 1952 investigó el vínculo entre los ritmos cósmicos y el crecimiento vegetal en la tierra (Iriberry, 2022).

Steiner, a través de la agricultura biodinámica buscó influir en la vida orgánica en la tierra, a través de fuerzas cósmicas y terrestres mediante los preparados, en los cuales, los elementos químicos contenidos en estos son portadores de información terrestre y cósmica, que se transmiten a los cultivos (Chalker, 2013). Esta comprensión descrita por Steiner, incluye al universo como ecosistema donde el planeta interacciona con otros cuerpos celestes del sistema solar a lo largo de su recorrido durante el año (Colmenares, 2004).

La agricultura biodinámica intenta que la configuración individual de cada predio considere las características del ecosistema, personas y animales que viven en esta para constituir un todo orgánico, un organismo o una individualidad agrícola, la cual se considera sana cuanto más se acerca a la autonomía, con el menor aporte posible de sustancias externas. Por tanto, una densidad excesiva de hongos, malezas y plagas sería el resultado de un desequilibrio en el ecosistema agrícola, el cual, para remediarlo, debe buscar la revitalización del suelo a través de rotaciones de cultivos diversificados y aportes de compost dinamizado por preparados biodinámicos (Geier *et al.*, 2021).

El compost dinamizado es aquel que utiliza agua estructurada, o también conocida como agua hexagonal en su elaboración. Esta, es un agua en la que la estructura tetraédrica normal del agua ( $H_2O$ ) se modifica a una forma hexagonal, convirtiéndose a  $H_3O_2$ . Este tipo de agua se forma naturalmente y se encuentra en manantiales de montaña, deshielo de glaciares o agua de fuentes no contaminadas (Biswas y Das, 2022). Para conseguir esta estructura del agua, se debe dinamizar mediante la creación de un vórtice, que luego se rompe, creando uno nuevo y, posteriormente, se vuelve a romper por un determinado tiempo. Este líquido dinamizado estimula procesos particulares en el suelo, crecimiento vegetativo, floración y proceso de maduración de frutos (Charter, 2021).

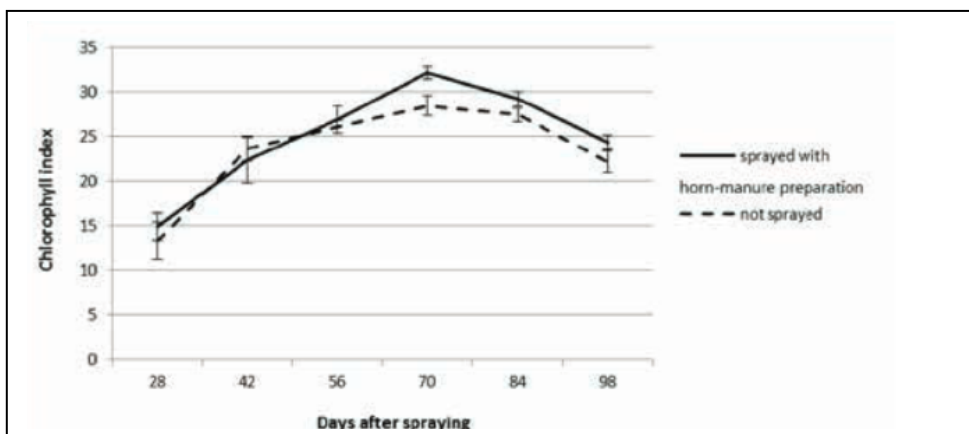
Según Biswas y Das (2022) las propiedades del agua estructurada son múltiples y benéficas para la agricultura. Esta exhibe propiedades antioxidantes, posee menor viscosidad y tensión superficial, resultando en una mejor absorción por parte de las células vegetales debido a su carga eléctrica. Con ello, mejora la hidratación y por ende permite una mayor conductancia estomática, fotosíntesis y traslocación de asimilados. Promueve plantas sanas y mejora el crecimiento y rendimiento de los cultivos, manteniendo los minerales en el suelo en forma equilibrada, aumentando la capacidad de retención de agua, y aumenta la disponibilidad y absorción de nutrientes.

Por lo que en el sistema agrícola biodinámico se promueve el ciclo eficiente de los nutrientes, en donde se aplican los preparados biodinámicos en pequeñas cantidades al suelo o al compost dinamizado, estimulando los procesos del ciclo de nutrientes y energía, afectando la descomposición y formación de humus, mejorando la calidad del suelo y los cultivos (Jariene *et al.*, 2014).

El preparado 500 o preparado de estiércol en cuerno, actúa sobre el suelo y las plantas. Incentiva el crecimiento de las raíces promoviendo la vida microbiana y la formación de humus. Al mejorar la estructura del suelo, estas pueden absorber y retener el agua y los nutrientes con mayor facilidad. A su vez, el preparado 501 o preparado de sílice en cuerno, aumenta la inmunidad de las plantas, fortalece la fotosíntesis, mejora la maduración y promueve el metabolismo (Pflücker, 2023).

Los preparados biodinámicos muestran un efecto positivo sobre la actividad enzimática del suelo, en donde la aplicación de estiércol en cuerno (P 500) aumentó significativamente la actividad enzimática del suelo (ureasa y sacarasa), el contenido de nutrientes del suelo (fósforo y potasio) e índice de clorofila en hojas de calabaza. El valor del pH del suelo disminuyó durante el periodo de crecimiento, lo que influyó en la absorción de fósforo en las plantas de calabaza (Juknevičienė *et al.*, 2019).

Figura 1. Efecto del preparado de estiércol en cuerno sobre el índice de clorofila de hojas de calabaza.



Fuente: Juknevičienė *et al.*, (2019). El eje Y representa el índice de clorofila y el eje X representa los días después de la aplicación del preparado de estiércol en cuerno, la línea continua significa el efecto del preparado sobre el índice de clorofila de las hojas de calabaza y las líneas discontinuas representan el índice de clorofila en hojas de calabaza sin aplicar estiércol en cuerno.

Tabla 6. Influencia de la pulverización de preparado de estiércol en cuerno sobre la actividad de las enzimas del suelo.

Enzima	Días después del asperjado					
	7 días		14 días		130 días	
	Agua	P500	Agua	P500	Agua	P500
Ureasa (mg NH <sub>3</sub> g <sup>-1</sup> suelo 24 h <sup>-1</sup> )	0,45	0,62**	0,46	0,52*	0,28	0,54**
Sacarasa (mg glucosa g <sup>-1</sup> suelo 48 h <sup>-1</sup> )	33,79	35,64**	33,82	35,64**	33,22	35,00**

Aplicación de asperjado con agua (control) y asperjado con (P500) sobre la actividad de las enzimas ureasa y sacarasa. Las diferencias entre las medias están indicadas mediante asteriscos, donde (\*) señala una diferencia significativa con un nivel de confianza del 95% ( $P \leq 0,05$ ); (\*\*) indican una diferencia altamente significativa con un 99% de confianza ( $P \leq 0,01$ ) Fuente: Adaptado de Juknevičienė *et al.*, (2019).

Tabla 7. Contenido de fósforo (P), potasio (K), nitrógeno (N) y pH del suelo aplicando asperjado con estiércol en cuerno (P500) y agua como control durante el período vegetativo de la calabaza.

Indicador	Días después del asperjado							
	7 días		14 días		65 días		130 días	
	Agua	P500	Agua	P500	Agua	P500	Agua	P500
P (mg kg <sup>-1</sup> )	153	174**	152	159**	83	110**	79	106**
K (mg kg <sup>-1</sup> )	238	251**	237	225**	125	178**	106	149**
N (mg kg <sup>-1</sup> ) (nitrato + nitrito)	25,95	24,85**	26,02	29,27**	3,90	5,99**	3,21	5,41**
N amoniacal (mg kg <sup>-1</sup> )	4,55	4,96**	4,60	5,39**	3,45	9,38**	2,46	2,56**
N mineral (mg kg <sup>-1</sup> )	30,50	29,81*	30,72	34,66**	7,35	15,37**	5,67	7,97**
pH	6,81	6,68**	6,78	6,64*	6,90	6,82	6,66	6,52**

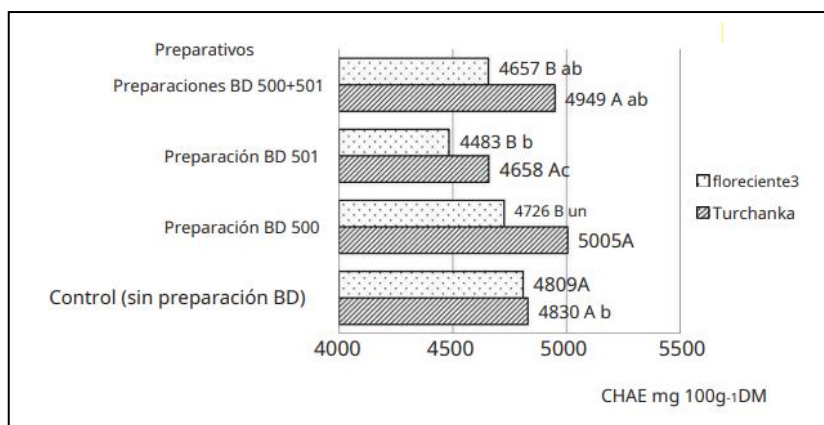
Análisis en las propiedades del suelo durante el periodo vegetativo de la calabaza bajo diferentes tratamientos de aspersión evaluados a los 7, 14, 65 y 130 días posteriores a su aplicación. Se compararon dos tratamientos: aplicación con agua (control) y aplicación con P500. Las diferencias entre las medias están indicadas mediante asteriscos, donde (\*) señala una diferencia significativa con un nivel de confianza del 95% ( $P \leq 0,05$ ) y (\*\*) indican una diferencia altamente significativa con un 99% de confianza ( $P \leq 0,01$ ) Fuente: Adaptado de Juknevičienė *et al.*, (2019).

El aumento de la actividad enzimática del suelo se debe a que el estiércol de vaca sirve como inóculo de microorganismos benéficos. Estos microorganismos pueden cumplir funciones como fijar nitrógeno atmosférico, descomponer desechos y residuos orgánicos, y la metabolización de plaguicidas eliminándolos del suelo, además contribuyen a la supresión de enfermedades de las plantas y patógenos presentes en el suelo. También producen compuestos como vitaminas, hormonas y enzimas que estimulan el crecimiento de las plantas y aceleran el ciclo de nutrientes en el suelo (Lasevich, 2021).

Se ha establecido que estas dos preparaciones, P500 y P501, funcionan sinérgicamente, mejorando la fertilidad del suelo y la respuesta fisiológica de la planta a la radiación luminosa, respectivamente. En consecuencia, existiría una influencia positiva en la acumulación de materia seca y metabolitos secundarios

(Jariene *et al.*, 2015). Al respecto, la aplicación de ambos preparados incrementó la acumulación de concentración de compuestos fenólicos totales en un cultivar de morera blanca (*Morus alba*). Esto podría explicarse a través de la hipótesis del balance carbono-nutrientes (CNBH), que afirma que una cantidad suficiente de nitrógeno, actuando como nutriente fácilmente disponible, potenciará la síntesis de compuestos con alto contenido de nitrógeno en la planta (Jariene *et al.*, 2018).

Figura 2. Influencia de los preparados biodinámicos sobre la concentración de compuestos fenólicos totales en hojas de Morera blanca.



La figura muestra el efecto de preparados biodinámicos (P500 y P501) y el tratamiento control sobre la concentración de compuestos fenólicos totales en hojas de dos cultivares de morera blanca, se evidencia un efecto positivo sobre los mecanismos de defensa antioxidante de la planta. Las letras minúsculas y mayúsculas representan diferencias significativas entre preparaciones (dentro de cultivares) y entre cultivares (dentro de preparaciones) ( $P \leq 0,05$ ). Fuente: Jariene *et al.*, (2018).

El nitrógeno desempeña un rol importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya sea en los procesos fisiológicos y metabólicos, en la absorción de nutrientes, en la actividad enzimática, en el equilibrio hídrico, en la velocidad de fotosíntesis y respiración de las hojas, entre otros. Así, los niveles de nitrógeno determinarán el área foliar y la eficiencia en la absorción y utilización de la radiación fotosintéticamente activa, para realizar la fotosíntesis, la cual está asociada con el rendimiento del cultivo. El nitrógeno, como elemento fundamental de la clorofila, los aminoácidos, los ácidos nucleicos y las proteínas, es indispensable para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Fathi, 2022).

Los preparados biodinámicos mejoran la disponibilidad de nutrientes, las interacciones sinérgicas entre los microbios mejorando la productividad y el funcionamiento del suelo. Así, el preparado 500, preparado con estiércol actúa

como bioestimulante del suelo, el preparado 501, hecho en base a sílice mejora la actividad de la fotosíntesis en las plantas, fortalece su sistema inmunológico y mejora la calidad de frutos y semillas. El preparado 502 en base a milenrama permite atraer oligoelementos hacia las plantas, utilizada en cantidades diluidas para una mejor absorción y nutrición de los cultivos, tiene un alto contenido de azufre y potasio. El preparado 503 de manzanilla, ayuda a estabilizar el nitrógeno dentro del compost y aumenta la actividad biótica del suelo estimulando el crecimiento de las plantas, tiene una alta concentración de azufre y calcio. El preparado 504 de ortiga, tiene elevado nivel de azufre, potasio, calcio y hierro. El preparado 505 de corteza de roble, contribuye a proteger de enfermedades a las plantas, posee un considerable contenido de calcio. El preparado 506 de diente de león, facilita la absorción de silicio y potasio en el suelo. Por último, el preparado 507 derivado de valeriana, contribuye a regular la disponibilidad de fósforo en el suelo (Vaish *et al.*, 2020).

Los microorganismos eficientes presentes en estas preparaciones actúan continuamente como bioinóculos renovables, facilitando la mineralización y contribuyendo a la restauración y mantenimiento de la fertilidad del suelo. Estos microorganismos pueden desempeñar funciones como fijadores de nitrógeno y solubilizadores de fosfato, además de producir compuestos bioactivos que promueven el crecimiento de las plantas e inhiben los patógenos del suelo. Estos bioestimulantes, también, actúan como reservorio de importantes reservas lábiles de carbono y nutrientes minerales, de los cuales se liberan los nutrientes de manera gradual (Vaish *et al.*, 2020; Brock *et al.*, 2021).

## **CONCLUSIONES**

1. Los fertilizantes orgánicos y preparados biodinámicos representan una alternativa efectiva y sostenible para revitalizar la fertilidad de los suelos agrícolas. Su aplicación permite mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de nutrientes y promover la actividad microbiana beneficiosa. Su utilización promueve la salud del suelo a largo plazo, reduciendo la

dependencia de insumos químicos y minimizando los impactos negativos en el medio ambiente.

2. Los rendimientos obtenidos mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos y biodinámicos son comparables con los obtenidos a través de métodos convencionales, lo que demuestra su viabilidad y competitividad en la agricultura.
3. Es necesario difundir el conocimiento sobre los beneficios de los fertilizantes orgánicos y biodinámicos, para impulsar su adopción y promover prácticas agrícolas más sostenibles. Además, la investigación continua es importante para mejorar su eficacia y comprender mejor sus efectos a largo plazo en la salud del suelo y la productividad agrícola. Estos avances podrían permitir nuevas formas de optimizar el uso de residuos agrícolas, contribuyendo así a la seguridad alimentaria global y a la mitigación de los impactos ambientales asociados con la agricultura convencional.

## Referencias

1. Acuña, D. (2015). Agricultura sostenible: *antecedentes e iniciativas*. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2015/07/AgriculturaSostenible2015.pdf>
2. Arango, M. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. Trabajo de grado. Corporación Universitaria Lasallista. Antioquia. <https://repository.unilasallista.edu.co/server/api/core/bitstreams/ae6fcc32-2e07-437f-9bfc-d270e179c691/content>.
3. Arborigen. (2020). Cuatro tipos de agricultura. Fondo forestal Ibérico, SL. <https://www.pistachosecologicosibericos.com/wp-content/themes/pistachos/docs/cuatro-tipos-de-agricultura.pdf>.
4. Arce, S. (2020). Análisis comparativo de precios y costos de producción de hortalizas cultivadas de manera orgánica y convencional. Agronomía

- Costarricense 44(2): 81-108. ISSN:0377-9424 / 2020 [www.mag.go.cr/revagr/index.html](http://www.mag.go.cr/revagr/index.html) [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr).
5. Becker y J, Florin. (2018). Memoria y conciencia. Sección de Agricultura (Ed.) Los Preparados: el corazón de la agricultura biodinámica Documentación del Congreso Internacional de Agricultura en el Goetheanum, Dornach (Suiza) 7 al 10 de febrero de 2018.
  6. Biswas, S., y R, Das. (2022). Agua estructurada: una opción de riego innovadora en agricultura. *Agriculture and food*, 4(1 de enero de 2022), 4.
  7. Brock, C.,U., Geier, R., Greiner, M., Olbrich-Majer, y J., Fritzz. (2021). Investigación en agricultura y alimentación biodinámica: una revisión. *Beee.es*. Recuperado el 1 de abril de 2024, de <https://www.beee.es/wp-content/uploads/2021/03/Investigacion-en-agricultura-y-alimentacion-biodinamica-revision.pdf>.
  8. Cánovas, A. (1993). Tratado de agricultura ecológica. Instituto de Estudios Almerienses.
  9. Carrillo, C., C., Martínez, M. Monterroza, C., Aguirre, M., Hernández, y F., Lara. (2018). Influencia de la aplicación de bocashi y lombriabono en el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y remolacha (*Beta vulgaris* L.), bajo el método de cultivo biointensivo, San Ignacio, Chal. *Revista Agrociencia*, 1(03), 28–40. <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/73>.
  10. Cartes, G. (2013). Degradación de suelos agrícolas y el SIRSD-S. <https://www.odepa.gob.cl/wpcontent/uploads/2013/10/SueloAgricola201310.pdf>.
  11. Castellanos S., M., Rincón, y A., Arguello. (2015). Evaluación del efecto de un biofertilizante ligado a un soporte orgánico mineral en un cultivo de lechuga en la Sabana de Bogotá bajo condiciones de invernadero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 72-85. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3747>.

12. Céspedes, C., y M., Wolff. (2021). La materia orgánica como eje del manejo sustentable de los suelos. En M. Quiroz (Ed.), *Manual de prácticas agrícolas para una agricultura sustentable* (pp. 9–31). Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
13. Chalán, J. (2019). Agricultura convencional y agroecología frente al cambio climático. Universidad Andina Simón Bolívar.
14. Chalker, L. (2013). The science behind biodynamic preparations: A literature review. *Agricolturabiodynamica.it*. Recuperado el 1 de abril de 2024, de <http://www.agricolturabiodynamica.it/wp-content/uploads/2016/05/HortTech-BD-article-2013.pdf>.
15. Charter, S. (2021). Exploring a dynamic role for water in agriculture. En *Subtle Agroecologies* (pp. 279–291). CRC Press.
16. Colmenares, R. (2004). Fundamentos científicos y bases técnicas de la agricultura biodinámica. *Biodinamica.es*. Recuperado el 5 de marzo de 2024, de <https://biodinamica.es/wpcontent/uploads/documentos/FundamentosBiodinamicaR.Colmenares.pdf>.
17. Contreras, J.L., J. Rojas, I. Acevedo y M. Adams. (2014). Caracterización de las propiedades físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 31 (Supl. 1): 489-501.
18. Das, D., K., Abbichek, P., Banik, y P., Bhattacharya. (diciembre, 2021). *El sevier*, vol(5). <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100225>.
19. Fathi, A. (2022). El rol del nitrógeno (N) en el crecimiento de las plantas, pigmentos de fotosíntesis y eficiencia del empleo del nitrógeno. Artículo de revisión. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8164584>.

20. Fondo de población de las Naciones Unidas (2023). Informe sobre el Estado de la Población Mundial 2023. <https://www.unfpa.org/sites/default/files/swop23/SWOP2023-SPANISH-230403-web.pdf>.
21. Gabriel, J., & M., Quemada. (2023). Impacto de los fertilizantes y la energía en la producción de alimentos. Fundación de Estudios Rurales, Anuario.
22. Garro Alfaro, J. (2016). El suelo y los abonos orgánicos. INTA.
23. Geier, U., J., Fritz, R., Greiner y M., Olbrich. (2021). La agricultura biodinámica, una síntesis científica. MABD & Amigos de la Biodinámica.
24. Giacomozzi, J. (2023). Cambio climático, Mitigación y Agricultura. ODEPA.
25. González, C. (2007). El uso de fertilizantes líquidos para el fertirriego. Centro de investigación en química aplicada.
26. González, E. M., Fuentes. (2022). Dinámica del glifosato en el suelo y sus efectos en la microbiota. Revista internacional de contaminación ambiental, 38, 54197. Epub 09 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.20937/rica.54197>.
27. González, P. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)
28. González, P. (2023). Agricultura sostenible: Agricultura climáticamente inteligente, ecológica, biodinámica, biointensiva y regenerativa. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

29. Grenón, G. N. (2017). Especialidad en Floricultura Unidad de aprendizaje: Agroecología. <https://core.ac.uk/download/pdf/154797699.pdf>.
30. Gutiérrez, L., D., Ojeda, G., Ávila y O., Hernández. (2024). Características cambiantes durante el compostaje y valores indicativos de calidad en el producto final. *Chilean J. Agric. Anim. Sci., ex Agro-Ciencia* (2024) 40(2):467-484. <https://doi.org/10.29393/CHJAAS40-39CFLO40039>.
31. Huerta, J. (2021). Alternativas al manejo productivo agropecuario tradicional. Veracruzana.
32. Iriberri, S. (2022). Calendario Biodinámico 2022. AABDA.
33. Jarienė, E., H., Danilčenko, N., Vaitkevičienė y A., Kita. (2014). Effects of biodynamic preparations on the growth and yield parameters of potatoes with coloured flesh. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 272, 73–79. <https://doi.org/10.37317/biul-2014-0032>.
34. Jarienė, E., D., Levickienė, H., Danilčenko, N., Vaitkevičienė, J., Kulaitienė, V., Jakštas, L., Ivanauskas y M., Gajewski. (2018). Effects of biodynamic preparations on concentration of phenolic compounds in the leaves of two white mulberry cultivars. *Biological Agriculture and Horticulture*, 35(2), 132–142. <https://doi.org/10.1080/01448765.2018.1535329>.
35. Jariene, E., N., Vaitkeviciene, H., Danilcenko, M., Gajewski, G., Chupakhina, P., Fedurajev, y R., Ingold. (2015). Influence of biodynamic preparations on the quality indices and antioxidant compounds content in the tubers of coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Notulae botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(2), 392–397. <https://doi.org/10.15835/nbha4329695>.
36. Joyner, S. (2010). Agricultura biointensiva: Una revolución más verde. *Ecology Action*. [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/AgriculturaBiointensivaUnRevolucionMasVerde\\_Espanol.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-79266/AgriculturaBiointensivaUnRevolucionMasVerde_Espanol.pdf).

37. Juknevičienė, E., H., Danilčenko, E., Jarienė, y J., Fritz. (2019). Efecto de la preparación de cuerno sobre la actividad enzimática y el contenido de nutrientes en el suelo, así como el rendimiento de calabaza. *De Gruyter*. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0044>.
38. Mogollón, P. J., Martínez y D., Torres. (2016). Efecto de la aplicación de vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano Effect of vermicompost on the biological properties of a saline-sodic soil in a semi-arid region of Venezuela. *Bioagro*, 28(1), 029-038. Recuperado en 1 de octubre de 2023, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1316-33612016000100004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000100004&lng=es&tlng=es).
39. Monsalve, C., D., Gutiérrez y W., Cardona. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 200-209. <https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5663>.
40. Morales, A. (2020). *Efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo sobre el crecimiento y absorción de nutrientes en pimentón (Capsicum annum L.)*. Memoria de título. Universidad de Talca, Talca.
41. Moreno Carbo, X.J., R.N., Córdova Uriola, y I., Rodríguez Delgado. (2022). Influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la zanahoria. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 41-50. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.
42. Moreno, A., y J., Reyes. (2019). Tópicos selectos de sustentabilidad, un reto permanente para el nuevo milenio. Clave Editorial.
43. Organización de las Naciones Unidas (2019). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019. [https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019\\_Spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2019_Spanish.pdf).

44. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2011). El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. <https://www.fao.org/4/i1688s/i1688s.pdf>.
45. Osman, M. (ed.) (2022) Manual del manejo orgánico del nogal [en línea]. La Cruz, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias N° 454. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68595> (Consultado: 27 marzo 2024).
46. Pflucker, R. (2023). *Guía de interpretación de los principios de la agricultura biodinámica*. MINCETUR.
47. Pfeiffer, E. (1992). Introducción al método agrícola biodinámico. Le Courier du Livre Biodynamie et compostage.
48. Programa Nacional de Consumo y Producción Sustentables (2010). El ABC del CPS: Aclarando conceptos sobre el consumo y la producción sostenibles. Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Editorial PNUMA. [https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/10yfp-abc\\_of\\_scp-es.pdf](https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/10yfp-abc_of_scp-es.pdf).
49. Ramos, D., & E., Terry. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
50. Reyes Pérez, J. J., R., Luna Murillo, M., Reyes Bermeo, D., Zambrano Burgos y V., Vázquez Morán. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annuum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. *Centro Agrícola*, 44(4), 88-94. Recuperado en 2 marzo de 2024, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852017000400013&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852017000400013&lng=es&tlng=es).
51. Ringuelet, A., y I., Gil. (2005). *Fertilizantes y abonos: Alimentos para las plantas*. Agencia Córdoba Ciencia.

52. Saavedra, G. F., Corradini, A., Antúnez, S., P., Felmer Estay, P., Sepúlveda, (2017). Manual de producción de Lechuga. INIA.
53. Salazar, A. J., Vidal, M., Vela. (2021). *Producción orgánica: Abonos orgánicos*. Instituto de Capacitación del Oriente (ICO).
54. Salazar, E. H., Trejo, I., Orona, C., Vázquez, J., López, M., Fortis, A., Flores, F., Sánchez, J., Léos, F., Jiménez. (2007). Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo. México.
55. Salcedo, C. (2023). Tipos de sistemas de producción agrícola y su papel en la optimización de la agricultura. *Agriculteca*. <https://www.agriculteca.com/articulos/sistemas-de-produccion-agricola>.
56. Santana, W. (2019). El proceso de compostaje. Universidad de la Salle.
57. Sedlmayr A., A., Leewen, J., Schönfelder y M., Kolar. (2016). El ámbito de los preparados biodinámicos: Enfoques individuales del trabajo con los preparados - Estudios de caso en la práctica mundial-. Demeter International.
58. Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. (2013). Agricultura orgánica nacional. Bases técnicas y situación actual. Opiá.CL: Observatorio para la Innovación Agraria, Agroalimentaria y Forestal. <https://opia.fia.cl/601/w3-article-74978.html>.
59. Servicio Agrícola y Ganadero de Chile (2017). Sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. División de Protección de los Recursos Naturales Renovables.

60. Servicio Agrícola y Ganadero de Chile. (2019). Normas técnicas de la ley N° 20.089, que crea el sistema nacional de certificación de productos orgánicos agrícolas. Ministerio de Agricultura.
  
61. Vaish, S., N., Garg y I., Ahmad. (2020). Microbial basis of organic farming systems with special reference to biodynamic preparations. *Indian journal of agricultural sciences*, 90(7), 1219–1225. <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i7.105564>.
  
62. Vergara, A. (2008). *Producción de biofertilizantes con base en los subproductos de la industria azucarera*. Universidad de los Andes.
  
63. Villegas, V. y J., Laines. (2017). Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2), 393-406.