



## ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA FERTILIZACIÓN DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL

Desde finales del año 2021, y en lo que va del año 2022, el mundo enfrenta una escasez de fertilizantes, impulsada por un alza de los precios de aproximadamente un 78% en este lapso. Los precios de los fertilizantes fósforo y potasio pasaron de 450 a 1 200 dólares estadounidenses (en adelante, dólares) por tonelada, mientras que la urea pasó de 500 a más de 1 000 dólares (Bourne, 2022). Adicionalmente, los fertilizantes han dejado de estar disponibles en el mercado, debido a que numerosas plantas de producción que enfrentaban márgenes negativos detuvieron la producción por el aumento en el precio de la energía, entre otras razones (Agronews Castilla y León, 2022). En consecuencia, se espera que la reducción de las aplicaciones de fertilizantes disminuya el rendimiento y la calidad de la producción de alimentos (Agronews Castilla y León, 2022).

Todas las prácticas que promuevan un aumento de la materia orgánica y mayor biodiversidad del suelo mejorarán su fertilidad y capacidad de suministrar nutrientes a las plantas. Sin embargo, es importante mantener un balance entre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Rey, 2009; Castillo, s.f.) y garantizar un medio adecuado para el desarrollo de las raíces de las plantas. Cada suelo tiene una condición particular que se debe conocer en detalle, para ajustar el manejo idóneo utilizando los recursos disponibles.

Este documento resume brevemente las alternativas recopiladas hasta la fecha por la Comunidad de prácticas de suelos (CdP-Suelos) para América Latina y el Caribe (ALC)<sup>1</sup>, y se incluyen otras alternativas adicionales implementadas en la región, identificadas por el proyecto Apoyo a la cooperación regional para la gestión climática de los ecosistemas agrícolas con énfasis en agua y suelo, TCP/RLA/3805 (ASLAC, 2020), y el seminario virtual Biofertilizantes y otras tecnologías disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe (FAO, 2022).

### ALGUNAS ALTERNATIVAS

**1. Identificación de deficiencias nutricionales.** Es fácil confundir deficiencias nutricionales con enfermedades y otros desordenes fisiológicos causados por clima extremo, por lo que los agricultores aplican más fertilizantes de lo requerido, incrementando los costos sin resolver el problema. Por ello, se deben generar capacidades en productores y extensionistas para: i) reconocer deficiencias nutricionales en campo usando fichas o guías que incluyan fotos, diagramas, gráficas y ubicación de la deficiencia tomando en cuenta la movilidad de los nutrientes; ii) diferenciar síntomas de deficiencias nutricionales y enfermedades que se manifiestan de forma similares, utilizando guías para aumentar precisión en identificación y, iii) realizar diagnósticos rápidos de campo, en espera de confirmación de los análisis de laboratorio del tejido de las plantas (Medina, 2022).

<sup>1</sup> La Comunidad de práctica (CdP, [https://dgroups.org/fao/soil\\_lac](https://dgroups.org/fao/soil_lac)) es una iniciativa promovida por la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe y por la Alianza por el Suelo de América Latina y el Caribe, y se ha puesto a disposición de todos y todas las partes interesadas para potenciar la gestión sostenible del suelo. La CdP ofrece una plataforma para organizaciones de agricultores, cooperativas, organizaciones de la sociedad civil, academia, centros de investigación, organizaciones no gubernamentales (ONG), tomadores de decisión y el sector privado que trabajan en: i) sensibilizar sobre la importancia de evaluar la degradación y gestionar el suelo de manera sostenible; y ii) promover el uso y manejo de los datos, herramientas y buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos, en particular detener la degradación y la salinización del suelo e incrementar el potencial de captura de carbono. Esta comunidad intercambia información e ideas sobre prácticas, proyectos, lecciones aprendidas, iniciativas, programas, políticas públicas sobre la gestión sostenible de los suelos. Es una plataforma abierta para compartir, co-crear conocimiento y sistematizar entre las partes interesadas, con un enfoque particular en gestión sostenibles de los suelos, mejores prácticas, tecnologías y estudios de caso (en áreas tales como salinización, gestión, captura de carbono, agricultura adaptada al clima, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), mecanismos de cooperación que apoyan la gestión, mecanismos de financiamiento, uso de mapas para la toma de decisiones, restauración de los suelos como medida de adaptación y mitigación a la captura de carbono, entre otros).

## 2. Muestreo, análisis de suelo y fertilización balanceada a nivel de finca.

Se pueden hacer análisis para conocer las propiedades físicas como textura y estructura (contacto entre raíces y suelo), química (nivel de nutrientes y pH) y biológica del suelo (fijación de nitrógeno, amonificación y nitrificación), y en función de los resultados promover un manejo y aplicación de fertilizantes (orgánicos o minerales) de manera balanceada y eficiente (programas de fertilización). Un principio básico, en caso de no disponer de análisis de suelos, es suponer que el suelo no cuenta con reservas de nutrientes, por lo que debe aplicarse las recomendaciones de fertilización disponibles en los países para los diferentes cultivos. Esto, además, es una estrategia que ayuda a mantener un nivel mínimo de nutrientes en suelo evitando minar y empobrecer suelos en el mediano y largo plazo. Los resultados de los análisis de suelo y las recomendaciones para cada cultivo son información clave, entre otras variables, para la definición de los programas de fertilización (Medina, 2022).

**3. Programas de fertilización a nivel de finca.** Deben basarse en los resultados del análisis de suelo, el rendimiento esperado (acorde a la variedad, manejo y nivel de tecnificación), fertilizantes disponibles (N, P, K, Ca y Mg), frecuencia de aplicación, área, tipo de cultivo y precios de los fertilizantes. Además, es importante conocer la textura y estructura del suelo, y las interrelaciones con las prácticas de campo, como la aplicación de agua de riego y materia orgánica (Medina,

2022), ya que ambos están interrelacionados con la disponibilidad y absorción de nutrientes. El agua es el transportador de nutrientes que se encuentran en el suelo, ya que disueltos en el agua es como los nutrientes son absorbidos por las raíces. La calidad del agua de riego es clave para aumentar la precisión y eficiencia, en vista que, por ejemplo, el contenido de minerales y otros elementos en el agua, puede afectar la recomendación de fertilizantes, el pH del suelo, la disponibilidad y la asimilación de los nutrientes por las plantas. Entre el 30% y el 50% del nitrógeno aplicado se pierde por lixiviación, mientras que para el fósforo la pérdida es de solo un 15%. Por otra parte, entre un 50 y un 60% de potasio aplicado se aprovecha (Hungria da Cunha, 2022). Esto se mejora con una mayor frecuencia en aplicaciones y utilizando métodos como la fertirrigación. A nivel de país o zonas agroecológicas, es importante disponer de mapas de la calidad del suelo y de calidad de agua como insumo para identificar las mejores prácticas y recomendaciones de los programas de fertilización o nutrición.

**4. Uso de microorganismos eficientes (ME) promotores de crecimiento.** Los microorganismos benéficos o eficientes del suelo son un elemento esencial de los ciclos de nutrientes, ya que mejoran las condiciones del suelo, suprimen la putrefacción (incluyendo enfermedades) y los microbios y mejoran la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas (EMPROTEC, s.f.). Además, reducen la emisión de gases de efecto invernadero (1 kg de N equivale



a 10,7 kg CO<sub>2</sub>e) (Hungria da Cunha, 2022). Las micorrizas arbusculares y rizobacterias –simbióticas y no simbióticas– (Cáceres, s.f.) son capaces de incrementar la solubilidad del fósforo y la fijación de nitrógeno en el suelo. También, ayudan a la solubilización de minerales, mineralización de la materia orgánica, fijación biológica del nitrógeno, crecimiento y morfología de raíces, producción de enzimas, vitaminas y cofactores, agregación y estabilidad del suelo, producción de compuestos promotores de crecimiento, absorción y translocación de nutrientes y reacciones de quelación (Reyes, 2022). Bajo condiciones favorables, las cantidades de nitrógeno fijadas, a través de la bacteria *Rhizobium*, equivalen a 15 kg/ha en promedio, con un máximo de hasta 200 kg/ha. Por otro lado, las fitohormonas favorecen el crecimiento radicular (12%), lo que contribuye a la absorción de agua y nutrientes. Considerando que las plantas tienen múltiples necesidades, el uso de microorganismos debe darse bajo el enfoque de sistemas integrados y de uso multifuncional de microorganismos y moléculas microbiales (Hungria da Cunha, 2022). Se requiere de programas integrales donde se integre las “seis M”: microorganismos, melaza, minerales, materia orgánica, *mulch* y manejo técnico (Reyes, 2022).

**5. Uso de abonos y enmiendas orgánicas.** (Hirzel, 2021). La materia orgánica (MO) en el suelo ayuda a almacenar nutrientes, mejorar la estructura del suelo, mejorar la capacidad de intercambio (conductibilidad eléctrica), aumentar la infiltración del agua y prevenir la compactación. Además, amortigua los cambios rápidos en alcalinidad, acidez y salinidad del suelo (Ramírez, 2017). Las enmiendas orgánicas empleadas en agricultura corresponden a fuentes de materia orgánica de origen animal y vegetal, dentro de las cuales se encuentran los estiércoles en estado fresco y semi-compostado, estabilizados, estiércoles fosilizados, compost, humus lombricultur (Agrosavia, s.f.), abonos verdes, residuos de cultivos, residuos de madera de la industria forestal (aserrín, viruta, corteza), lodos de agroindustrias o de ciudades, aguas residuales o combinaciones de algunas de estas fuentes. Se calcula que el aporte de nitrógeno desde enmiendas asciende a: abonos verdes, un 5-20% (más lenta en gramíneas, más rápida en leguminosas); compost, un 25-40%; cama de vacuno, un 40-50%; cama de broiler o de pavo, un 60%; y purines, un

90%. La enmienda orgánica debe aplicarse entre 7 a 15 días antes de la siembra, evitando así la fitotoxicidad. En períodos de lluvia, entre un 10 y un 20% de los nutrientes pueden perderse por lixiviación (Hirzel, 2022).

**6. Cultivos asociados, intercalados, rotación de cultivos.** Los sistemas integrados de cultivos, incluyendo leguminosas que son capaces de fijar nitrógeno atmosférico, permiten disminuir los requerimientos de fertilizantes nitrogenados, promueven la cobertura, aumentan la biodiversidad del suelo y diversifican las unidades de producción. Las leguminosas como la soya y el frijol pueden fijar al año entre 45 y 450 kg/ha de nitrógeno (Wani y Lee, 1992), dejando una buena cantidad en el suelo para su uso por otros cultivos; además, reducen las pérdidas por lixiviación y la contaminación de fuentes de agua por este nutriente. Dependiendo de la especie, del tipo de inoculante de la planta y condiciones agroclimáticas, se puede lograr una fijación anual de entre 72-350 kg N/ha. Por otro lado, la rotación de cultivo favorece la ruptura del ciclo de las plagas, lo que reduce el uso de pesticidas (Calles, 2022).

**7. Cultivo de cobertura.** El uso de coberturas vivas o muertas de cultivos promueve el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Hay mejoras en la tasa de infiltración, la densidad aparente y en una mayor estabilidad estructural, lo que promueven un mayor crecimiento de las raíces, soporte y aprovechamiento de los nutrientes. Si aumenta la materia orgánica del suelo y se aumenta su biodiversidad, se incrementa la población de organismos y microorganismos benéficos o eficientes que ayudan a la mineralización de la materia orgánica y hacen más eficiente la absorción de nutrientes.

**8. Agroforestería (Stadler-Kaulich, s.f.) y uso de biochar (o biocarbón).** La agroforestería se ha venido utilizando como mecanismo de restauración para suelos degradados, por su capacidad de aportar materia orgánica al suelo, promover la cobertura y mejorar su biodiversidad. Por otra parte, los restos de podas de los árboles pueden ser utilizados para producir biochar, ya que tiene propiedades fertilizantes, ayuda a regular el pH de los suelos muy ácidos y mejora sus propiedades físicas y químicas. El biocarbón es materia orgánica que se carboniza mediante el calen-

tamiento en un entorno con oxígeno limitado y se utiliza como enmienda del suelo. El biocarbón puede producirse a partir de una amplia gama de fuentes orgánicas, como los residuos agrícolas y forestales, residuos de la transformación de alimentos, residuos verdes urbanos, biosólidos, algas y estiércol animal (Cowie *et al.*, 2017). El *biochar* puede mejorar el rendimiento de las plantas, mejorar la capacidad de retención de agua del suelo y reducir las necesidades de fertilizantes, aunque los resultados varían mucho entre los distintos tipos de suelos, climas y cultivos.

**9. Uso de roca fosfórica** (Amares, s.f.). La roca fosfórica es la fuente principal para la elaboración de fertilizantes fosfatados; sin embargo, en forma pulverizada, se puede usar directamente como fuente de fósforo y calcio en suelos ácidos –donde hay lenta liberación de estos nutrientes–, la cual mejora el pH del suelo y es mucho más económica que el fertilizante mineral.

**10. Fertirrigación en invernaderos** (Martínez-García, s.f.). La producción de hortalizas en invernaderos utilizando una solución nutritiva universal minimiza el uso de recursos y disminuye el impacto ecológico (no hay pérdida de fertilizante mineral). Esta tecnología permite una reducción de costos, aumento de productividad, aumento de ganancias netas y reducción del gasto de agua. En la producción de estos cultivos a nivel de campo se aplican cantidades muy grandes de fertilizante y riegos con láminas muy pesadas, provocando la aparición de hongos y de plagas, ocasionando problemas de contaminación.



## ALGUNOS EJEMPLOS DE POLÍTICA PÚBLICA

La transición del uso de fertilizantes minerales tradicionales a otras tecnologías para el manejo sostenible de la fertilización del suelos y nutrición vegetal, requiere de mecanismos de gobernanza e instrumentos de gobernabilidad que promuevan y regulen su producción, uso y comercialización. En este sentido, algunos países han venido desarrollando leyes, normativas y programas inherentes al tema. Algunos ejemplos de la región se presentan a continuación.

**CASO COLOMBIA** (Botero, 2022). Se basa en la capacitación, fortalecimiento de los mecanismos de transferencia y la coordinación entre investigación y extensión; así como la definición de política pública.

**1. Acciones jurídico-legales.** Presentación al congreso un proyecto de ley que crea el sistema nacional de insumos agropecuarios y promueve el uso de bio-fertilizantes y bio-insumos en el país, buscando con esto una transición a sistemas productivos más sostenibles y amigables con el ambiente. En ese sentido, y a partir de estudios hechos en conjunto con el Centro Nacional de Investigaciones del país, AGROSAVIA, se ha identificado que si el país utiliza la gallinaza, pollinaza y porquinaza disponible, se reemplaza en un 62% el uso de fertilizantes artificiales.

Las acciones jurídicas legales se basan en cuatro estrategias:

**i. Definición de los lineamientos de una política de agro insumos orientada al incremento de la competitividad de las actividades agropecuarias,** integrada por tres ejes: política de precios (monitoreo continuo), acceso y comercialización (capacidad de negociación, servicios financieros rurales, fondo nacional de acceso a los insumos con el objetivo de facilitar a los productores las herramientas y apoyos para acceder a los insumos agropecuarios en el mercado nacional) y uso y aplicación (niveles óptimos de productividad). Por otro lado, se apoya al costo del transporte desde

el lugar de compra hasta las cabeceras municipales, apoya parte del costo de los análisis de suelos y sus respectivos planes de fertilización y apoya la investigación, desarrollo y producción de bio-insumos.

**ii. Apoyar la ejecución de estrategias de difusión y transferencia tecnológica** para masificar la utilización de bio-insumos.

**iii. Fortalecimiento de la operación del régimen de libertad vigilada de los precios de los insumos** (vigilar y controlar precios). Todos los agentes del mercado pueden fijar los precios libremente, pero deben reportar durante los 10 primeros días del mes esas determinaciones. Se vincula al sector de los bio-insumos, inventarios, cantidades comercializadas y, proveedores.

**iv. Reglamentación de la Ley 2.183 de 2022** del sistema nacional de insumos agropecuarios y la política nacional de insumos agropecuarios; además, de la conformación de la mesa nacional de insumos agropecuarios (integrada por todas las entidades del sistema de insumos, productores y comercializadores), de la Comisión Nacional de insumos agropecuarios<sup>2</sup> (conformada por representantes del gobierno y fija las políticas generales del sector) y Observatorio de Insumos Agropecuarios (brinda información para la toma de decisiones).

**2. Política nacional de insumos agropecuarios** vinculada en el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) de Colombia<sup>3</sup>. Políticas de insumos agropecuarios, fomento a la producción nacional y registro de productores de insumos.

**3. Diplomacia internacional.** Permite garantizar el suministro de fertilizantes a nivel internacional. En este momento se mantienen relaciones con Marruecos y los Emiratos Árabes Unidos para fertilizantes nitrogenados, y con Canadá para los fertilizantes potásicos.

<sup>2</sup> Más información sobre esta Comisión puede ser encontrada aquí: <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202183%20DEL%206%20DE%20ENERO%20DE%202022.pdf>  
Presentaciones restantes - Google Drive

<sup>3</sup> Más información sobre el Consejo puede ser encontrada aquí: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/instituciones/consejo-nacional-de-politica-economica-y-social-conpes-de-colombia>

**4. Reducir a 0% los aranceles por la importación de insumos agropecuarios y mezclas**, para reducir costos y facilitar el acceso a los insumos. Por otro lado, se ha promovido las compras centralizadas por medios asociativos y las compras centralizadas mediante comercio virtual.

**5. Comunicación permanente** con las seis grandes empresas de distribución de insumos para monitorear de forma permanente el estado y cantidad de insumos que poseen, para garantizar el suministro de insumos durante todo el año.

**CASO BRASIL** (Peixoto, 2022). Desde la década de 1980, se diseñó una ley que regula la inspección y supervisión de la producción y el comercio de fertilizantes, correctores, inoculantes, estimulantes o bio-fertilizantes, remineralizantes y sustratos vegetales destinados a la agricultura (Brasil, LEI N.º 6.894 de 1980). Desde el 2020 el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento está implementando el programa de bioinsumos para aprovechar el potencial de la biodiversidad brasileña y reducir la dependencia de los productores rurales de insumos importados y ampliar la oferta de materias primas para el sector. Mediante este programa se desarrolló un aplicativo para teléfonos celulares donde se podrán consultar más de 580 bioproductos que ya han sido registrados. Estos esfuerzos se traducen en por lo menos 40 millones de hectáreas cultivadas utilizando bacterias promotoras de crecimiento.

Por otro lado, se ha vinculado los marcos legales internacionales (Convención sobre la Diversidad Biológica; Política Nacional de Biodiversidad (Brasil, Decreto N.º 4.339 de 2002); Programa Nacional para la Biodiversidad Biológica (PRONABIO), del 2003; Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura) con el marco nacional de política pública (ley de agrotóxicos, ley de bioseguridad, inspección y supervisión de la producción y comercialización de fertilizantes, correctivos, inoculantes, estimulantes o bio-fertilizantes, Plan nacional de fertilizantes (PNF) y Programa nacional de bioinsumos) y con la definición de conceptos y guías.

**CASO PERÚ.** El Decreto Supremo N° 003-2022-MIDAGRI declara en Emergencia el Sector Agrario y de Riego, propone o desarrolla las siguientes líneas de acción: i) equipamiento

mecánico y entrenamiento a los productores agropecuarios, ii) formas de asociatividad, priorizando el cooperativismo, iii) optimización y diversificación de instrumentos financieros y no financieros para productores agropecuarios y iv) insumos agrarios y semillas certificadas, priorizando la producción orgánica o ecológica (El Peruano, 2022).

**CASO ARGENTINA.** El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca cuenta con un Comité Asesor de Bioinsumos de Uso Agropecuario (CABUA)<sup>4</sup>, el cual asesora a las autoridades sobre los temas referidos a bioinsumos de uso agropecuario, propone nuevas normas y emite opinión sobre la regulación y su implementación en relación a los bioinsumos de uso agropecuario, propone criterios técnicos, prioridades y acciones en relación a las políticas, planes, programas y proyectos en la materia y asesora acerca del otorgamiento del sello bioproducto argentino, cuando se trata de la evaluación de un desarrollo de bio-insumo de uso agropecuario.

Por otro lado, a nivel provincial se han generado las resoluciones que fomentan la consolidación de biofábricas. Las biofábricas son centros de elaboración, desarrollo y puesta a punto de diferentes biopreparados, tanto líquidos como sólidos, para ser utilizados en los sistemas productivos. Las biofábricas son gestionadas por el Estado o por las organizaciones. Como parte del funcionamiento de las biofábricas se han definido protocolos de fabricación.

**CASO ECUADOR.** El año 2019, se desarrolló la primera normativa para el registro de agentes de control biológico, preparados minerales, extractos vegetales, semi-químicos y afines de uso agrícola (Ruales y Barriga, 2020), la cual tiene la visión estratégica para formalizar a los operadores que se dedican a la fabricación, formulación, distribución y envasado de estos insumos, así como también que cumplan con los procedimientos y criterios necesarios que permitan garantizar la calidad y estabilidad en el mercado.

**CASO URUGUAY.** Cuenta con la Resolución N.º 97/018 DGSA "Requisitos para el registro y control para la comercialización de insumos formulados a partir de materia prima de origen orgánico para uso agrícola".

<sup>4</sup> Más información sobre este Comité puede ser encontrada aquí: <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/comite-asesor-en-bioinsumos-de-uso-agropecuario>

# BIBLIOGRAFÍA

Agronews Castilla y León. 2022. *El mercado mundial de fertilizantes: la FAO hace balance de la situación de un mercado en dificultades*. Edición en línea de Agronews Castilla y León, 16 de marzo de 2022 (disponible en: <https://www.agronewscastillayleon.com/el-mercado-mundial-de-fertilizantes-la-fao-hace-balance-de-la-situacion-de-un-mercado> en#:~:text=La%20Asociaci%C3%B3n%20Internacional%20de%20la,precios%20m%C3%A1s%20elevados%20del%20pasado).

Agrosavia. S.f.. *Equipo modular de lombricompostaje para el aprovechamiento de residuos vegetales de pequeños y medianos productores*. (disponible en: <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnol%C3%B3gica/0613-equipo-modular-de-lombricompostaje-con-residuos-agricolas>). Acceso: 30 de junio de 2022.

Alianza por el Suelo de Latinoamérica y el Caribe. 2020. *Apoyo a la cooperación regional para la gestión climática de los ecosistemas agrícolas con énfasis en agua y suelo*. (disponible en: <https://es.slideshare.net/Soils2012/aslac-pilar-1>).

Amares, A. S.f.. *Uso de roca fosfórica en suelos sulfatoácidos*. Universidad Territorial Deltaica Francisco Tamayo y Universidad de Oriente. República Bolivariana de Venezuela. (disponible en: <https://drive.google.com/file/d/13shUIYHaD86XO8wfJAIY5LspgTPWRdz/view>).

Botero, J. 2022. *Presentación en seminario virtual "Biofertilizantes y otras estrategias disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe"*. (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>).

Bourne, J.K. 2022. *La crisis alimentaria mundial se agrava con el tambaleo del suministro de fertilizantes*. Edición en línea de National Geographic, 24 de mayo de 2022 (disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2022/05/la-crisis-alimentaria-mundial-se-agrava-con-el-tambaleo-del-suministro-de-fertilizantes>).

Cáceres, A. S.f.. *Uso de micorrizas arbusculares y rizobacterias en los procesos de recuperación de áreas degradadas por el manejo forestal en la Reserva Forestal Imataca*. Venezuela. (disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1u5vxSOeOYeAU5izveg1mTpumGcTMGxwI/view>). Acceso: 30 de junio 2022.

Calles, T. 2022. *Presentación en seminario virtual "Biofertilizantes y otras estrategias disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe"*. (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>).

Castillo, X. S.f.. *PROYECTO AGRICULTURA, SUELOS Y AGUA (Evaluación del efecto de los sistemas de agricultura de conservación y sistema convencional en las propiedades físicas del suelo)*. (disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1IVT3OY3To\\_dlf3vxPJ3wDCCDQ62JZzQeu/view](https://drive.google.com/file/d/1IVT3OY3To_dlf3vxPJ3wDCCDQ62JZzQeu/view)). Acceso: 30 de junio 2022.

Cowie, A., Van Zwieten, L., Pal, B., Anaya de la Rosa, R. 2017. *Biochar as a strategy for sustainable land management and climate change mitigation*. Roma. Global Symposium on Soil Organic Carbon. (disponible en: <https://www.fao.org/3/br997e/br997e.pdf>).

El Peruano. 2022. *Normas legales*. Edición en línea de El Peruano, 19 de marzo de 2022 (disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-declara-en-emergencia-el-sector-agrario-decreto-supremo-no-003-2022-midagri-2049959-6>). Acceso: 30 de junio de 2022.

EM Producción y Tecnología S,A (EMPROTEC). S.f.. *Guía de la Tecnología de EM*. San Juan de Tibás, Costa Rica.

FAO. 2022. *Biofertilizantes y otras tecnologías disponibles para enfrentar la Crisis de los Fertilizantes en la Región de América Latina y el Caribe* (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>). Acceso: 30 de junio 2022.

Hirzel, J. 2022. *Presentación en seminario virtual "Biofertilizantes y otras estrategias disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe"*. (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>).

Hirzel, J. 2021. *Respuesta productiva de cultivos y frutales a la aplicación de enmiendas orgánicas como fuente nutricional alternativa al uso de fertilizantes convencionales – Caso Chile*. Chile. (disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1kTLWv-gRcxW9p\\_Qtiuzpq\\_vU\\_RX0wnL1/view](https://drive.google.com/file/d/1kTLWv-gRcxW9p_Qtiuzpq_vU_RX0wnL1/view)). Acceso: 30 de junio de 2022.

Hungria da Cunha, M. 2022. *Presentación en seminario virtual "Biofertilizantes y otras estrategias disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe"*. (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>).

Martínez-García, A. S.f.. *Fertirrigación eficiente para la producción sustentable de jitomate (Solanum lycopersicum) en Quiroga Michoacán: Estudio de Caso*. México. (disponible en: [https://drive.google.com/file/d/15LJ92ddw4p\\_T5HuUczbf-r4IDyJv7o1D/view](https://drive.google.com/file/d/15LJ92ddw4p_T5HuUczbf-r4IDyJv7o1D/view)). Acceso: 30 de junio de 2022.

Medina Navarro, M. (especialista nutrición vegetal FAO de la División de producción y protección vegetal (NSP), en comunicación personal con el autor. 21 de junio de 2022.

Peixoto, M. 2022. *Presentación en seminario virtual "Biofertilizantes y otras estrategias disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe"*. (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>).

Presidencia da República de Brasil. Regulamento. LEI N° 6 894. Adopted 1980. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. (disponible en [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1980-1988/l6894.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/l6894.htm)).

Ramírez, L. 2017. *Agricultura orgánica de bajo costo y cambio climático*. San José, Costa Rica. INTA. (disponible en: [http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/04/Agricultura\\_organica\\_de\\_bajo\\_costo\\_y\\_cambio\\_climatico-min.pdf](http://www.platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/04/Agricultura_organica_de_bajo_costo_y_cambio_climatico-min.pdf)).

Rey, J.C. 2009. *Innovaciones tecnológicas para el manejo y mejoramiento de la calidad y salud de suelos bananeros de América Latina y el Caribe – Caso Venezuela*. (disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1u48vAlYxtFHHKt-BLg4LSe7LsCXjOg9e/view>).

Reyes, F. 2022. *Presentación en seminario virtual "Biofertilizantes y otras estrategias disponibles para enfrentar la crisis de los fertilizantes en América Latina y el Caribe"*. (disponible en: <https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1530162/>).

Ruales, P. y Barriga, S. 2020. Normativa de bioinsumos, fomento a reducir la carga química. *ECUADOR ES CALIDAD- Revista Científica Ecuatoriana*, 2020, vol. 7, no 1.

Standler-Kaulich, N. 2006. *Agroforestería Dinámica o también llamada Sucesional*. Bolivia. (disponible en: [https://drive.google.com/file/d/13nmTMAj\\_cT0smYq5xLeoLuiL\\_OvJMLyL/view](https://drive.google.com/file/d/13nmTMAj_cT0smYq5xLeoLuiL_OvJMLyL/view)). Acceso: 30 de junio de 2022.

Wani, S. y Lee, K. 1992. *Role of Biofertilizers in Upland Crop Production*. In H.L.S. Tandon. ed. *Fertilizers Organic Manures Recycle Wastes and Biofertilizers*. Bhanot Corner, New Delhi, Fertilizer Development and Consultation Organization. pp 912.