



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Análisis de la productividad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)
sujeta a un manejo orgánico.

AUTOR:

Ariel Esteban Peralta Vera

TUTOR:

Ing. Agr. Walter Oswaldo Reyes Borja, Ph.D.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

Este trabajo se realizó para caracterizar la productividad del cultivo de arroz sujeto a un manejo orgánico, desarrollado a través de la recopilación de la información en las distintas fuentes online de libre acceso, con la finalidad de describir las tecnologías de manejo orgánico que se usan en las zonas productoras de arroz e identificar la que mejor resultados produce al aplicarla en el manejo comercial del cultivo. Tomando en cuenta la extraordinaria importancia que tiene del arroz por ser cultivado en 113 países y ser el alimento básico de más de la mitad de la población mundial. Se sabe que la biotecnología ha facilitado el desarrollo de nuevas herramientas y conocimientos que permiten diseñar fertilizantes orgánicos más eficientes y ecológicamente amigos, contribuyendo a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y la conservación del medio ambiente, como es el uso de la fertilización orgánica a través de sus fuentes y métodos de aplicación que demuestran que no se ha llegado a cubrir en su totalidad requerida por el cultivo con solo fuentes orgánicas

Palabras clave: Cultivo de arroz, fertilización orgánica, rendimientos de arroz

SUMMARY

This work was carried out to characterize the productivity of rice cultivation subject to organic management, developed through the compilation of information in different freely available online sources, with the purpose of describing the organic management technologies used in rice producing areas and identifying the one that produces the best results when applied in the commercial management of the crop. Taking into account the extraordinary importance of rice as it is cultivated in 113 countries and is the staple food of more than half of the world's population. It is known that biotechnology has facilitated the development of new tools and knowledge that allow the design of more efficient and ecologically friendly organic fertilizers, contributing to the sustainability of agricultural systems and the conservation of the environment, such as the use of organic fertilization through its sources and application methods that show that it has not been covered in its entirety required by the crop with only organic sources.

Key words: Rice cultivation, organic fertilization, rice yields.

INDICE

1. RESUMEN	II
2. SUMMARY.....	III
3. 1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4. OBJETIVOS.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	4
1.6. METODOLOGÍA.....	5
4. 2. DESARROLLO	6
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1.1. El cultivo de arroz	6
2.1.2. Origen y distribución del arroz.....	6
2.2. Abonos orgánicos.....	7
5. 3. RESULTADOS.....	8
3.1. Los Beneficios de Fertilización Orgánica	8
3.2. Tipos de fertilización orgánica.....	9
3.2.1. Compostaje.....	9
3.2.2. Estiércol	9
3.2.3. Abonos verdes	9
3.2.4. Fertilizantes orgánicos comerciales	10
3.2.5. Biotecnología agrícola	10
3.2.6. Tipos de fertilización orgánica utilizada en el cultivo de arroz	12
3.2.7. Distribución de la agricultura orgánica en el mundo	12

3.3. *Preparación del Suelo para Fertilización Orgánica en Semillero de Arroz:*

12

3.4. <i>Fertilización orgánica del arroz después del trasplante</i>	13
3.4.1. Nutrición del arroz.....	14
3.4.2. Requerimientos nutricionales del arroz	14
3.5. <i>Técnicas para la producción orgánica del cultivo de arroz</i>	15
3.5.1. Manejo de suelos.....	15
3.5.2. Fertilización natural.....	16
3.5.3. Control biológico	16
3.5.4. Rotación de cultivos.....	16
3.5.5. Manufactura de productos orgánicos	16
3.6. <i>Efectos de la fertilización orgánica del arroz</i>	16
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	18
7. CONCLUSIONES	19
8. RECOMENDACIONES	20
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	21
10. ANEXOS	29

ÍNDICE DE TABLAS

11. Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz.....	14
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

12. Figura 1. Requerimiento de macronutrientes por etapa del cultivo de arroz	15
--	----

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es una de las gramíneas más importantes por su consumo en el Ecuador. Esta trasciende en el efecto socioeconómico a nivel país por constituirse en fuente de empleo para muchas familias rurales en todo el litoral (Vera 2019).

En los últimos años se ha sembrado en el Ecuador alrededor de 289 mil hectáreas del cultivo de arroz, con rendimientos cercanos $5,03 \text{ t. ha}^{-1}$, que al compararse con otros países productores del rubro es un valor muy bajo. Las provincias de mayor producción las comprenden Los Ríos y Guayas quienes abarcan alrededor del 91% de la producción del ciclo lluvioso y el 60 % de la producción en el ciclo de seco en el país; además incluyen el 40% de arroz bajo riego (Avilés 2019).

El arroz es un cereal perteneciente al grupo de las gramíneas cultivado en zonas tropicales y subtropicales, requiere de cantidades de elementos denominados macronutrientes también conocidos como elementos mayores, los cuales en la actualidad son suministrados de forma gradual o en otros casos sin restricciones a través de fertilizantes químicos de diferentes formulaciones (Valero 2019, Puentes 2018).

Gaibor (2017), menciona que los problemas que se presentan en la producción de arroz en el Ecuador se debe principalmente a efectos de fertilizada debidos específicamente a deficiencias de macroelementos, como también de materia orgánica de los suelos dedicados a la siembra de esta gramínea. El uso constante y recurrente de fertilizantes provenientes de procesos artificiales, incluida la gran variedad de fuentes han permitido el rendimiento acelerado de los rendimientos, pero sin darse cuenta que ese tipo de prácticas o métodos generan el rompimiento del balance natural de los elementos que componen el suelo, especialmente la generación de elementos provenientes de la

descomposición de la materia orgánica como la regeneración de humus provocando graves problemas al medio ambiente.

Con los problemas actuales de contaminación de suelos y aguas con químicos que se utilizan durante el manejo del cultivo, es importante buscar alternativas de manejo orgánico para disponer de un alimento más saludable para los ecuatorianos. En los actuales momentos Agrocalidad anunció contaminación el arroz con arsénico que pone en riesgo la salud de nuestra población, en donde se han mencionado también otros metales pesados como el plomo y el cadmio como posibles contaminantes de este producto y de otros de consumo diario que forman parte de la canasta familiar.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal problema que enfrentan los agricultores dedicados al cultivo de arroz es el tratamiento inadecuado de las prácticas inherentes, más concretamente con lo relacionado a la fertilización por ser en su mayoría deficientes y que se convierte en la disminución de los rendimientos insuficientes en la siembra de arroz que reduce el rendimiento, aunado a efectos ambientales y el uso de productos sanitarios innecesarios o algunas veces por exceso que lo que hacen es aumentar costos de producción a los productores en todos los niveles que muchas veces terminan en pérdidas (Arana 2021).

Según Friedrich (2017), es cada vez más obvio que la causa principal de la degradación de los suelos, la merma en la productividad y los problemas de la contaminación ambiental, reflejándose en una pérdida completa de la salud de los suelos, está radicada en el paradigma de una agricultura que está minando los recursos de carbono del suelo con la labranza mecánica. Con esto está al mismo tiempo debilitando e interrumpiendo las funciones de nuestros ecosistemas, que están basados en un suelo sano. La pérdida de carbono de suelo por labranza mecánica es aún más rápida en zonas de clima tropical, comparado a zonas templadas.

Bajo la premisa anterior de las características que presentan los suelos de las zonas de producción de arroz en el Ecuador y las necesidades actuales de aumentar los rendimientos y calidad de las cosechas para cubrir la creciente

capacidad de consumo, ha condicionado en alto grado la situación que ya ronda el nivel crítico y que se requiere solventar para la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria del ecuatoriano. Es hora de buscar alternativas para obtener los nutrientes necesarios para suplir la demanda del mercado actual con la combinación eficiente para el cultivo, el productor y el ambiente de fertilizantes orgánicos y químicos para llegar a los rendimientos esperados con un mantenimiento de los suelos con su fertilidad natural lo más cerrado a lo estable para su utilidad en el tiempo.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente caso de estudio sobre el manejo agronómico del cultivo de arroz, se lo realiza debido a que en las zonas rurales del Ecuador se considera uno de los productos agrícolas que está teniendo un mayor impacto por su empleo en la alimentación humana y en la agroindustria nacional; por lo tanto, es necesario realizar buenas prácticas agrícolas para aumentar su potencial productivo y por ende los beneficios económicos de los pequeños y medianos productores.

Una de las tecnologías ampliamente reconocidas y aceptadas para la producción de alimentos es el uso de bioestimulantes orgánicos en los cultivos, que han demostrado aportar nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas y su producción. Considerando la importancia del cultivo de arroz al ser un alimento básico en la alimentación de las personas, es importante que, al producirlo sin dañar considerablemente al medioambiente, lo cual se puede lograr utilizando los agroquímicos como alternativa de emergencia.

Para obtener mayor rendimiento del cultivo no solo es necesario utilizar variedades con alta capacidad productiva, sino que se debe realizar una fertilización adecuada. Por las razones expuestas la presente investigación se justifica a fin de aportar un manejo sustentable del cultivo de arroz aplicando técnicas de manejo orgánico para lograr un producto más saludable y probablemente de mejor rentabilidad.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

- Caracterizar la productividad del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) sujeta a un manejo orgánico.

1.4.2. Objetivos específicos

- Describir las tecnologías de manejo orgánico que se utilizan en las zonas productoras de arroz.
- Identificar la técnica de producción orgánica de mejor respuesta aplicadas al manejo comercial del cultivo de arroz.

1.5. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Dominio:

Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología.

Línea:

Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable.

Sublínea:

Agricultura sostenible y sustentable.

1.6. METODOLOGÍA

El presente documento investigativo presentado como componente práctico, se desarrolló a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas disponibles en distintas plataformas digitales.

Toda la información obtenida fue analizada, sintetizada y resumida, con el único objetivo de instaurar la información específica en correspondencia a este proyecto, que lleva por temática “Análisis de la productividad del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) sujeta a un manejo orgánico”, destacando así su importancia y fundamentos generales para el consentimiento académico y social del lector.

De acuerdo con las técnicas de investigación, la metodología que se utilizó en este trabajo es de tipo exploratoria y explicativa. Exploratoria porque se centra en documentos ya existentes de donde se recopiló toda la información y contenido del caso de estudio. Explicativa puesto que se detalló la relación que existe entre las variables de estudio que forman parte de la investigación.

2. DESARROLLO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. *El cultivo de arroz*

2.1.1.1. El Taxonomía de arroz

La descripción taxonómica del arroz es (Linnaeus 1753):

Reino: Plantae o Vegetabile

División: Magnoliophyta

Clase: Angiosperma

Orden: Poales Small

Familia: Poaceae Juss.

Género: *Oryza* L.

Especie: *Oryza sativa* L. Sp. Pl: 333 (1753)

2.1.2. *Origen y distribución del arroz*

Existen dos tipos de arroz cultivado: el *Oryza sativa* L. de origen asiático y el *Oryza glaberrima* de origen africano. La propagación de este cultivo ha sido realizada por el hombre desde hace 3000 años antes de Cristo. Según la literatura china, al inicio de la siembra del arroz se llevaba a cabo una ceremonia religiosa importante reservada para el Emperador. Se cree que el *Oryza sativa* L. tiene su origen en el sur de la India, donde existen condiciones favorables para su cultivo debido a la gran cantidad de especies silvestres. Se acepta que el arroz se propagó desde el sureste asiático, pasando por la India hasta China en una época posterior a los 3000 años antes de Cristo. Posteriormente, fue introducido en Corea y luego en Japón desde China (Acevedo et al. 2006).

Según la FAO (2005), La producción de arroz es la principal actividad y fuente de ingresos de alrededor de 100 millones de hogares en Asia y África, lo que destaca la importancia de este cereal como fuente primordial de alimentación.

Zambrano et al. (2019), señalan que el arroz es el grano más significativo en las naciones en vías de desarrollo, siendo fundamental para más del 50% de la población mundial. En Ecuador, el cultivo de arroz desempeña un papel crucial

como fuente primordial de alimentación, siendo un componente esencial en la dieta de los habitantes de la costa ecuatoriana. La ingesta anual promedio de 53.20 kilogramos por persona destaca su relevancia en comparación con países vecinos como Colombia y Perú, cuyos consumos anuales por habitante son de 40.0 y 47.4 kilogramos, respectivamente.

2.2. Abonos orgánicos

Los fertilizantes orgánicos son productos elaborados de forma manual utilizando una mezcla de desechos animales y vegetales, junto con residuos leñosos e industriales. Estos materiales se descomponen y transforman en un compuesto que, al integrarse con el suelo, mejora sus propiedades químicas, físicas y biológicas, preparando el terreno para el cultivo de plantas saludables (Jorge 2019)

Los fertilizantes orgánicos son compuestos por desechos de origen animal, vegetal o una combinación de ambos, utilizados para enriquecer el suelo con el fin de mejorar sus propiedades físicas, biológicas y químicas. Estos pueden incluir residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha, cultivos destinados a la producción de abonos verdes (principalmente leguminosas que fijan nitrógeno), desechos orgánicos generados en la agricultura y la ganadería (estiércol, purines), subproductos del procesamiento de productos agrícolas, desechos domésticos (residuos de cocina, excrementos), así como compost elaborado a partir de mezclas de los componentes mencionados anteriormente (Intagri 2022).

Autores como Briseno (2019), González (2021), Unión Europea (2020), Castilla Lozano y Tirado Ospina (2018), entre otros, coinciden en que la fertilización orgánica se refiere a la adición de fuentes nutritivas producidas a partir de materiales 100% naturales. Estas fuentes pueden ser los restos vegetales de cultivos o desechos de la agroindustria o de fuentes provenientes del mar, como restos de pescado, cangrejo, camarón o algas; también se incluyen los productos provenientes de animales, como aves, murciélagos, cerdos, rumiantes y equinos entre otros, permitiendo una fertilización constante con derivados naturales tomando en cuenta el grado de degradación de los mismos.

3. RESULTADOS

3.1. Los Beneficios de Fertilización Orgánica

La gran cantidad de beneficios que se aprovechan con el uso de la fertilización orgánica, tanto al cultivo como al suelo y al ambiente en general; como lo expresan (Castilla Lozano y Tirado Ospina 2019, Briseno 2019, González 2021)

- ✓ Beneficia el microbiota del suelo.
- ✓ Es fuente de estímulo para las relaciones bióticas entre plantas y microorganismos
- ✓ Es fuente de nutrientes al ecosistema
- ✓ Mantiene el balance de la materia orgánica en el suelo como reserva de nutrientes para su disposición en el tiempo y fuente energética para mantenimiento de la actividad de la microbiología y mejora las condiciones físicas del suelo.
- ✓ Máximo aprovechamiento, casi en su totalidad
- ✓ Mejor calidad de cosechas en cuanto a características industriales, de consumo y nutritivas
- ✓ Aportan la inocuidad de los productos cosechados

Una práctica importante de preparación de suelos es permitir que la microbiota del suelo inicie sus actividades con suficiente tiempo previo a la siembra para garantizar la disponibilidad de nutrientes al momento que la planta lo requiera. Este método consiste en transformar fuentes nutritivas de materiales 100% naturales, preferiblemente disponibles localmente, para tener acceso a fuentes de nutrientes disponibles para las plantas.

Las fuentes que se necesitan para producir los fertilizantes van desde estiércoles de rumiantes domésticos, restos de pescados y cangrejos y abonos verdes como leguminosas. La fertilización orgánica requiere de una planificación ya que actúa de manera lenta en comparación con los fertilizantes químicos, por lo que se recomienda aplicaciones entre cada 15 y 30 días para asegurar

cosechas saludables. También es importante aplicarla de manera preventiva en el control de plagas para evitar el uso de tóxicos en la cosecha.

3.2. Tipos de fertilización orgánica

La fertilización orgánica implica el uso de materiales naturales para mejorar la fertilidad del suelo y proporcionar nutrientes a las plantas. Aquí tienes algunos tipos comunes de fertilización orgánica:

3.2.1. Compostaje

El compostaje es una práctica clave en la fertilización orgánica, consistente en la descomposición de residuos orgánicos tales como restos de cocina, recortes de césped y hojas en un montón o contenedor. Al pasar por este proceso natural, los materiales orgánicos se transforman en compost, que aporta nutrientes al suelo y mejora su estructura. El compostaje ayuda a reducir el volumen de desperdicios sólidos, minimizando la cantidad de residuos enviados a las instalaciones de tratamiento y promoviendo la reutilización de recursos naturales. Además, el uso de compost como enmienda del suelo también reduce la necesidad de fertilizantes químicos inorgánicos, lo cual resulta beneficioso tanto para la salud del suelo como para el medio ambiente (Sayara et al. 2020, Xu et al. 2023, Rajan 2023, Wei et al. 2021).

3.2.2. Estiércol

Los estudios y fuentes especializadas confirman que el estiércol proveniente de animales como vacuno, equino, ovino, aviar, entre otros, es una fuente valiosa de nutrientes orgánicos y puede utilizarse de manera eficiente en la fertilización del suelo (US EPA 2020, Zhang y Schroder 2014).

3.2.3. Abonos verdes

Autores como (Rojas-Velázquez et al. 2020, Castro-Rincón et al. 2018, Vanegas Chacón 2008), describen que los abonos verdes son cultivos específicos, como leguminosas se siembran y luego se incorporan al suelo antes de la siembra principal. Estos cultivos ayudan a mejorar la estructura del suelo, fijar nitrógeno atmosférico y aumentar la materia orgánica; se utilizan para mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes a las plantas. Estos cultivos

se siembran y se incorporan al suelo antes de que alcancen la madurez, lo que permite que se descompongan y liberen nutrientes en el suelo. Los abonos verdes también ayudan a proteger el suelo de la erosión, aumentar la biota y mejorar la retención de agua.

Algunos ejemplos de abonos verdes son las leguminosas, como la *Crotalaria*, la mucuna, la vicia y el frijol, que tienen la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo. También se pueden utilizar otras plantas, como la avena, el centeno y el trigo, que tienen raíces profundas y ayudan a mejorar la estructura del suelo.

Los abonos verdes se pueden utilizar en la agricultura convencional y orgánica, y su uso puede reducir la necesidad de fertilizantes químicos y pesticidas. Además, los abonos verdes pueden ser una alternativa sostenible y rentable para mejorar la calidad del suelo y aumentar la producción de cultivos.

3.2.4. Fertilizantes orgánicos comerciales

Existen numerosos productos comerciales orgánicos disponibles en el mercado, como harina de hueso, harina de pescado, guano, entre otros. Estos productos son derivados de fuentes naturales y proporcionan nutrientes a las plantas de manera sostenible.

Los fertilizantes orgánicos comerciales son productos que se utilizan en la agricultura para mejorar la calidad del suelo y proporcionar nutrientes a las plantas. Estos fertilizantes se elaboran a partir de materiales orgánicos, como estiércol, compost, huesos, plumas, entre otros. Los fertilizantes orgánicos comerciales pueden ser una alternativa sostenible y rentable para mejorar la calidad del suelo y aumentar la producción de cultivos. Además, su uso puede reducir la necesidad de fertilizantes químicos y pesticidas, lo que puede tener un impacto positivo en el medio ambiente (Matos-Pech et al. 2022, Sánchez Verdejo 2022, Agropinos 2022).

3.2.5. Biotecnología agrícola

La biotecnología también ha permitido el desarrollo de fertilizantes orgánicos más avanzados, como los biofertilizantes y los microorganismos

eficientes en la solubilización de nutrientes. Estos productos utilizan microorganismos beneficiosos para promover el crecimiento de las plantas y mejorar la salud del suelo.

La biotecnología en la creación de fertilizantes orgánicos se refiere a la aplicación de métodos y tecnologías modernas para mejorar la producción, calidad y eficacia de estos productos. Algunos aspectos de esta disciplina incluyen:

3.2.5.1. Mejoramiento genético

Utilización de técnicas de selección genética para potencializar la capacidad de las plantas para fijar nitrógeno, absorber nutrientes y resistir enfermedades (Camarena Mayta et al. 2014).

3.2.5.2. Formulación de fertilizantes

Diseño de combinaciones de materias primas orgánicas que maximicen la disponibilidad de nutrientes y minimicen la generación de olores y polvo (Cunningham Laureano 2021, Geney Reyes et al. 2023).

3.2.5.3. Evaluación de eficacia

Análisis comparativo de la influencia de distintos fertilizantes orgánicos en el crecimiento y rendimiento de plantas, tanto individualmente como en combinación con fertilizantes inorgánicos (Pajuelo et al. 2023, Rodríguez-Ortiz et al. 2021)

3.2.5.4. Enfoque integrado

Combustión de fertilizantes orgánicos e inorgánicos para optimizar la gestión del suelo y lograr resultados más sostenibles en la agricultura

La biotecnología ha facilitado el desarrollo de nuevas herramientas y conocimientos que permiten diseñar fertilizantes orgánicos más eficientes y ecológicamente amigos, contribuyendo a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas y la conservación del medio ambiente.

3.2.6. Tipos de fertilización orgánica utilizada en el cultivo de arroz

Existen varios tipos de fertilización orgánica aplicables al cultivo de arroz, probados en las siguientes investigaciones:

3.2.6.1. Abono orgánico mediante la técnica del compost

Este método implica la compostación de residuos orgánicos, como restos de plantas, frutas, hortalizas, y otros materiales biodegradables, para producir un abono rico en nutrientes (Q. Osorio 2016) .

3.2.6.2. Fertilización orgánica combinada con NPK

Este enfoque implica la aplicación de fertilizantes orgánicos junto con fertilizantes químicos NPK (nitrógeno, fósforo, y potasio) para mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo de arroz (Martiz Alvarado 2017, Gutiérrez y Bermúdez 2017).

3.2.7. Distribución de la agricultura orgánica en el mundo

En todo el mundo, hay 37,2 millones de hectáreas de tierras dedicadas a la agricultura ecológica, con 1,8 millones de productores. Las regiones con mayor superficie de agricultura ecológica son Oceanía (12,2 millones de hectáreas), Europa (9,3 millones de hectáreas) y América Latina (8,6 millones de hectáreas). Los países con mayor superficie de agricultura ecológica son Australia, Argentina, Estados Unidos y China (Statista 2023).

3.3. Preparación del Suelo para Fertilización Orgánica en Semillero de Arroz:

Para preparar el suelo con miras a la fertilización orgánica en un semillero de arroz, se pueden seguir ciertos pasos que ayudarán a mejorar la calidad del suelo y favorecer el crecimiento de las plántulas, de acuerdo con Zúñiga Orozco et al. (2020) y Cervantes-Vázquez et al. (2022), se puede preparar adecuadamente el suelo para la fertilización orgánica en un semillero de arroz, lo que contribuirá al desarrollo saludable de las plántulas y al crecimiento óptimo de los cultivos, ellos son:

- ✓ **Laboreo del Suelo:** Realizar labores de arado y rastra para descompactar el suelo y facilitar la absorción de nutrientes.
- ✓ **Análisis del Suelo:** Permite la información necesaria para el plan de fertilización.
- ✓ **Aplicación de Abonos Orgánicos:** Utilizar abonos orgánicos como estiércol bovino, compost o vermicompost para enriquecer el suelo con nutrientes.
- ✓ **Distribución Uniforme:** Aplicar los abonos de manera uniforme en el semillero para asegurar una nutrición equilibrada de las plántulas.
- ✓ **Mezcla con el Suelo:** Incorporar los abonos orgánicos al suelo mediante labores de mezcla para que los nutrientes estén disponibles para las raíces.
- ✓ **Riego Moderado:** Mantener una adecuada humedad en el semillero mediante riegos moderados para favorecer la absorción de los nutrientes.
- ✓ **Monitoreo Continuo:** Realizar un seguimiento constante del estado del suelo y de las plántulas para ajustar la fertilización según sea necesario.

3.4. Fertilización orgánica del arroz después del trasplante

La fertilización orgánica ha demostrado ser beneficiosa para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Algunas investigaciones han demostrado los efectos positivos de la fertilización orgánica en diferentes cultivos, como el arroz, el banano y el tomate:

Un trabajo de investigación realizado en el Ecuador por Gutiérrez y Bermúdez (2017), intitulado “Efecto de la Fertilización Orgánica en el Cultivo de Arroz” donde se evaluó el efecto de un fertilizante orgánico combinado con NPK en el cultivo de arroz. Los resultados mostraron mejoras en variables agronómicas y un análisis económico de los tratamientos estudiados.

Otros estudios realizados en otros cultivos resaltan la importancia y los beneficios potenciales de la fertilización orgánica en diferentes cultivos, incluido el arroz. Al considerar la fertilización orgánica después del trasplante, se puede promover un crecimiento saludable de las plantas y mejorar la calidad de los cultivos (Herrera y Samuel 2011, Bastidas y Abrahán 2016).

3.4.1. Nutrición del arroz

El suelo es un sistema en constante cambio, cuyas propiedades fluctúan debido a diversos factores como el clima, la temperatura, la precipitación, la luz solar y la actividad biológica. Además de servir como sustrato y fuente de nutrientes para las plantas, el suelo es fundamental para su crecimiento y desarrollo. Por lo tanto, es crucial conservarlo y gestionarlo adecuadamente.

La planta de arroz necesita varios nutrientes para completar su ciclo de vida. Algunos, como el Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O), son extraídos del aire, mientras que otros, como el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), considerados elementos principales, se absorben del suelo. Sin embargo, la mayoría de los suelos son deficientes de estos nutrientes, por lo que es necesario aplicar fertilizantes para suplirlos. Además de estos nutrientes principales, existen elementos secundarios como el Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S), así como micronutrientes como el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) y Boro (B). También son importantes para el cultivo del arroz elementos como el Silicio (Si) y el Molibdeno (Mo) (Castilla Lozano y Tirado Ospina 2019).

La tabla 1 muestra los elementos requeridos de macro y micronutrientes durante el ciclo del cultivo y en la Figura 1, indica los requerimientos de macronutrientes especificado por etapas de desarrollo del cultivo.

3.4.2. Requerimientos nutricionales del arroz

Tabla 1. Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz

Nutrientes	Kg/t	Nutrientes	g/t
N	20	Fe	200
P	5	Zn	20
K	18	Cu	10
Ca	4	B	15
Mg	2	Mn	80
S	3		
Si	50		

Fuente: (Castilla Lozano y Tirado Ospina 2019)

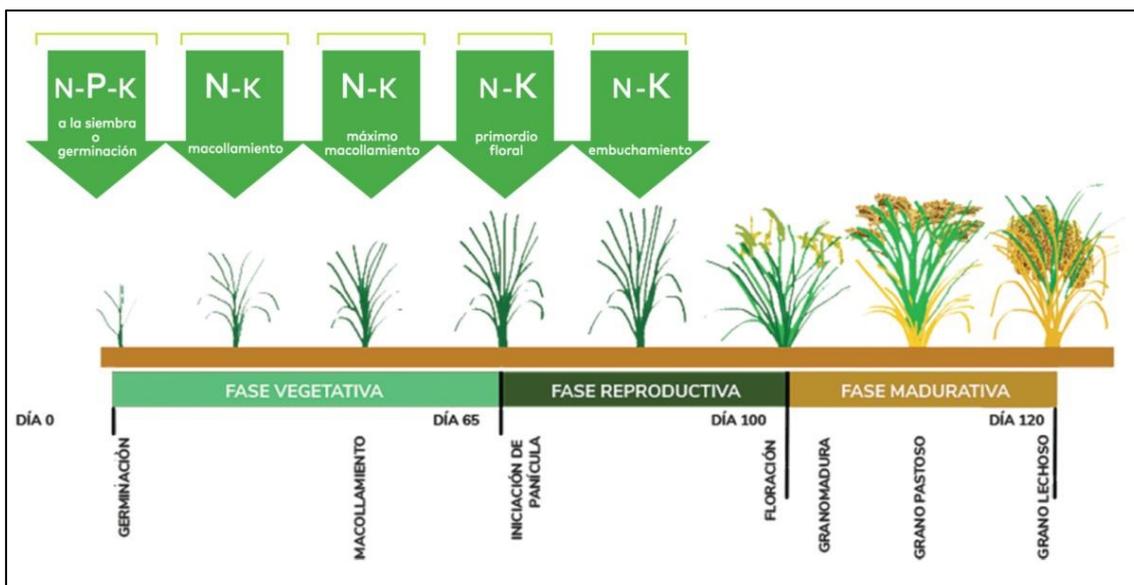


Figura 1. Requerimiento de macronutrientes por etapa del cultivo de arroz

Fuente: (Cambiagro 2021).

Según Arango (2017), el uso de abonos orgánicos en cultivos de arroz ha demostrado tener efectos preventivos y de control sobre enfermedades del suelo, reduciendo la presencia y gravedad de ciertos patógenos al competir con microorganismos no dañinos presentes en el suelo. Estos abonos también se caracterizan por contener niveles elevados de nitrógeno mineral y cantidades importantes de otros nutrientes esenciales para las plantas.

3.5. Técnicas para la producción orgánica del cultivo de arroz

Claramente no existe una técnica sobresaliente en la producción orgánica del cultivo de arroz, se pueden mencionar prácticas generales de la producción orgánica a partir de estudios relacionados con otros cultivos. Algunas prácticas y conceptos relevantes incluyen:

3.5.1. Manejo de suelos

Esta técnica permite la protección y mejoramiento de la calidad del suelo; además de corregir deficiencias químicas y físicas del suelo ofreciendo las condiciones óptimas al cultivo para que desarrolle su máximo potencias (De Siervi et al. 2023).

3.5.2. Fertilización natural

Hacer uso de elementos naturales, generalmente provenientes de vegetales y animales para suministrar nutrientes al suelo y aumentar la fertilidad (De Siervi et al. 2023, Pinzón Moreno y Fuentes Rojas 2022).

3.5.3. Control biológico

Usar métodos biológicos para el control de plagas y enfermedades que incluyen especies predadoras, parasitas y microorganismos antagonistas (Pinzón Moreno y Fuentes Rojas 2022).

3.5.4. Rotación de cultivos

Con esta técnica se logran varios objetivos de forma integral, algunos de ellos son el control de plagas y enfermedades, establecer un balance de la producción y el ambiente (Pinzón Moreno y Fuentes Rojas 2022, De Siervi et al. 2023).

3.5.5. Manufactura de productos orgánicos

Uno de los mejores emprendimientos es la producción de productos orgánicos que sean efectivos y accesibles al productor que a la vez aumenta las posibilidades de la gestión empresarial (Estupiñan Cordova 2017).

El uso de las técnicas de fertilización orgánica va a estar sujeta a las condiciones particulares de cada zona o ambiente, por lo que cada práctica de producción orgánica deberá adaptarse a las condiciones locales. Además, cada productor debe estar capacitado y poseer la asesoría técnica apropiadas para la implementación de estas prácticas.

3.6. Efectos de la fertilización orgánica del arroz

Estudios realizados con la fertilización orgánica del cultivo de arroz demuestran que esta actividad permite prevenir y por supuesto controlar la contaminación, permanencia o severidad de plagas y patógenos en el suelo; balancea la cantidad y frecuencia de microorganismos en el suelo por el establecimiento de la competencia entre benéficos y patógenos. Por otra parte,

hay suplencia de suficiente nitrógeno mineral y contenidos significativos de otros elementos que nutren la planta (Gutiérrez Ramírez y Arango Orozco 2017).

El trabajo realizado por Loor Zambrano y Proaño Cantos (2022), demostró que los rendimientos alcanzados con fertilización química y orgánica no tienen diferencias significativas registradas por encima de las 7 t ha⁻¹, generando prácticas amigables al agroecosistema que sirve de incentivo para la producción de arroz en suelos que han sufrido desgaste significativos por el uso excesivo de prácticas convencionales.

En otro estudio, se determinó que los fertilizantes orgánicos ejercen influencia en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arroz, además de adelantar la floración, longitud de la panícula, mayor número de macollos, panículas y granos por panícula y por supuesto, en el rendimiento (Fierro Miguez 2017).

En la zona baja del valle del río Portoviejo-Ecuador se producen en la actualidad 56 hectáreas de arroz orgánico con rango de rendimiento entre 80 a 100 quintales.ha⁻¹ con todas las prácticas manuales, sin químicos, los insumos de soporte son orgánicos donde se busca una agricultura limpia, agroecológica, donde las familias puedan elaborar insumos naturales utilizando lo que se tiene en su finca como, restos de cosechas y otros contribuyendo al mejoramiento y en general al ambiente, sin uso de productos químicos (El Universo 2022).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La fertilización orgánica trae beneficios múltiples al cultivo como al suelo y al ambiente en general, siendo la mejor forma de fertilización desde el punto de vista ecológico y para la salud humana, coincidiendo con lo que lo expresan Castilla Lozano y Tirado Ospina (2019, Briseno 2019, González 2021).

Bajo la misma idea de los autores anteriores, por su particularidad de actuar lentamente, los fertilizantes orgánicos debe planificarse su aplicación para que pueda surtir efectos a tiempo en el cultivo, esto si lo comparamos con la fertilización química, y además garantiza cosechas saludables.

La fertilización orgánica incluye materiales naturales de origen vegetal, animal y otros para aportar las necesidades de nutrientes a las plantas, entre ellos se conocen el compostaje, estiercol, abonos verdes, fertilizantes orgánicos comerciales, entre otros, como lo especifican (US EPA 2020, Zhang y Schroder 2014). Rojas-Velázquez et al. 2020, Castro-Rincón et al. 2018, Vanegas Chacón 2008, (Matos-Pech et al. 2022, Sánchez Verdejo 2022, Agropinos 2022

Dentro de las técnicas más utilizadas en el manejo orgánico se pueden mencionar el manejo de suelos para su protección y mejoramiento, control biológico, rotación de cultivos como técnica integral de producción en general, manufactura de productos orgánicos como tecnología de punta para ampliar los límites en la producción orgánica de cultivos y como emprendimiento empresarial, esto se ajusta completamente a los descrito por De Siervi et al. (2023), Pinzón Moreno y Fuentes Rojas (2022), Estupiñan Cordova (2017).

En función de los estudios realizados a nivel mundial está claramente definido que no existe una técnica sobresaliente en la producción orgánica del cultivo de arroz, se pueden mencionar prácticas generales de la producción orgánica a partir de estudios relacionados con otros cultivos. Algunas prácticas y conceptos relevantes incluyen. Algunas técnicas con buenos resultados son el abono orgánico mediante la técnica del compost, Fertilización orgánica combinada con NPK, abonos orgánicos comerciales como Naturcomplet-G, coincidiendo con o expuesto por (Q. Osorio 2016, Gutiérrez Ramírez y Arango Orozco 2017)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Una de las técnicas del manejo orgánico para la siembra de arroz es la preparación de suelos con suficiente tiempo previo de tal forma que al momento de la siembra ya este activada la microbiota del suelo y le garantice la disponibilidad de nutrientes a la planta. Esto con el aporte de fuentes de nutrientes naturales preferiblemente de disponibilidad local y de fácil acceso.

Otra técnica es la combinación de fuentes de nutrientes de tipo orgánica y química con la finalidad de suplir el 100% de los nutrientes a la planta en el momento que los requiera; esto debido a que las fuentes orgánicas en la mayoría no llegan a cubrir la totalidad de los requerimientos del cultivo a la hora que los necesita.

En la actualidad se dispone de fertilizantes orgánicos de origen comercial o industrial que es otra opción a la hora de hacer el plan de fertilización del cultivo de arroz orgánico.

Las fuentes que se necesitan para producir los fertilizantes van desde estiércoles de rumiantes domésticos, restos de pescados y cangrejos y abonos verdes como leguminosas. La fertilización orgánica requiere de una planificación ya que actúa de manera lenta en comparación con los fertilizantes químicos, por lo que se recomienda aplicaciones entre cada 15 y 30 días para asegurar cosechas saludables. También es importante aplicarla de manera preventiva en el control de plagas para evitar el uso de tóxicos en la cosecha

No existe a ciencia cierta la mejor técnica de producción orgánica del cultivo de arroz a nivel comercial, pero si se recomienda como parte del manejo integral del cultivo, que incluya la incorporación de soca y restos vegetales, así como el uso de fertilizantes orgánicos comerciales.

RECOMENDACIONES

Es muy importante señalar que hay que seguir los estudios en la fertilización orgánica en arroz y otros cultivos comerciales extensivos por todos los beneficios que presenta, tanto ambiental, salud y económico.

La diversidad de suelos y sus características requieren de estudios específicos con la fertilización orgánica para aprovechar los beneficios que le aporta al mejoramiento de los suelos y en general a todo el ambiente de cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo, MA; Castrillo, WA; Belmonte, UC. 2006. Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical* 56(2):151-170.
- Agropinos. 2022. Fertilizantes orgánicos y sus beneficios (en línea, sitio web). Consultado 20 feb. 2024. Disponible en <https://www.agropinos.com/blog/las-ventajas-de-los-fertilizantes-organicos>.
- Arana, CJ. 2021. Efecto de bioestimulante en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oriza sativa* L.), Simón Bolívar, Guayas (en línea). Milagro, Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ARANA%20GONZALEZ%20CRISTHIAN%20JOEL.pdf>.
- Bastidas, G; Abrahán, L. 2016. Prueba de la eficiencia del fertilizante orgánico biofungi en el rendimiento del cultivo de *Brassica oleracea* L, var. Avenger (Brócoli). (en línea). s.l., s.e. Consultado 12 mar. 2024. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Prueba-de-la-eficiencia-del-fertilizante-org%C3%A1nico-Bastidas-Abrah%C3%A1n/ec5930aedac422d72fced2e58aed416eb1affa04>.
- Briseno, E. 2019. ¿Qué es la Fertilización Orgánica? (en línea, sitio web). Disponible en <https://mountainsideorganicos.com/blogs/cultivar/que-es-la-fertilizacion-organica>.
- Camarena Mayta, F; Chura Chunquija, J; Blas Sevillano, RH. 2014. Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas (en línea, sitio web). Consultado 20 feb. 2024. Disponible en https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/MEJORAMIENTO_GENETICO_Y_BIOTECNOLOGICO_DE_PLANTAS.pdf.
- Cambiagro. 2021. Necesidades nutricionales para el cultivo de arroz - blog.cambiagro.com (en línea, sitio web). Consultado 14 feb. 2024. Disponible en <https://blog.cambiagro.com/2021/08/22/necesidades-nutricionales-para-el-cultivo-de-arroz/>.

Castilla Lozano, LA; Tirado Ospina, YC. 2018. Guía para la fertilización del arroz (en línea). s.l., s.e. Consultado 16 feb. 2024. Disponible en https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fertilizacion.pdf.

_____. 2019. Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fundamentos_nutricion.pdf.

Castro-Rincón, E; Mojica-Rodríguez, JE; Carulla-Fornaguera, JE; Lascano-Aguilar, CE. 2018. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana* 29(3):711-729.

Cervantes-Vázquez, TJÁ; Preciado-Rangel, P; Fortis-Hernández, M; Valenzuela-García, AA; García-Hernández, JL; Cervantes-Vázquez, MG. 2022. Efectos en el suelo por la aplicación de estiércol bovino y vermicompost, en el cultivo de sandía (*Citrullus lanatus*) (en línea). *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA* 40. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>.

Cunningham Laureano, M. 2021. Diseño de un proceso logístico de recolección de residuos orgánicos para su posterior valorización bajo los principios de economía circular (en línea). s.l., s.e. . Disponible en https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/85152/TFG_Dise%C3%B1o%20de%20un%20proceso%20log%C3%ADstico%20de%20recoleccion%C3%B3n.pdf?sequence=1.

De Siervi, MS; Grandoli, I; Fabrizio De Iorio, A. 2023. Estudio del impacto de la producción orgánica en planteos mixtos (agrícola-ganaderos) sobre algunos indicadores de calidad del suelo. *FAVE Sección Ciencias Agrarias* 1(22):e0001. DOI: <https://doi.org/10.14409/fa.2023.22.e0001>.

El Universo. 2022. Arroz orgánico se cosecha en biocorredor del estuario del río Portoviejo (en línea). s.l., s.e.; 3 feb. Consultado 27 feb. 2024. Disponible

en <https://www.eluniverso.com/noticias/ecuador/arroz-organico-se-cosecha-en-biocorredor-del-estuario-del-rio-portoviejo-nota/>.

Estupiñan Cordova, LF. 2017. Factibilidad de implementación del proceso de producción orgánica y comercialización de la moringa oleífera en la finca Valeria. Guayas (en línea). s.l., s.e. Consultado 23 feb. 2024. Disponible en <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198075604>.

FAO. (2005). Perspectivas alimentarias. sistema mundial de información y alerta sobre la agricultura y la alimentación (SMIA) (en línea). s.l., s.e. (Arroz). Consultado 7 feb. 2024. Disponible en <https://www.fao.org/3/j6801s/j6801s05.htm>.

Fierro Miguez, SM. 2017. "fectos de fertilizantes orgánicos sobre el rendimiento del grano en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) (en línea). bachelorThesis. s.l., Babahoyo: UTB, 2017. Consultado 27 feb. 2024. Disponible en <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5046>.

Friedrich, T. 2017. Manejo sostenible de suelo con Agricultura de Conservación. Significado para el cultivo de arroz. Revista Ingeniería Agrícola 7(1):3-7. DOI: <http://dx.doi.org/>.

Gaibor, JDR. 2017. Eficiencia agronómica del arroz INIAP-17 con niveles de fertilización química y biológica en el Litoral Ecuatoriano. Journal of Science and Research 2(6):10-15. DOI: <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol2iss6.2017pp10-15>.

Geney Reyes, LM; Rojas Gutiérrez, CF; Mendoza Geney, AJ. 2023. Estudio de la viabilidad técnica y ambiental para la valorización de residuos orgánicos producidos en la plaza de mercado de Corabastos - Bogotá a través del proceso de digestión anaerobia (en línea) (En accepted: 2023-10-20t13:15:02z). . Consultado 20 feb. 2024. Disponible en <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/5653>.

González, X. 2021. Claves para optimizar la fertilización en los cultivos de arroz - (en línea, sitio web). Consultado 17 feb. 2024. Disponible en

<https://redagricola.com/claves-para-optimizar-la-fertilizacion-en-los-cultivos-de-arroz/>.

Gutiérrez, M; Bermúdez, FL. 2017. Efecto de la fertilización orgánica combinada con NPK en cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.): Análisis Económico. s.l., s.e. DOI: <https://doi.org/10.26820/RECIMUNDO/1.5.2017.884-892>.

Gutiérrez Ramírez, LA; Arango Orozco, MJ. 2017. Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos (en línea). Thesis. s.l., Corporación Universitaria Lasallista. . Consultado 27 feb. 2024. Disponible en <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace//handle/10567/2036>.

Herrera, A; Samuel, A. 2011. Efectos de la fertilización orgánica después de la roturación del suelo en el cultivo de banano (en línea). s.l., s.e. Consultado 12 mar. 2024. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Efectos-de-la-fertilizaci%C3%B3n-org%C3%A1nica-despu%C3%A9s-de-la-Herrera-Alfredo/d67d8bcd59e9e9b7ce870663dacb33489ec8e3ec>.

Intagri. 2022. Los Abonos Orgánicos. Beneficios, Tipos y Contenidos Nutrimientales | Intagri S.C. (en línea, sitio web). Consultado 7 feb. 2024. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/los-abonos-organicos-beneficios-tipos-y-contenidos-nutrimientales>.

Jorge. 2019. Qué son los Abonos Orgánicos y Tipos (en línea, sitio web). Consultado 6 feb. 2024. Disponible en <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/hogar/articulo/que-son-los-abonos-organicos-y-tipos-49547.html>.

Linnaeus, C. 1753. Species Plantarum | (en línea, sitio web). Consultado 7 feb. 2024. Disponible en <https://www.ipni.org/p/1071-2>.

Loor Zambrano, LM; Proaño Cantos, VL. 2022. Efectividad de la fertilización orgánica en el crecimiento y rendimiento del cultivo de arroz, en la zona de Santa Teresa-Charapotó (en línea). bachelorThesis. s.l., Calceta: ESPAM

MFL. . Consultado 14 feb. 2024. Disponible en <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1871>.

Martiz Alvarado, EJ. 2017. Efecto de la fertilización orgánica combinada con NPK en cultivo de arroz *Oryza sativa* L. (en línea). . Consultado 14 feb. 2024. Disponible en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/17956>.

Matos-Pech, G; Arcocha-Gómez, E; López-Hernández, MB; Garma-Quen, P; González-Valdivia, NA; Echavarría-Góngora, E de J. 2022. Efecto de abonos verdes inoculados en las propiedades químicas de un luvisol férrico de Campeche, México (en línea). *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA* 40. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.933>.

Mora Gutiérrez, MC; López Bermúdez, FL; Falconi Moreano, IC; Tandazo Falquez, NP. 2017. Efecto de la fertilización orgánica combinada con NPK en cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.): Análisis Económico. *RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento* 1(5):884-892.

Pajuelo, L; Minchon-Medina, CA; Paredes-López, LR. 2023. Efecto multivariado de mezclas de fertilizantes orgánicos e inorgánicos sobre el crecimiento de *Lactuca sativa* L. *Manglar* 20(2):131-137. DOI: <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.015>.

Pinzón Moreno, IF; Fuentes Rojas, EA. 2022. Factibilidad del uso de técnicas y procesos de la agricultura orgánica para el manejo y mantenimiento fitosanitario del cultivo de limón común en la finca Cerco de Piedra en el municipio de Villa vieja Huila. *Ingeniería y Región* 28:17-34. DOI: <https://doi.org/10.25054/22161325.3591>.

Q. Osorio, MY. 2016. "Evaluación del desarrollo vegetativo del cultivo de fresa (*Fragaria* spp.) mediante dos tipos de fertilización (orgánica y química) utilizando el abono orgánico mediante la técnica del compost, Lima-2016" (en línea). s.l., s.e. Consultado 18 feb. 2024. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/%E2%80%9CEvaluaci%C3%B3n-del-desarrollo-vegetativo-del-cultivo-y-Osorio-Yovany/dad8372c6b24dfba7c4b396d86498be959c33c84>.

- Rajan, J. 2023. Transforming Waste into Nutrient-Rich Soil: The Benefits of Composting for Sustainable Agriculture - Organica Biotech (en línea, sitio web). Consultado 20 feb. 2024. Disponible en <https://organicabiotech.com/transforming-waste-into-nutrient-rich-soil-the-benefits-of-composting-for-sustainable-agriculture/>.
- Rodríguez-Ortiz, JC; Rojas-Velásquez, M; Alcalá-Jáuregui, JA; Díaz-Flores, PE; Carballo-Méndez, FJ. 2021. Ensayo en invernadero de abonos verdes sobre las propiedades del suelo, producción de acelga e implicaciones ambientales | Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (en línea). . Consultado 20 feb. 2024. Disponible en <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2104>.
- Rojas-Velázquez, M; Rodríguez-Ortiz, JC; Alcalá-Jáuregui, JA; Díaz-Flores, PE; Carballo-Méndez, FJ; Zúñiga Valenzuela, E; Rojas-Velázquez, M; Rodríguez-Ortiz, JC; Alcalá-Jáuregui, JA; Díaz-Flores, PE; Carballo-Méndez, FJ; Zúñiga Valenzuela, E. 2020. Ensayo en invernadero de abonos verdes sobre las propiedades del suelo, producción de acelga e implicaciones ambientales. Revista mexicana de ciencias agrícolas 11(4):945-951. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2104>.
- Sánchez Verdejo, T. 2022. Estudio de la fracción húmica de diferentes fertilizantes húmicos comerciales (en línea). s.l., s.e. Consultado 20 feb. 2024. Disponible en <https://www.semanticscholar.org/paper/Estudio-de-la-fracci%C3%B3n-h%C3%BAmica-de-diferentes-h%C3%BAmicos-Verdejo/cfefb4eed6492cea7b49687f040190ecd204a976>.
- Sayara, T; Basheer-Salimia, R; Hawamde, F; Sánchez, A. 2020. Recycling of Organic Wastes through Composting: Process Performance and Compost Application in Agriculture. Agronomy 10(11):1838. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111838>.
- Statista. 2023. Cultivo orgánico: países con mayor superficie de producción del mundo (en línea, sitio web). Consultado 17 feb. 2024. Disponible en

<https://es.statista.com/estadisticas/542958/paises-con-la-mayor-superficie-de-cultivo-organico-en-el-mundo/>.

Unión Europea. (2020). Fertilización nitrogenada orgánica y mineral del cultivo de arroz en Aragón (en línea). Aragón, Gobierno de Aragón. Consultado 14 feb. 2024. Disponible en https://citarea.cita-aragon.es/bitstream/10532/5290/1/2021_080.pdf.

US EPA, O. 2020. Animal Feeding Operations - Uses of Manure. Overviews and Factsheets (en línea, sitio web). Consultado 20 feb. 2024. Disponible en <https://www.epa.gov/npdes/animal-feeding-operations-uses-manure>.

Vanegas Chacón, EA. 2008. Abonos verdes: una fuente de nitrógeno para la agricultura orgánica. Tikalia / Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala (26):24-34.

Wei, Y; Wang, N; Lin, Y; Zhan, Y; Ding, X; Liu, Y; Zhang, A; Ding, G; Xu, T; Li, J. 2021. Recycling of nutrients from organic waste by advanced compost technology- A case study. *Bioresource Technology* 337:125411. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125411>.

Xu, P; Shu, L; Li, Y; Zhou, S; Zhang, G; Wu, Y; Yang, Z. 2023. Pretreatment and composting technology of agricultural organic waste for sustainable agricultural development. *Heliyon* 9(5):e16311. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16311>.

Zambrano, CE; Andrade Arias, MS; Carreño Rodríguez, WV. 2019. Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la provincia Los Ríos. *Revista Universidad y Sociedad* 11(5):270-277.

Zhang, H; Schroder, J. (2014). Animal Manure Production and Utilization in the US. s.l., s.e. 1-21 p.

Zuñiga Orozco, A; Jara, KM; Cordero, WP. 2020. Análisis de la eficiencia de la fertilización mediante el uso de Zeolita natural y *Mucuna pruriens* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) bajo condiciones controladas en

microparcelas situadas en Parrita, Puntarenas, Costa Rica. Repertorio Científico 23(2):23-36. DOI: <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.2985>.

ANEXOS

Anexo 1. Comparación de costos de fertilización química y orgánica.
Fuente: Mora Gutiérrez et al. (2017)

Rubros	U/M	Tratamientos							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Rendimientos brutos	(kg/ha)	4864	5656	5876	5979	5339	6004	6282	6288
Rendimientos ajustados (5%)	(kg/ha)	4620	5374	5582	5677	5072	5704	5968	5974
Beneficio bruto	(USD/ha)	1710	1988	2065	2101	1877	2110	2208	2210
Costos del Fertilizante NPK	(USD/ha)	55	55	55	55	110	110	110	110
Costos del Naturcomplet -G	(USD/ha)	0	22	44	66	0	22	44	66
Total de costos variables	(USD/ha)	55	77	99	121	110	132	154	176
Beneficio neto	(USD/ha)	1655	1911	1966	1980	1767	1978	2054	2031

Anexo 2. Plan fertilización orgánica para el cultivo de arroz
Fuente: Loo Zambrano y Proaño Cantos (2022).

Fuentes	kg o L ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S	Si
Compost*	1000 kg	21	10	15				
Nitrato de Chile natural**	100 kg	15		2				
Harina de sangre**	150 kg	20						
Extracto de algas**	100 kg	2	2	2				
Sulfato de potasio natural**	100 kg			52				18
Roca fosfórica*	200 kg		36		2	44	4	
Yeso agrícola*	200 kg					52	36	
Harina de rocas*	200 kg	2	6	2	24	48	24	60
Azototic*** (Bacterias fijadoras de N)	2 L	40						
Total		100	54	73	26	144	82	60

* Serán aplicados 100 % al trasplante
 ** Serán aplicados al inicio del macollamiento
 *** Será aplicado 50 % al trasplante y 50 % al inicio del macollamiento