

IMPACTO DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTAS MEDICINALES

M.Sc. Charles Frank Saldaña Chafloque¹

Mg. Mercedes Acosta Román²

M.Sc. Anthony Jordan de la Cruz Castillo³

Dra. Marisel Roxana Valenzuela Ramos⁴

1. <https://orcid.org/0000-0001-9537-2680>. charlessaldana@unat.edu.pe

Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. Docente

2. <https://orcid.org/0000-0002-4792-4185>. mercedesacosta@unat.edu.pe

Docente. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

3. <https://orcid.org/0000-0002-5409-6146>. jdelacruz@unitru.edu.pe

Universidad Nacional de Trujillo. Docente

4. <https://orcid.org/0000-0002-1857-3937>. mvalenzuela@crece.uss.edu.pe

Jefe Unidad de Investigación - Universidad Señor de Sipán. Docente - Universidad Nacional de Piura

CORRESPONDENCIA: Dra. Valenzuela Ramos Marisel Roxana

mvalenzuela@crece.uss.edu.pe

Recibido: 26/11/2020

Aceptado: 2/2/2021

RESUMEN

Las plantas medicinales constituyen un segmento importante de la flora del Perú y del mundo, pues proporciona materias primas para en las industrias farmacéutica. Es importante el aumento de su producción sin el uso de productos químicos nocivos. Una agricultura orgánica haría sostenible la producción de plantas medicinales a largo plazo. El sistema de cultivo de las plantas medicinales está formado por sustancias orgánicas como el carbono orgánico del suelo, el contenido de fósforo disponible, la población microbiana, actividad enzimática del suelo que protegen los suelos aumentando su capacidad de producción y asegurando la capacidad productiva para las futuras generaciones.

Palabras clave: agricultura orgánica, plantas medicinales, producción, orgánica

IMPACT OF ORGANIC AGRICULTURE ON THE PRODUCTION OF MEDICINAL PLANTS

ABSTRACT

Medicinal plants constitute an important segment of the flora of Peru and the world, as they provide raw materials for the pharmaceutical industries. It is important to increase your production without the use of harmful chemicals. An organic agriculture would make the production of medicinal plants sustainable in the long term. The cultivation system of medicinal plants is made up of organic substances such as soil organic carbon, available phosphorus content, microbial population, soil enzymatic activity that protect soils, increasing their production capacity and ensuring the productive capacity for future generations.

Keywords: organic farming, medicinal plants, production, organic

INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con una gran variedad de vegetación debido a sus diversos pisos ecológicos y ecosistemas, superando las 20.000 especies vegetales, comprendiendo un aproximado de 8% del total de las especies del mundo. La

mayor parte de estas plantas se ubican en la selva amazónica y el oriente peruano, además, hasta el momento aún falta la determinación botánica de muchas especies. Asimismo, nuestro país presenta una gran variedad de plantas de uso medicinal, siendo la utilización de más de 4000 especies las empleadas por los pobladores locales,

de ellas un porcentaje elevado se ubican en la zona andina (1). La utilización de las plantas medicinales comprende el conocimiento y el empleo de una gran riqueza de especies por medio de las diversas formas de interactuar entre los pobladores locales y su entorno, vital información que se empleaba antes de la venida de la medicina del occidente y la tecnología de la información (2,3).

El 80% de la población de los países en desarrollo depende del uso de las plantas medicinales para sus necesidades de salud. Hay un creciente enfoque en la importancia de las plantas medicinales en los sistemas de salud, resolviendo los problemas del mundo (4).

El sistema de cultivo orgánico está influenciado por la experiencia del cultivador y la disponibilidad de una información más determinante sobre los otros factores complementarios (5). La mayoría de los cultivos de plantas medicinales han conocido la importancia de la cosecha en condiciones orgánicas y estaban mejor equipados para tomar una decisión más informada sobre la expansión de su cultivo bajo el sistema de producción orgánica (6). Así que uno esperaría que la decisión sobre la expansión del cultivo de plantas medicinales bajo condiciones orgánicas a las áreas más grandes que necesitan para seguir el sistema de agricultura integrada para cumplir con los nutrientes y otros requisitos del sistema de agricultura orgánica. Con poca experiencia que los agricultores hayan tenido están dispuestos a aportar una superficie aún mayor bajo el cultivo de plantas medicinales, mientras que la zona de cultivo orgánico de estos cultivos tiene que seguir en aumento (7).

Los estudios sobre plantas medicinales indican que el máximo rendimiento y calidad se da en el uso de los fertilizantes y biológicos. El programa de enfoque para el mejoramiento de la medicina en función de la calidad de las plantas medicinales es posible con el establecimiento del sistema de manejo de los cultivos. Pocos estudios han comparado los fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el crecimiento y el rendimiento de plantas medicinales (8). Para lograr el desarrollo sostenible y la realización de los objetivos de las políticas agrícolas y el uso de una solución adecuada para proporcionar alimentos en forma de satisfacer las necesidades de la agricultura orgánica, será necesario el uso de enmiendas orgánicas (9). El objetivo de la presente investigación es proporcionar información para ayudar a la investigación y el futuro desarrollo en el cultivo de plantas medicinales orgánicas.

LA AGRICULTURA ORGÁNICA

Es un sistema de producción que excluye el uso de preparados sintéticos, como los fertilizantes artificiales, plaguicidas, aceleradores de crecimiento y aditivos para forraje. Como alternativa a estos medios, la agricultura orgánica

aplica una serie de métodos preventivos modernos para mantener la fertilidad natural del suelo y el control no químico de malas hierbas, plagas y enfermedades como:

- a) Siembra alternada de cultivos (con cultivos de leguminosas inclusive).
- b) Uso adecuado del estiércol.
- c) Estimular las poblaciones de insectos útiles (entomófagos y patógenos para el control de las plagas).
- d) Asociaciones de vegetación (cultivo combinado de dos o más cultivos en un mismo lugar).
- e) Uso de métodos mecánicos para el control de las malas hierbas.
- f) Utilización de variedades vegetales y razas de ganado sostenibles que estén bien adaptadas a las condiciones ambientales pertinentes.

Estos procesos respetuosos con el medio ambiente, mencionados anteriormente, se basan en ciclos naturales y garantizan la sostenibilidad de la vida del suelo, su estructura y el equilibrio adecuado de microorganismos útiles. Sin embargo, hay aspectos negativos: los rendimientos de los cultivos que emplean la agricultura orgánica son generalmente inferiores a los de la agricultura convencional (industrial) y, también, el costo de producción de los productos orgánicos es superior a los de la agricultura industrial (10).

Por agricultura orgánica se entiende un sistema de cultivo que produce productos saludables y de calidad que mejoran la calidad de vida, preservan la diversidad orgánica, mejoran la estructura del suelo y equilibran los microorganismos que habitan en el suelo, sin ninguna aplicación de producto sintético. Los principios y procesos mencionados se siguen como los principios fundamentales de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Biológica (IFOAM), que son:

1. Producción de suficientes alimentos de alta calidad y nutritivos.
2. Los sistemas de agricultura orgánica, de pastoreo y de recolección silvestre, deben ajustarse a los ciclos y equilibrios ecológicos de la naturaleza. La ordenación orgánica debe adaptarse a las condiciones, la ecología, la cultura y la escala locales.
3. Mantenimiento de la fertilidad natural del suelo.
4. Los insumos deben reducirse mediante la reutilización, el reciclaje y la gestión eficiente de los materiales y la energía, a fin de mantener y mejorar la calidad ambiental y conservar los recursos.
5. La agricultura orgánica debe proporcionar a todos los interesados una buena calidad de vida y contribuir a la soberanía alimentaria y a la reducción de la pobreza.
6. La práctica de la agricultura orgánica puede mejorar la eficiencia y aumentar la productividad, pero ello no

debe suponer un riesgo para la salud y el bienestar. Por consiguiente, se debe poner fin a toda acción perjudicial (Mass L, *et al.* 2020; Soto G. 2020; Ayala C, Garcez D. 2018).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS PLANTAS MEDICINALES

En cuanto a las características físicas y químicas de la eficacia de las plantas medicinales, se consideran dos factores importantes las condiciones climáticas y del suelo. Estas plantas requieren condiciones climáticas diferentes para crecer según su origen natural. La mayoría de las plantas medicinales requieren lugares soleados y aireados, protegidos de los fuertes vientos y las heladas de finales de invierno. El suelo debe ser fértil y contener las cantidades necesarias en una combinación óptima de Na, P, Cu, minerales, elementos orgánicos y otros elementos necesarios para que los cultivos crezcan (11).

RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE CULTIVO ORGÁNICO Y PLANTAS MEDICINALES

La agricultura orgánica ha cultivado la mejor relación posible entre la tierra y el ser humano. La materia orgánica del suelo es la medida directa de la fertilidad del suelo, siendo la agricultura orgánica un sistema que enfatiza el uso de materias orgánicas para mantener la salud del suelo, el crecimiento, la multiplicación de microorganismos benéficos y la reducción al mínimo de los peligros para la salud asociados con la alimentación. Las plantas medicinales tienen una gran demanda en la civilización moderna para extraer diversos productos naturales de cara al bienestar humano. En la industria, las propiedades física y química del compuesto extraído de las plantas medicinales cultivadas orgánicamente son superiores en comparación con el sistema tradicional. Pero el diseño de un sistema de agricultura orgánica para unir los principios de la sostenibilidad y la productividad son complejas en estos cultivos (12).

Los agricultores orgánicos deben considerar los diversos componentes del sistema (rotaciones, manejo de plagas, malezas y la salud del suelo), manteniendo tanto la productividad como la rentabilidad. Aunque las prácticas varían entre campos de cultivos y de una región a otra, el centro de cualquier cultivo orgánico anual exitoso es la rotación de cultivos, asegurando que un suelo saludable es imperativo para un sistema orgánico rentable y exitoso (12).

EFFECTO DEL COMPOST EN LAS PLANTAS MEDICINALES

El compostaje es un proceso biológico en el que los desechos orgánicos biodegradables se convierten en un pro-

ducto higiénico y rico en nutrientes, para utilizarlo como acondicionador del suelo y como fertilizante orgánico. También se utiliza para proporcionar un control biológico contra diversos patógenos de plantas e incluso se ha sugerido que los extractos acuosos de compost sustituyan a los fungicidas sintéticos. La adición de abono de desechos sólidos municipales a los suelos agrícolas tiene efectos beneficiosos en el desarrollo y el rendimiento de los cultivos al mejorar las propiedades físicas y biológicas del suelo (13).

Se estudió en varios casos la aplicación de compost para mejorar la estructura del suelo, la fertilidad y, por consiguiente, el desarrollo y la productividad de las plantas medicinales. En el caso de la *Majorana hortensis*, cuando el suelo se trata con 15 y 30% de extractos acuosos de compost, se ha aumentado el rendimiento por planta, la biomasa de la planta y el porcentaje de aceite esencial de alrededor de 39,0 y 52,0%, mientras que la composición química del aceite esencial de mejorana no cambió debido al tratamiento o nivel de compost. Se obtuvieron resultados similares de la mejorana y de las plantas de *Cymbopogon winterianus*. Además, en la manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.), se estudió el efecto del fertilizante químico y el compost en la productividad del suelo y los resultados mostraron que todos los tratamientos de compost+abono líquido superaron a los fertilizantes químicos y mejoraron los caracteres de crecimiento de los capítulos florales (el peso fresco o seco de los capítulos florales y el diámetro de los capítulos) y el contenido de aceites esenciales (% y g/planta) (14).

EFFECTO DEL VERMICOMPOSTADO EN EL RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS MEDICINALES Y EN LA SÍNTESIS DE METABOLITOS SECUNDARIOS

El vermicompostado contiene la mayoría de los nutrientes en formas disponibles en las plantaciones, como nitratos, fosfatos y calcio intercambiable y potasio soluble. El vermicompostado tiene una gran superficie de partículas que proporciona muchos micro sitios para la actividad microbiana y una fuerte retención de nutrientes. Es rico en población y diversidad microbiana, particularmente en hongos, bacterias y actinomicetos. Contiene reguladores de crecimiento de las plantas y otros materiales que influyen en el crecimiento de las plantas medicinales producidos por microorganismos. Además, sobre la producción de citoquininas y auxinas en los desechos orgánicos producidos por las lombrices de tierra. El vermicompostado también contiene grandes cantidades de sustancias húmicas y se ha demostrado que algunos de los efectos de estas sustancias en el crecimiento de las plantas son muy similares a los de los reguladores del crecimiento de las plantas u hormonas aplicadas en el suelo. Como resultado, la mayoría de los nutrientes están fácilmente disponibles,

como nitratos, fosfatos y calcio intercambiable y potasio soluble, que son responsables de aumentar el crecimiento de las plantas medicinales y el rendimiento de los cultivos medicinales. Se ha demostrado que el vermicompostado aumenta el peso seco, y la eficiencia de absorción de nitrógeno de las plantas medicinales (15).

Los efectos beneficiosos del vermicompostado se han observado en cultivos hortícolas y agronómicos e informaron que el vermicompostado no tiene efectos perjudiciales, sino más bien estimulantes, en el crecimiento, el rendimiento de las flores y el contenido de aceite esencial de la manzanilla y, por lo tanto, tiene un potencial considerable para proporcionar elementos nutricionales en la producción de manzanilla, especialmente para los sistemas de producción sostenible. El vermicompostado es rico en macro y micro elementos, que son responsables del aumento de los rendimientos cualitativos y cuantitativos de muchos cultivos como el de las plantas medicinales. Asimismo, se ha comprobado la influencia positiva del vermicompostado en el contenido de aceite esencial y camazuleno de la manzanilla. En el hinojo dulce, del aceite esencial que se obtuvo en un tratamiento que contenía vermicompostado, el contenido más alto de anetol y el más bajo de fenchona, limoneno y estragol. La aplicación de vermicompostado afecta favorablemente el pH del suelo, la población microbiana y las actividades enzimáticas del suelo, lo cual puede afectar la biosíntesis de los compuestos. Los compuestos fenólicos son un gran grupo de metabolitos secundarios de las plantas. Se ha informado del aumento de los niveles de fenoles en las fresas y las moras tratadas con fertilizantes orgánicos. Además, los parámetros de crecimiento y el rendimiento de la hierba de menta aumentaron notoriamente con la aplicación de 7,5 toneladas/ha de vermicompostado. Las plantas medicinales vinca (*Caharanthus roseus*) a las que se inoculó la bacteria *Pseudomonas fluorescense*, aumentaron la producción de biomasa y el contenido de alcaloides de la planta que estaba en condiciones de estrés. El aumento de la altura de la planta en *Psyllium* se registró mediante el uso de biofertilizantes y en la cúrcuma. Varios estudios han indicado los mismos resultados en algunas plantas medicinales (16).

EFFECTO DE LOS BIOFERTILIZANTES SOBRE EL ACEITE ESENCIAL Y EN EL RENDIMIENTO DE LAS PLANTAS MEDICINALES

Hongos micorrizas

En el cultivo de plantas medicinales, el valor real se da a la calidad mientras que la cantidad de la producción viene en el segundo paso de importancia. Algunos estudios relativos a las plantas medicinales en los ecosistemas naturales y agrícolas mostraron que los enfoques de la agricul-

tura sostenible son los mejores métodos en los que estas plantas revelan un mejor rendimiento por su armonía con la naturaleza, por lo que el enfoque global de la producción de plantas medicinales está conduciendo a sistemas agrícolas sostenibles. Además, los impactos ambientales causados por la aplicación excesiva de fertilizantes químicos, las energías, los gastos de su producción, etc., son las razones de la licitación mundial para la aplicación de biofertilizantes (17).

Los hongos micorrizas son microorganismos benéficos y, por lo tanto, se han considerado como biofertilizantes. La mayoría de los ecosistemas terrestres dependen de la micorriza, que promueve el establecimiento, el crecimiento y la salud de las plantas. El aumento de la productividad de las plantas AM (AM=VAM: Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) se atribuyó al aumento de la absorción de nutrientes inmóviles como el fósforo, el zinc y el cobre. Se ha argumentado que la resistencia a las tensiones bióticas y abióticas se debe a los efectos de los hongos AM en la inducción de la producción de hormonas vegetales. Los microorganismos solubilizadores de fosfatos son otro tipo de biofertilizantes que tienen la capacidad de solubilizar los compuestos de fósforo orgánicos e inorgánicos mediante la producción de una enzima de ácido orgánico o fosfatasa. Muchos estudios demostraron que estas bacterias tienen un efecto sinérgico con los hongos micorrizas y la coinoculación de los mismos conduce a una mayor absorción de agua y minerales del suelo, aumentando el crecimiento de la planta huésped. Se ha estudiado el efecto de la simbiosis de micorrizas en 76 plantas medicinales de Azad Jamma y Cachemira. Los resultados mostraron una colonización de raíces con micorrizas diferente. Las plantas en la etapa de crecimiento vegetativo mostraban un mayor porcentaje de colonización de raíces VAM en comparación con las que se encontraban en las etapas de floración y fructificación. Las plantas herbáceas mostraron más colonización de raíces en comparación con las plantas arbustivas y leñosas también (18). En dos investigaciones distintas que se llevaron a cabo sobre el limoncillo (*Symbopogon martini*) y sobre la menta (*Mentha arvensis*), los resultados mostraron que la inoculación de micorrizas causaba un aumento del porcentaje de esencia y del rendimiento de la esencia en comparación con las no inoculadas. Sus estudios revelaron que el mejoramiento de la nutrición mineral dio lugar a un aumento del porcentaje de esencia y del rendimiento de esencia en las plantas inoculadas. Asimismo, la simbiosis de la raíz de hinojo con dos especies de hongos de micorrizas, incluidos *Glomus macrocarpum* y *Glomus fasciculatum*, mejoró considerablemente las propiedades, como se desprende del número de umbelas en la planta, el peso de la semilla, la concentración de fósforo, la biomasa, el porcentaje de colonización de la raíz AM y la cantidad de esencia (concentración de aceite esencial). Entre dos especies de

hongos, *G. fasciculatum* mostró el mayor rendimiento en ambos niveles de fósforo hasta un 78% de aumento en la concentración de aceite esencial de la semilla de hinojo sobre el no control de micorrizas. Además, el establecimiento de una relación simbiótica eficaz entre *Matricaria chamomilla* y los hongos con micorrizas arbusculares y la inoculación eficiente con bacterias solubilizantes del fosfato, dieron lugar a un aumento del rendimiento de aceite esencial (28%) y de sus componentes (compuestos de kamuzulen y bisabolen). Una investigación sobre los efectos de la asociación de micorrizas en la concentración y composición del aceite esencial en el cilantro (*Coriandrum sativum*), demostró que la inoculación de VAM aumentó la concentración del aceite esencial en las semillas hasta el 43% y causó una mejora de la calidad de la esencia, por lo que la cantidad de componentes consecuentes como el linalool de Geranial (19,99%) (61,73%) aumentó significativamente en los tratamientos con micorrizas en comparación con el control no inoculado (19).

Biofertilizantes bacterianos

Algunas bacterias proporcionan a las plantas sustancias promotoras del crecimiento y desempeñan un papel importante en la solubilización de los fosfatos. Una ventaja de los microorganismos solubilizadores de fosfatos está relacionada con su tasa de propagación, que puede eliminar relativamente las necesidades de las plantas de fósforo en la región de las raíces. Además, la inoculación del suelo con mezclas bacterianas causaba una nutrición más equilibrada para las plantas y mejoraba la absorción de nitrógeno y fósforo por las raíces en un mecanismo principal de interacción entre la solubilización del fosfato y la fijación del nitrógeno por las bacterias. Asimismo, se investigó el efecto de algunas variedades de bacterias solubilizadoras del fosfato en el rendimiento del limón y llegaron a la conclusión de que la altura de la planta y la biomasa aumentaban en comparación con el tratamiento de control (20).

Los estudios sobre la relación simbiótica entre las bacterias y las plantas se han realizado principalmente en cereales y plantas herbáceas y solo unos pocos estudios se han llevado a cabo en plantas medicinales. En un estudio sobre la planta medicinal *Scutellaria integrifolia*, la inoculación de micorrizas aumentó la longitud de las raíces y el crecimiento general de la planta en suelos de bajo contenido de fósforo. La inoculación de *Azotobacter* en *Rosmarinus officinalis* aumentó la concentración de esencia de la planta. Se informó de que la aplicación de biofertilizantes *Azospirillum* y *Azotobacter* en la planta medicinal *Salvia officinalis*, aumentó la altura de la planta, produciendo pesos secos y húmedos (21). En otro estudio, se mejoraron los niveles de biomasa vegetal y alcaloides de la inoculación de *Caharanthus roseus* cuando se inoculó a las

plantas la bacteria *Pseudomonas florescence* en caso de estrés hídrico. Asimismo, la aplicación simultánea del hongo micorriza con *Azospirillum* y el bacilo aumentaba la biomasa de *Cymbopogon maritini*. La aplicación de fertilizantes biológicos aumentó considerablemente el crecimiento vegetal de *Thymus vulgaris*. Además, algunos investigadores demostraron que el aumento de los caracteres de crecimiento de las plantas medicinales podría deberse a que las plantas inoculadas con bacterias solubilizadoras de fosfatos podían absorber los nutrientes de la solución a mayor velocidad que las plantas no inoculadas, lo que daba lugar a la acumulación de más N, P y K en las hojas. De tal manera, que se demostraron que los parámetros de crecimiento de *Majorana hortensis* L. se veían afectados positivamente por la inoculación bacteriana, así como por las fuentes de fósforo orgánico. También se demostró que la inoculación de *Hibiscus sabdariffa* con la mezcla de biofertilizantes mejoraba los caracteres de crecimiento. Se observaron resultados similares en algunas plantas como *Nigella sativa*, *Ammi visnaga* y *Salvia officinalis* (21).

Además, el mayor rendimiento de aceite esencial y kamauzolen por hectárea de manzanilla se obtenía en los tratamientos con bacterias solubilizantes de fosfato (8600 g) y nitroxina (923 g), respectivamente, y mencionaron que los biofertilizantes pueden considerarse como un sustituto de los fertilizantes químicos en la producción de plantas medicinales de manzanilla. También se informó sobre el resultado favorable del efecto de *Azospirillum* y *Azotobacter*, y así mismo de las bacterias solubilizadoras de fosfatos en la planta medicinal *Majorana hortensis*. Análogamente informaron de una mejora en los índices de germinación, como el porcentaje y la velocidad de germinación, la viabilidad y también la longitud de las raíces y los tallos de *Ocimum sanctum* y *Withania somniferum* tratados con biofertilizantes de *Azospirillum* y *Azotobacter*, bacterias solubilizadoras del fosfato, bacterias de fijación del nitrógeno y una combinación de estos fertilizantes (22). En muchos estudios de investigación se han mencionado los efectos positivos de los microorganismos en la mejora del crecimiento y el rendimiento de las plantas medicinales. Además de la fijación de nitrógeno, *Azospirillum* mejora el crecimiento de las raíces mediante la generación de compuestos estimulantes, lo que da lugar a un aumento de la absorción de agua y nutrientes y del rendimiento general de la planta. Además, las bacterias estimulantes del crecimiento más importantes son *Azospirillum*, *Azotobacter* y *Pseudomonas* que, además de la fijación biológica del nitrógeno y la solubilización del fosfato del suelo, afectan considerablemente a los reguladores del crecimiento de las plantas, especialmente la auxina, la giberelina y la citoquinina y, por lo tanto, mejoran el rendimiento de las plantas medicinales. El *Azotobacter*, es capaz de producir compuestos antimicrobóticos que combaten las enfermedades de las plantas y aumentan la viabilidad

la germinación de las plántulas y, por consiguiente, mejoran el crecimiento general de las plantas (22).

Intercalado de plantas medicinales

El término 'cultivo intercalado' se refiere al sistema especial de cultivo obtenido mediante el cultivo simultáneo de dos o más especies. Los especialistas en agricultura sugieren los cultivos intercalados como un medio útil para mejorar los rendimientos de una o todas las especies asociadas, gracias a la capacidad de los sistemas asociados para reducir las malezas y las plagas y para mejorar la explotación de los recursos ambientales disponibles con respecto a los sistemas de monocultivo. Por lo tanto, se considera que la técnica de cultivo intercalado reduce al mínimo los riesgos de la producción y mejora las estrategias de producción de alimentos. Un determinado sistema de cultivo intercalado puede ser ventajoso cuando existe una relación mutualista entre los socios o cuando la competencia interespecífica es más débil que la competencia intraespecífica. Cuando cualquiera de las dos especies, o la especie más productiva, se ve más afectada por la competencia intraespecífica que por la competencia interespecífica, la población óptima de plantas medicinales puede ser mayor cuando se intercala que cuando se cultiva por separado. La tendencia generalizada a cultivar esas especies con métodos orgánicos y, en términos generales, sostenibles, ha suscitado un mayor interés en el posible papel de las plantas medicinales en los sistemas de cultivos intercalados (23).

CONSIDERACIONES FINALES

Siendo de vital importancia el papel de la medicina en la Salud humana, es de gran relevancia el aumento de la producción de biomasa de plantas medicinales sin el uso de productos químicos nocivos.

Debido a su influencia positiva, la agricultura orgánica mejora el carbono orgánico del suelo, el contenido de fósforo disponible, la población microbiana, actividad enzimática del suelo, lo que la hace sostenible para la producción de plantas medicinales orgánicas.

El sistema se hace productivo a largo plazo protegiendo los suelos y aumentando su fertilidad, asegurando la capacidad productiva para las generaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ruíz-Santillán MP, Coico FM, Vargas RR, Ruíz BM. Utilidad, uso y formas de consumo de plantas medicinales relacionadas a variables sociodemográficas en estudiantes universitarios 2017. REBIOL [Internet]. 4 de marzo de 2019 [citado 20 de octubre de 2020];38(2):21-34. Dis-

ponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/2271>

2. Gallegos-Zurita M, Gallegos ZD. Plantas medicinales utilizadas en el tratamiento de enfermedades de la piel en comunidades rurales de la provincia de Los Ríos Ecuador. An Fac Med [Internet]. julio de 2017 [citado 20 de octubre de 2020];78(3):315-21. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1025-55832017000300011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

3. Gallegos-Zurita M. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. An Fac Med [Internet]. octubre de 2016 [citado 20 de octubre de 2020];77(4):327-32. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1025-55832016000400002&lng=es&nrm=iso&tlng=es

4. Castillo H, Cochachin E, Albán J. Plantas comercializadas por herbolarios en el mercado del distrito de Cajabamba. 16(3):303-18. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/856/85650470005.pdf>

5. Sarmiento-Sarmiento GJ, Amézquita-Álvarez MA, Mena-Chacón LM. Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. Sci Agropecu [Internet]. enero de 2019 [citado 20 de octubre de 2020];10(1):55-61. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172019000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

6. Uso de biofertilizantes en el desarrollo vegetativo y productivo de plantas de camu-camu en Ucayali, Perú [Internet]. [citado 20 de octubre de 2020]. Disponible en: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2019000200108

7. Durán CA, Wives DG. Decision Making and Agriculture: A Recent Review of Organic Farming. Desenvolv Em Quest [Internet]. 22 de mayo de 2018 [citado 20 de octubre de 2020];16(43):175-99. Disponible en: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/6028>

8. Hosein S, Houshang Y, Baratali F. Organic agriculture and production of medicinal plants. IJFAS. 2015;4(2).

9. Aihwath O, Tarafdar J. Organic farming for medicinal and aromatic plants. In: Organic Agriculture. En Guyarat; 2017.

10. Maas L, Malvestiti R, Gontijo LA, Maas L, Malvestiti R, Gontijo LA. Work in organic farming: an overview. Ciênc Rural [Internet]. 2020 [citado 20 de octubre de 2020];50(4). Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0103-84782020000400901&lng=en&nrm=iso&tlng=en

11. Estrada-Herrera IR, Hidalgo-Moreno C, Guzmán-Plazola R, Suárez JJA, Navarro-Garza H, Etchevers-Barra JD. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. Agrociencia [Internet]. 16 de noviembre de 2017

- [citado 20 de octubre de 2020];51(8):813-31. Disponible en: <https://agrocienca-colpos.mx/index.php/agrocienca/article/view/1329>
12. Álvarez-Salas LM, Gálvez-Abadía A, Salazar-Zapata JC. Etnobotánica del Darién Caribe colombiano: los frutos del bosque. *Etnográfica Rev Cent Em Rede Investig Em Antropol* [Internet]. 1 de febrero de 2016 [citado 20 de octubre de 2020];(vol. 20 (1)):193. Disponible en: <http://journals.openedition.org/etnografica/4244>
 13. Trujillo MB, Berriel M del CH, Gómez I de la R, Salas M del CM, León M del CC. Crecimiento microbiano en pilas de compostaje de residuos orgánicos y biosólidos después de la aireación. *Rev Cent Azúcar* [Internet]. 1 de enero de 2018 [citado 20 de octubre de 2020];45(1):10. Disponible en: http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/48
 14. Azurduy S, Azero M, Ortuño N. Evaluación de Activadores Naturales para Acelerar el Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos en el Municipio de Quillacollo. *Acta Nova* [Internet]. septiembre de 2016 [citado 20 de octubre de 2020];7(4):369-88. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892016000200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 15. Vázquez J, Loli O. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Sci Agropecu* [Internet]. enero de 2018 [citado 20 de octubre de 2020];9(1):43-52. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 16. Oliva-Llaven MÁ, Palacios-Pola G, Abud-Archila M, Hernández-Solis JA, Ruíz-Valdiviezo VM, Gutiérrez-Miceli FA. Nutritional characteristics of maize cultivated with vermicompost. *Rev TERRA Latinoam* [Internet]. 28 de octubre de 2019 [citado 20 de octubre de 2020];37(4):407-13. Disponible en: <http://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra/article/view/534>
 17. Morales-Guevara D, Rodríguez-Larramendi L, Dell'Amico-Rodríguez J, Jerez-Mompie E, Estrada-Pardo W. Efecto de dos bioestimulantes y hongos micorrízicos en plantas de tomate sembradas a altas temperaturas. *Cultiv Trop* [Internet]. septiembre de 2018 [citado 20 de octubre de 2020];39(3):41-8. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362018000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 18. Quiñónez-Martínez M, Enríquez-Anchondo ID, Flores-Margez JP, Palacios-Ramírez KY, Olivas-Sánchez MP, Garza-Ocañas F, et al. Comunidades vegetales en suelo de ecosistema semiárido y su relación con hongos micorrízicos. *Terra Latinoam* [Internet]. diciembre de 2018 [citado 20 de octubre de 2020];36(4):381-91. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792018000400381&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 19. Ojeda-Quintana LJ, González-Cañizares PJ, Rivera-Espinosa R, Furrázola-Gómez E, de la Rosa-Capote JJ, Hernández-Vilches ME, et al. Inoculación de *Canavalia ensiformis* con hongos micorrízico arbusculares en la fase de establecimiento. *Pastos Forrajes* [Internet]. septiembre de 2018 [citado 20 de octubre de 2020];41(3):189-95. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942018000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 20. Alvarado-Ruffo K, Blanco-Imbert A, Martín-Alonso GM, Ríos-Rocafull Y, Capdesuñer-Rojas R, Noval-Pons BM de la. Influencia de un sistema de abonado orgánico y *Azotobacter chroococcum* sobre posturas de cocotero. *Cultiv Trop* [Internet]. 31 de marzo de 2019 [citado 20 de octubre de 2020];40(1):06-06. Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1495>
 21. Bover-Felices K, López-Vigoa O, Rizo-Álvarez M, Benítez-Álvarez MÁ. Efecto del EcoMic® y el Pectimorf® en el crecimiento de plántulas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos Forrajes* [Internet]. junio de 2017 [citado 20 de octubre de 2020];40(2):102-7. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942017000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 22. Castellanos-González L, Abreus-Jiménez M, Silva-Campos N, Rivera-Espinosa R, Fuentes-Romero I, Parets-Selva E, et al. Efecto de la adición de cachaza, roca fosfórica y biofertilizantes en el suelo sobre el contenido de fósforo y el desarrollo de plántulas de caña de azúcar. *Cultiv Trop* [Internet]. diciembre de 2016 [citado 20 de octubre de 2020];37(4):145-51. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0258-59362016000400016&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 23. Machado-Vargas MM, Ríos-Osorio LA. Sostenibilidad en agroecosistemas de café de pequeños agricultores: revisión sistemática. *Idesia Arica* [Internet]. abril de 2016 [citado 20 de octubre de 2020];34(2):15-23. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34292016000200003&lng=pt&nrm=iso&tlng=es