

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS_ ELMER _ LEODAN - 2024 -15_1.2.
docx**

RECuento DE PALABRAS

5744 Words

RECuento DE CARACTERES

32251 Characters

RECuento DE PÁGINAS

16 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.4MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 18, 2024 4:14 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 18, 2024 4:14 PM GMT-5

● 4% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Material citado

Uso de Abonos Verdes de *Canavalia ensiformis* y *Crotalaria juncea* para reducir la dependencia de fertilizantes químicos en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.)

Elmer Rodríguez¹, Leodan Rosillo¹, Yuri Arévalo², Edson Torres³

¹EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú – Filial Tarapoto.

²Instituto Nacional de Innovación Agraria - PI Suelos Aguas y Foliares - EEA El Porvenir.

³Instituto Nacional de Innovación Agraria - PN de Arroz de la - EEA El Porvenir.

RESUMEN

Los abonos verdes son cultivos de cobertura, principalmente leguminosas de rápido crecimiento, que se siembran para mejorar la fertilidad y las propiedades físicas del suelo. Al descomponerse, liberan materia orgánica y nutrientes esenciales a para los cultivos posteriores. Además, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, ayudando a reducir el uso de fertilizantes químicos. En la región de San Martín, el uso de abonos verdes ha sido poco investigado, ya que actualmente no se dispone de referencias que respalden la existencia de estudios sobre esta práctica agrícola. La presente investigación se realizó en la Estación Experimental Agraria El Porvenir del INIA - San Martín, donde se evaluaron dos especies de leguminosas (*Canavalia ensiformis* y *Crotalaria júncea*) en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Se implementaron tres tratamientos: Canavalia, Crotalaria y un control sin abono verde, junto a dos niveles de fertilización química (100% y 75%). El diseño experimental adoptado fue el de parcelas divididas, organizado en cuatro bloques. Los resultados mostraron que el uso de abonos verdes incrementa el rendimiento a una dosis de 75 % de fertilización más abono verde. Canavalia se incrementó a 3,38%, mientras que Crotalaria a un 9,65% de producción. Además, los abonos verdes, especialmente Canavalia (4,95%) y Crotalaria (7,65%), reduce la incidencia del Virus de Hoja Blanca en comparación con el control (7,77%). Esto mejora la productividad y sostenibilidad agrícola y permite maximizar los beneficios ambientales y económicos.

Palabra clave: Abonos verdes, Leguminosas, Fertilidad de suelo, Nitrógeno atmosférico

ABSTRACT

Green manures are cover crops, mainly fast-growing legumes, which are planted to improve soil fertility and physical properties. As they decompose, they release organic matter and essential nutrients for subsequent crops. In addition, they have the ability to fix atmospheric nitrogen, helping to reduce the use of chemical fertilizers. In the region of San Martín, the use of green manures has been little researched, since there are currently no references to support the existence of studies on this agricultural practice. This research was carried out at the Porvenir Agricultural Experimental Station of INIA - San Martín, where two species of legumes (*Canavalia ensiformis* and *Crotalaria júncea*) were evaluated in the rice crop (*Oryza sativa*). Three treatments were implemented: Canavalia, Crotalaria and a control without green manure, along with two levels of chemical fertilization (100% and 75%). The experimental design adopted was that of divided plots, organized in four blocks. The results showed that the use of green manures increases yield at a dose of 75% fertilization plus green manure. Canavalia increased to 3.38%, while Crotalaria to 9.65% of production. In addition, green manures, especially Canavalia (4.95%) and Crotalaria

(7.65%), reduce the incidence of White Leaf Virus compared to control (7.77%). This improves agricultural productivity and sustainability and maximizes environmental and economic benefits.

Keywords: Green manures, Legumes, soil fertility, Atmospheric nitrogen

I. INTRODUCCIÓN

Con la llegada de la revolución verde, se implementaron diversas políticas y programas agrícolas con el fin de aumentar la producción de alimentos. Estas iniciativas se basaron en la introducción de nuevas variedades de cultivos, uso extensivo de fertilizantes químicos y la acogida nuevas y modernas tecnologías de productivas (Khan et al., 2020). El Perú tuvo un impacto significativo en el sector agrícola, especialmente en los cultivos de arroz, maíz, y trigo, ya que estas ayudaron en la mejora de la productividad, reduciendo la dependencia en las importaciones de alimentos y ayudando a salvaguardar la seguridad alimentaria en el país (Cuvi, 2020). Sin embargo, acciones como el uso extensivo de fertilizantes químicos, han provocado impactos negativos en la salud del suelo, como: la salinización, degradación y alteración de la estructura, la composición y la porosidad para el crecimiento de las raíces (Yao et al., 2021).

El cultivo de *Oryza sativa* L. (arroz) en el Perú es de aproximadamente 413 mil hectáreas, beneficiando a un aproximado de 150 mil agricultores a nivel nacional, con una contribución de 8.7% de la superficie agrícola. En el 2020 la producción fue de 3,4 millones de toneladas de arroz en bruto (MIDAGRI, 2020). La región San Martín, actualmente es una de las principales productoras de este cultivo, abarca una extensión 120 mil hectáreas (GORESAM, 2021). Sin embargo, el rendimiento productivo se ha visto afectado, cayendo en un 43% de la producción, debido a la deficiente fertilización por los elevados costos de urea y otros fertilizantes necesarios para mejorar la producción, hecho que ha afectado la economía local y sobre todo a los agricultores, según la Sociedad de Comercio Exterior del Perú (Comex Perú, 2022).

A inicios del año 2022, la agricultura ha sido afectada por el incremento de los costos de los insumos agrícolas debido al conflicto entre Rusia y Ucrania, hecho que ha perjudicado significativamente a los agricultores a nivel mundial (State et al., 2022). Los altos costos de precios y producción de fertilizantes sintéticos necesarios para la producción de cultivos han puesto en riesgo los ingresos económicos de los agricultores y ha generado un riesgo en la salud alimentaria. Rusia y Ucrania son proveedores importantes de fertilizantes e insumos necesarios para la producción en otros países, este acontecimiento ha provocado la disponibilidad de fertilizantes y ha desencadenado posibles impactos de mediano y largo plazo para el sector agrícola (Granados & González, 2022).

Frente a este problema se plantea utilizar una tecnología sostenible y amigable con el medio ambiente, que consiste la incorporación de abonos verdes en el suelo, con el fin de mejorar la estructura del suelo y reducir la dependencia de fertilizantes químicos en la agricultura (Abera & Gerkabo, 2020). En el caso del cultivo de arroz, los abonos verdes consisten en la siembra de leguminosas como (*Canavalia ensiformis* y *Crotalaria juncea*) en los campos de arroz, durante los períodos de descanso o entre las temporadas de cultivo. Estas especies de leguminosas tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y acumular nutrientes en sus tejidos, mejorando la estructura y la fertilidad del suelo (Céspedes et al., 2022).

En la investigación de Zhang et al. (2023), indican que el uso de abonos verdes aportó 76,5 kg ha⁻¹ en la parcela tratada con abonos verdes, que representa el 25,5% y 15,8% del aporte total de nitrógeno (N) y potasio (K) químico. Además, la incorporación de abonos verdes mejora el contenido de materia orgánica y promueve la activación de los nutrientes en el suelo a 62.5%,

respectivamente, sobre el control en el N inicial del suelo, lo que implica que la incorporación de abonos verdes en el suelo tuvo un efecto positivo.

Abera & Gerkabo (2020) señalan que, las leguminosas utilizadas como abono verde y su tiempo de descomposición muestran que el nitrógeno residual del suelo aumentó entre un 52.1% y un 63.1%, y entre un 52.6% y un 62.5%, respectivamente, en comparación con el control inicial del suelo. Esto implica que la incorporación de abonos verdes en el suelo tuvo un efecto positivo. Además, los resultados demuestran que los abonos verdes pueden ser una fuente alternativa de fertilizantes orgánicos para mejorar las propiedades químicas del suelo y mejorar la salud del suelo para la producción sostenible de cultivos a largo plazo (Islam et al., 2019).

4 En Brasil, se realizaron estudios en cultivos de arroz con Nitrógeno químico (Urea) y abono verde de leguminosas de *Crotalaria júncea* y *Mucuna atterrona*; demostrando que estas fueron una buena alternativa como fuente de Nitrógeno, ya que aportaron un equivalente de 40 kg/ha en la producción de granos de arroz (Castro et al., 2018).

Esta investigación tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de abonos verdes preparados a partir de Canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) y Crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) para mejorar la fertilidad del suelo, reducir parcialmente el uso de fertilizantes nitrogenados e incrementar el rendimiento en el cultivo de arroz.

7

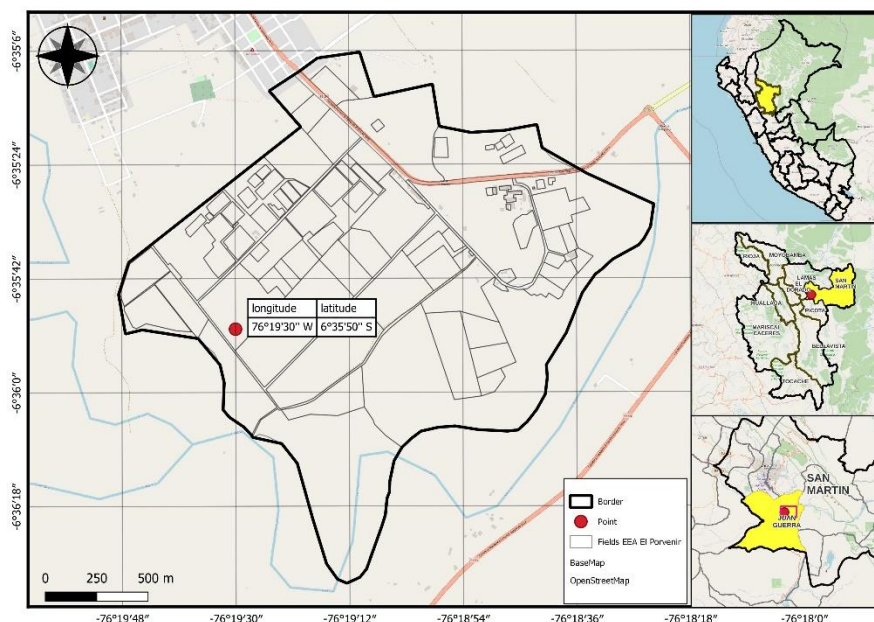
II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de Estudio

La presente investigación se realizó en los campos experimentales del programa arroz de la Estación Experimental Agraria “El Porvenir” (EEA- El Porvenir) (S: 6°35'50'', O: 76°19'30'', altitud 219 m s. n. m.) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), entre los meses de junio del 2022 a marzo del 2023. 5 Ubicado en el Km 14.5 de la carretera Marginal Sur del Distrito de Juan Guerra, Provincia y Departamento de San Martín. Este distrito presenta una temperatura máxima de 34.4 °C y mínima de 21.5 °C, con una humedad relativa de 72.8% y una precipitación de 2.4 mm durante los últimos 12 meses (SENAMHI,2022).

Figura 1:

Ubicación geográfica del área de estudio



2.2 Metodología

2.2.1 Diseño experimental

Para la presente investigación, se utilizó el diseño experimental de parcelas divididas, estas estaban divididas en 4 bloques con 8 parcelas principales con un total de 24 unidades experimentales (u.e). Cada parcela principal se subdividió en 3 subparcelas en las que a cada una se le asignó un factor tratamiento con abono verde. Canavalia, Crotalaria y un tratamiento Control. Para el factor dosis de fertilización se utilizó el 100% equivalente a $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$ y el 75% equivalente a $135 \text{ kg de N ha}^{-1}$, tal como se muestra en la figura 2.

Figura 2:

Diseño experimental de la investigación



2.2.3 Muestreo y análisis de suelos

Se realizaron 3 muestreos de suelos, muestro inicial previo a la siembra de abonos verdes, muestreo después de la incorporación y muestreo al finalizar la cosecha. Estos muestreos se realizaron a una profundidad de 30 cm. Posteriormente, se realizaron los análisis de caracterización según la metodología para cada parámetro. Estos análisis se realizaron en la Estación Experimental Agraria – El Porvenir (EEA- El Porvenir) del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA).

Tabla 1:*Metodología para el análisis y caracterización de suelos*

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
pH	EPA 9045D, Rev. 4, 2004. Soil and waste pH. I
Conductividad Eléctrica	ISO 11265, First Edition. 1994. Soil Quality. Determination of the Specific Electrical Conductivity.
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de diciembre 2002). ítem 7.1.9 AS-09.2002. Determinación de la textura del suelo por procedimiento de Boyucos.
Materia Orgánica	² Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de diciembre 2002). ítem 7.1.7 AS-07. 2002. Contenido de Materia Orgánica por el metodo de Walkley y Black.
Nitrógeno Total	ISO 11261, First Edition. 1995. Soil Quality. Determination of total nitrogen. Modified Kjeldahl Method.
Fosforo Disponible	¹ Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Segunda Sección (31 de diciembre 2002). ítem 7.1.11 AS-11. 2002. Determinación de Fosforo extraíble en suelos neutros y ácidos. Procedimiento de Bry y Kurtz.
Potasio Disponible	EPA 6020 B Rev.2. (Validado - Modificado) 2014. INDUCTIVELY COUPLED PLASMA—MASS SPECTROMETRY.
Carbonatos	³ Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Segunda Sección (31 de diciembre 2002). ítem 7.3.25 AS-29. 2000. Determinación de los carbonatos de calcio por el metodo de neutralización ácida.
CICe	⁶ Manual de Procedimientos de los análisis de suelos y aguas con fines de riego, Lima-Perú (marzo 2017).

Fuente: Informe de Ensayo N° 05011-23/SU/ LABSAF - El Porvenir ¹⁰ Laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo de acreditación Inacal -DA con Registro N° LE-200.

2.2.4 Siembra e incorporación de abonos verdes

Después de realizar el primer muestreo de suelo, se realizó la siembra de los abonos verdes los días 9 y 10 de junio del 2022, tomando en cuenta las siguientes consideraciones: para la siembra de canavalia se colocaron 3 semillas por golpe ha una densidad de 40x40 cm, mientras que para crotalaria, se utilizó 10 semillas por golpe de 30x40 cm. Esta etapa tuvo una duración aproximada de 70 días hasta que alcance la floración. Así mismo, para determinar cantidad de materia seca y nitrógeno incorporado por los abonos verdes, se tomaron muestras de plantaciones de la parte central de cada subparcela representado en 1 m². El peso seco se determinó pesando las muestras secas 60 °C después de 72 horas y el contenido de N se determinó por el método Kjeldahl. Posteriormente, se pasó maquinaria para la demolición de las plantaciones a una profundidad de 30 cm y se dejó en reposo por 98 días. Durante este tiempo se esperó que las leguminosas realicen la actividad microbiana, facilitando la biodisponibilidad y absorción de nutrientes en la mejora de las condiciones del suelo.

2.2.5 Manejo agronómico del cultivo O. Sativa

En esta etapa, se ejecutó la siembra y el manejo agronómico mediante dos fases definidas, el almácigo y el trasplante al campo definitivo. El sistema de siembra para esta investigación fue bajo riego y al trasplante, la variedad que se utilizó fue el INIA 507 - La Conquista.

2.2.6 Preparación de Almácigo

Esta etapa tuvo una duración de 30 días, iniciando con la preparación del terreno y por el proceso de remojo y germinación con una duración aproximada de 24 a 48 horas, consecutivamente se realizó el abrigo que también tiene una duración de 24 a 48 horas y finalmente con el voleo de semillas dentro del área de almaciguera. Después de 8 a 10 días se aplicó las primeras láminas de agua, ya que la planta alcanza una altura de 10 cm, además se realizó las primeras evaluaciones para identificar posibles plagas y nematodos en las plantaciones. En esta etapa, también se aplicó la primera fertilización nitrogenada (Urea) más no fósforo (P) ni potasio(K), ya que estos son microelementos estimulantes que permiten el enraizamiento de las plantaciones, por lo cual no se aplicó a fin de evitar que las plantas se vuelvan más consistentes al momento del trasplante.

2.2.7 Instalación en campo definitivo

En esta siguiente etapa, tuvo una duración de 31 a 140 días, que consistió en la preparación del terreno, para ello se utilizó maquinarias como rastra, motocultor con la finalidad de nivelar el área de siembra. La densidad de siembra fue de 25 cm x 25 cm, con 4 plantas por golpe, es decir 16 golpes o plantas por m². En cuanto a la fertilización, se utilizó 2 dosis, la primera con el 100% de nitrógeno que normalmente aplican los agricultores y la segunda con un 75% de nitrógeno.

La aplicación se realizó en dos partes de 50%, la primera a los 40 días y la segunda los 55 días después de la siembra, además se tomó en cuenta el nitrógeno incorporado mediante los abonos verdes, para ello se realizó los cálculos respectivos según el área de cada parcela. Así mismo se realizaron evaluaciones agronómicas como: macollos enfermos, porcentaje de virus de hoja blanca, número de macollos por metro cuadrado, número de panículas por metro cuadrado, porcentaje de humedad en grano cosechado, rendimiento con humedad de campo y rendimiento menos el 14% de humedad, estas 3 últimas evaluaciones se realizaron al finalizar la cosecha a los 140 días.

2.2.8 Análisis estadístico

Para el análisis de datos se usó el lenguaje y entorno para cómputo estadístico R versión 4.2.1 (R Core Team, 2022) y los paquetes dplyr (Wickham, François, Henry, & Müller, 2022), agricolae (de Mendiburu, 2021) y ggplot2 (Wickham, 2016). Los datos recogidos fueron procesados mediante un ANOVA de dos variables: abono verde y dosis de fertilización y su interacción. Para la comparación de medias se empleó la prueba LSD de Fisher, en ambas pruebas se consideró un nivel de significancia de $P < 0.05$. Para aquellos parámetros que no cumplieron con los supuestos de la prueba ANOVA se utilizó la prueba t-Student con un $P < 0.05$, para determinar si la media de la muestra es estadísticamente diferente.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de abonos verdes

Para determinar diferencias estadísticas en la media, se utilizó la prueba t- Student con un $P < 0.05$, donde se obtuvo que, el promedio de materia seca de Canavalia incorporada en los suelos

fue de 1.85 t/ha, aportando 37.41 kg de nitrógeno/ha, esto corresponde a un contenido de nitrógeno de 2.02 %. Del mismo modo, el promedio de materia seca de Crotalaria incorporado en los suelos fue de 3.59 T ha⁻¹, aportando 129.35 kg de nitrógeno/ha esto corresponde a un contenido de nitrógeno de 3.61 %.

Figura 3:

Diagrama de cajas en función a materia seca

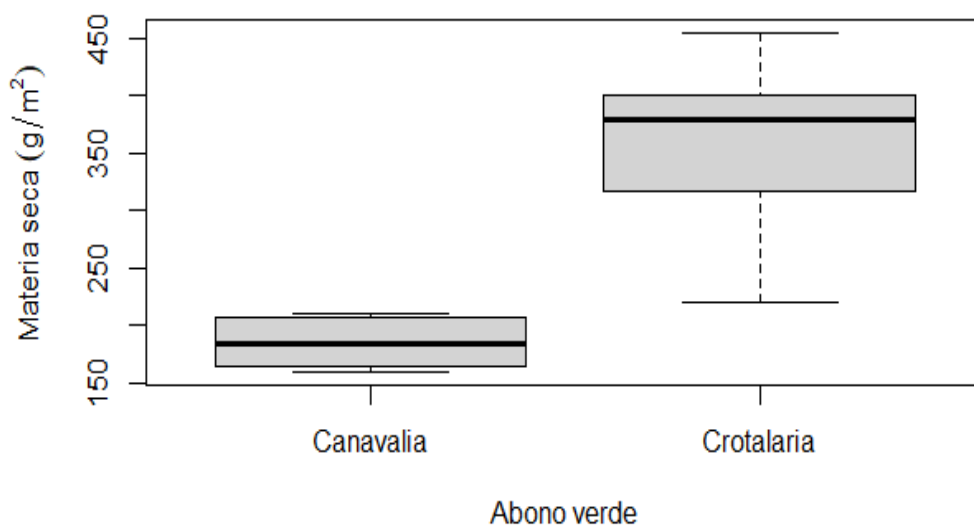
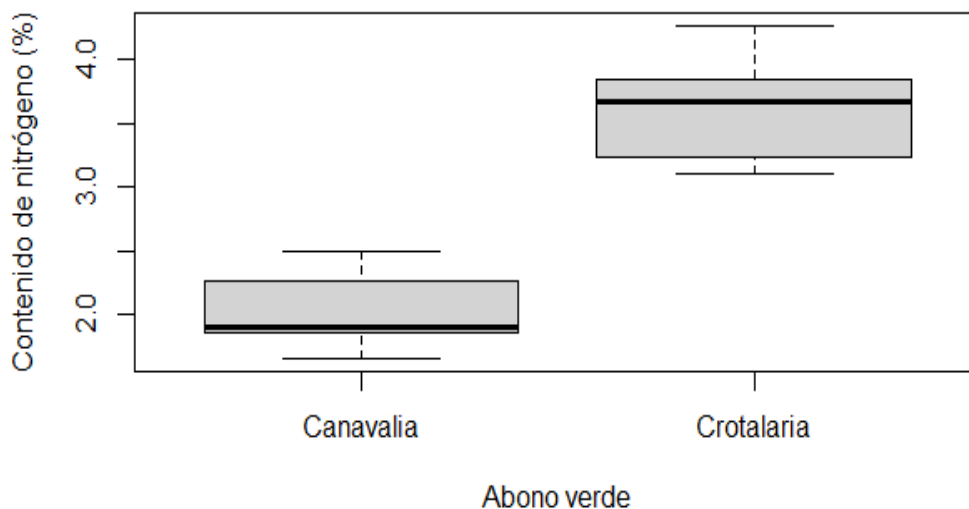


Figura 4:

Diagrama de cajas en función al contenido de Nitrógeno



3.2 Análisis de abono verde con respecto a parámetros agronómicos de O. Sativa

El efecto de los abonos verdes sobre el rendimiento por hectárea mostró que los tratamientos con Canavalia y Crotalaria fueron superiores en un 6,05% y 4,96% respectivamente, en comparación con el tratamiento control. Además, se comprobó que al aplicar una dosis del 75% de fertilización, los tratamientos con Canavalia y Crotalaria obtuvieron un 3,38% y un 9,65% más de rendimiento que el tratamiento Control 75%. De manera similar, los tratamientos con Canavalia al 100% y Crotalaria al 100% presentaron un 8.61% y 0.46% más de rendimiento que el tratamiento control.

Así mismo, los parámetros evaluados con respecto al análisis de varianza ($p < 0.05$) del porcentaje de macollos enfermos con VHB mostró diferencias significativas para el efecto de la subparcela (abono verde) pero no para el tratamiento principal (dosis de fertilizante) o la interacción (dosis de fertilizante por abono verde). La prueba LSD al 5% muestra que existen 2 grupos de significación. El tratamiento con mayor incidencia de VHB es el tratamiento control con una afectación del 7.77 % de los macollos, seguido por el tratamiento Crotalaria con una incidencia de 7.65%, finalmente el tratamiento Canavalia con una incidencia de 4.95%. Los tratamientos control y crotalaria no hubo diferencia significativa entre las medias.

El análisis de varianza ($p < 0.05$) del número de macollos por metro cuadrado, longitud de panícula y el rendimiento por hectárea no mostró diferencias significativas para el efecto de la subparcela, el tratamiento principal o la interacción. Sin embargo, se puede observar que el número de macollos en las parcelas en las que se aplicaron los tratamientos canavalia y crotalaria tienen 1.19% y 5.61% menos macollos que el tratamiento control.

Tabla 2:

Análisis de promedios y desviación estándar de parámetros evaluados

Tratamiento		VHB (%)	NMM (Macollos/m ²)	LP (cm)	NPM (Panículas/m ²)	Rend (kg/ha)
Dosis de fertilizante (DF)						
100%		6.13 ± 3.18 ^a	238.04 ± 45.57 ^a	25.66 ± 1.02 ^a	262.80 ± 10.22 ^a	7926.00 ± 999.58 ^a
75%		7.46 ± 2.72 ^a	258.00 ± 42.19 ^a	25.51 ± 0.86 ^a	259.18 ± 13.86 ^a	7720.83 ± 1169.58 ^a
Abono verde (AV)						
Canavalia		4.95 ± 2.26 ^b	245.44 ± 35.18 ^a	25.83 ± 0.74 ^a	260.57 ± 8.26 ^a	8002.75 ± 692.89 ^a
Control		7.77 ± 2.65 ^a	242.56 ± 53.27 ^a	25.69 ± 1.05 ^a	263.71 ± 15.23 ^a	7546.50 ± 1164.00 ^a
Crotalaria		7.65 ± 3.32 ^a	256.16 ± 50.03 ^a	25.24 ± 0.99 ^a	258.43 ± 13.09 ^a	7921.00 ± 1336.22 ^a
Dosis de Fertilizante x Abono Verde (DF: AV)						
Canavalia	100%	4.85 ± 3.23 ^b	220.38 ± 21.09 ^a	25.75 ± 0.39 ^a	261.00 ± 7.94 ^a	8355.75 ± 599.82 ^a
	75%	5.05 ± 1.19 ^b	270.50 ± 27.72 ^a	25.90 ± 1.05 ^a	260.25 ± 9.71 ^a	7649.75 ± 654.33 ^a
Control	100%	6.45 ± 2.32 ^{ab}	227.75 ± 47.02 ^a	26.03 ± 1.24 ^a	261.25 ± 14.24 ^a	7693.50 ± 1527.68 ^a
	75%	9.10 ± 2.52 ^a	257.38 ± 61.85 ^a	25.35 ± 0.84 ^a	267.00 ± 19.05 ^a	7399.50 ± 1332.17 ^a
Crotalaria	100%	7.08 ± 4.21 ^{ab}	266.00 ± 63.57 ^a	25.20 ± 1.29 ^a	266.67 ± 8.39 ^a	7728.75 ± 774.44 ^a
	75%	8.23 ± 2.68 ^{ab}	246.13 ± 39.19 ^a	25.28 ± 0.78 ^a	252.25 ± 13.30 ^a	8113.25 ± 1569.43 ^a
Bloque - Mean Sq		35.96	6543.4	1.01	234.86	4385261
DF - Mean Sq		10.61	2390	0.14	154.45	252560
Ea - Mean Sq		2.97	2849.9	1.64	32.65	1042828
AV - Mean Sq		20.44**	404.5	0.76	18.76	473463
DF: AV - Mean Sq		3.03	2590.2	0.42	227.52	606432
Eb - Mean Sq		2.39	858	0.79	164.25	632804

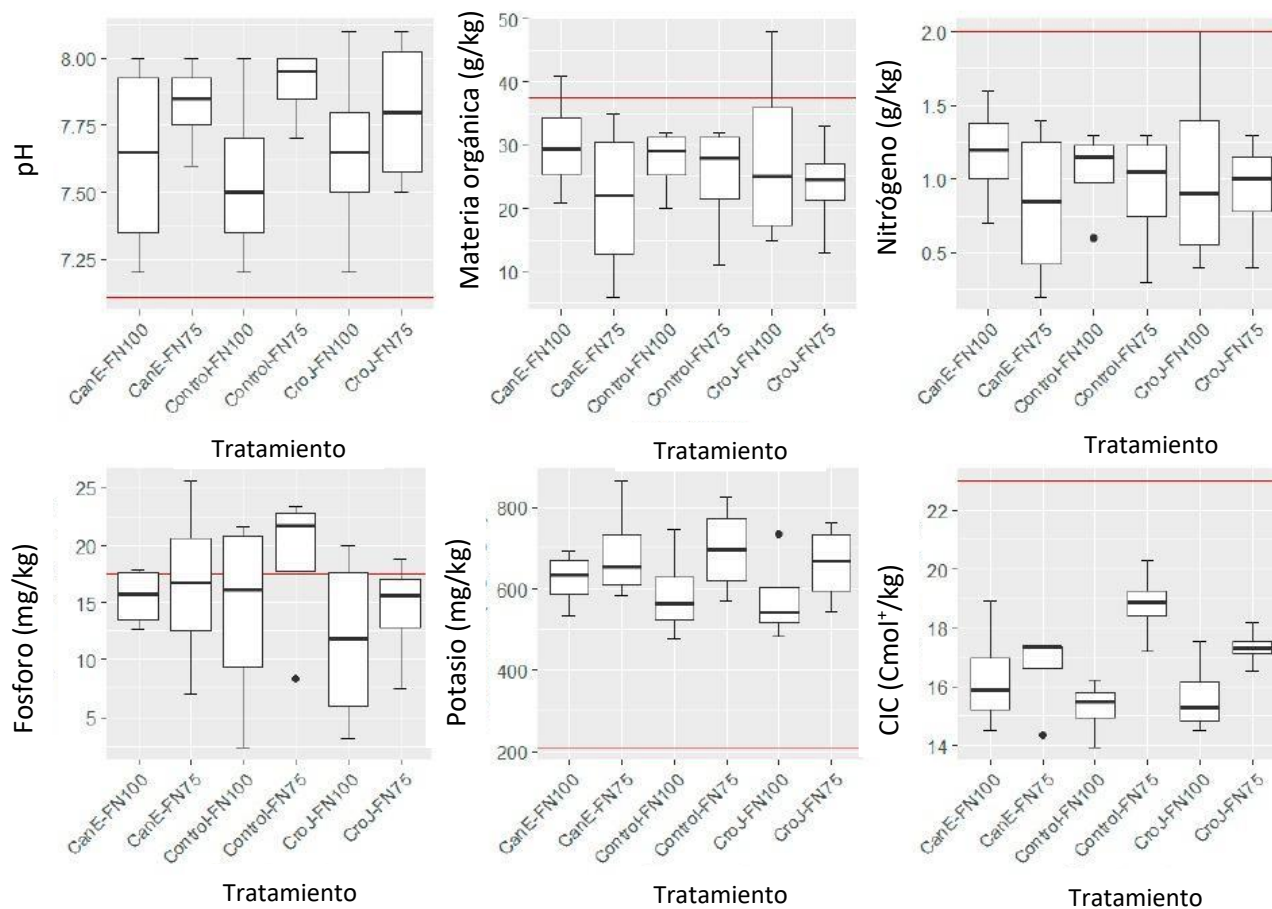
VHB: Virus de hoja blanca, **NMM:** Número de macollos por metro cuadrado, **LP:** Longitud de panícula, **Rend:** Rendimiento, **GP:** Grano pilado. Los datos de la tabla expresan el promedio y la desviación estándar ($\mu \pm \sigma$) de los parámetros evaluados. Aquellos valores con letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$). **, diferencia significativa a un $p < 0.01$. *, diferencia significativa a un $p < 0.05$.

3.3 Análisis fisicoquímico de suelo

La línea roja muestra el resultado inicial, donde se observa que, tras la incorporación del abono verde, los valores de pH del suelo se mantuvieron en un rango básico, incluso en el grupo de control. La cantidad de materia orgánica (MO) mostró una tendencia a disminuir. En cuanto a los macronutrientes, el N disminuyó en contenido significativo, el P disponible mostró valores similares, el K disponible aumentó significativamente, y la CIC mostró valores significativamente más bajos.

Figura 5:

Análisis de suelo posterior a la incorporación de abonos verdes y posterior a la cosecha

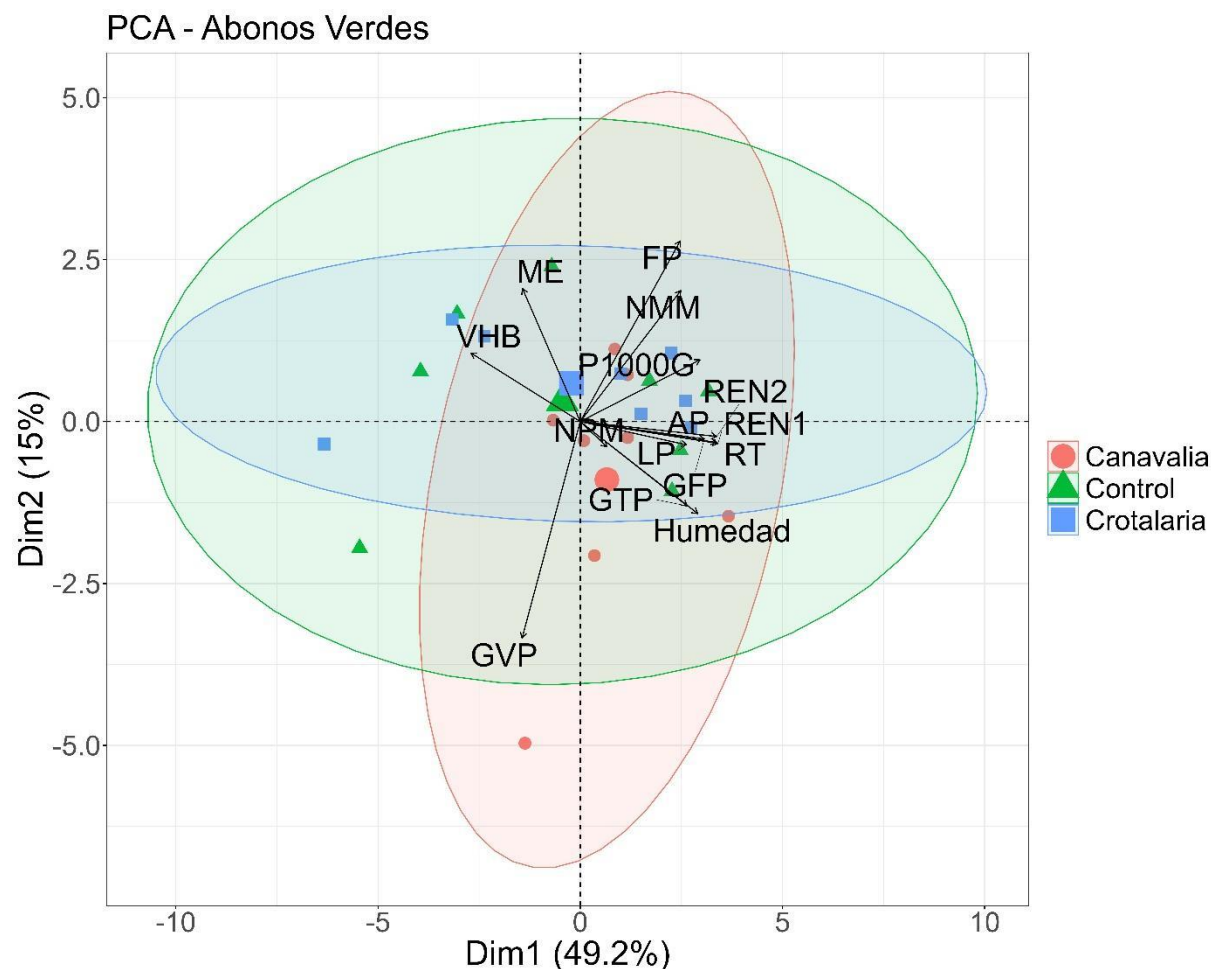


3.4 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales está comparando a dos tipos de abonos verdes: Canavalia, Crotalaria y un control. La Dim1 (49.2%) y la Dim2 (15%) juntas explican el 64.2% de la variabilidad en los datos. De los tres grupos, el de Canavalia forma un grupo claramente separado, indicando características únicas, mientras que el control y Crotalaria están más mezclados, sugiriendo características similares. Las flechas indican la dirección y magnitud de la influencia de las variables, y variables como GFP, GTP y GVP son cruciales para distinguir a Canavalia, ya que tienen flechas largas y apuntan hacia Dim1. Por lo tanto, el análisis revela que Canavalia se diferencia claramente del control y Crotalaria debido a sus características únicas, mientras que estos dos últimos tienen más similitudes entre sí. Las variables GFP, GTP y GVP son clave en esta diferenciación.

Figura 6:

Análisis de componentes principales en función a abonos verdes



IV. DISCUSIÓN

Los abonos verdes han demostrado tener un impacto positivo en el rendimiento del cultivo de arroz. Al utilizar canavalia, se obtuvo 4.95% en la producción, mientras que con crotalaria el incremento fue del 6.05%, a comparación con el tratamiento control. Sin embargo, es importante señalar que estadísticamente no se observaron diferencias significativas entre las variables analizadas. A pesar de esta falta de significancia estadística, la tendencia numérica es clara y sugiere que los abonos verdes pueden tener un efecto positivo en el rendimiento.

Esta tendencia coincide con los hallazgos de Chen et al. (2020), quienes concluyeron que los abonos verdes pueden sustituir parcialmente los fertilizantes químicos sin afectar negativamente el rendimiento de la producción de arroz o la fertilidad del suelo. Esto es relevante, ya que implica una reducción en la dependencia de insumos químicos, promoviendo una agricultura más sostenible.

De manera similar, Castro et al. (2018) sostienen que el uso de abonos verdes puede sustituir hasta un 40% de fertilización nitrogenada sin afectar el rendimiento del cultivo de arroz. Esto no

solo refuerza la viabilidad de los abonos verdes como sustitutos de los fertilizantes químicos, sino que también destaca su potencial para reducir los costos de producción y el impacto ambiental asociado con el uso excesivo de fertilizantes sintéticos.

Chang et al. (2022) van más allá al destacar que los abonos verdes no solo son una alternativa para minimizar el uso de fertilizantes sintéticos, sino que también contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático. Los autores argumentan que esta práctica agrícola puede ayudar a alcanzar varios **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, como **Hambre Cero, Agua Limpia y Saneamiento, Producción y Consumo Responsable, Acción por el Clima y Vida de Ecosistemas Terrestres**. Esto coloca a los abonos verdes en un contexto más amplio, donde su adopción puede ser vista como una respuesta integral del sector agrícola a los desafíos ambientales a nivel mundial.

Por otra parte, en cuanto a la disminución de la materia orgánica (MO) y el nitrógeno (N) en los análisis de suelo, puede explicarse por la actividad microbiana. Barattini & Hepp (2019) indican que los microorganismos descomponen el material orgánico utilizándolo como fuente de energía y nutrientes para su crecimiento y reproducción. Durante este proceso, la materia orgánica se mineraliza, convirtiéndose en formas inorgánicas. Sin embargo, los microorganismos también incorporan el nitrógeno a sus propios tejidos, lo que puede causar una inmovilización temporal del nitrógeno en el suelo. Por lo tanto, a corto plazo, la intensa actividad microbiana puede dar la impresión de que hay una disminución de la materia orgánica y del nitrógeno disponible.

V. CONCLUSIONES

Aunque los resultados estadísticos no muestran diferencias significativas, la evidencia numérica y las investigaciones previas apoyan la eficacia de los abonos verdes en mejorar el rendimiento de los cultivos y reducir la dependencia de fertilizantes químicos. Además, su uso se alinea con los esfuerzos globales para promover la sostenibilidad y combatir el cambio climático, lo que resalta su importancia como una práctica agrícola innovadora y ambientalmente responsable.

El tratamiento control mostró la mayor incidencia de virus de hoja blanca (7.77% de afectación de macollos), seguido por *Crotalaria* (7.65%) y *Canavalia* (4.95%). El rendimiento, *Canavalia* y *Crotalaria* fueron 6.05% y 4.96% superiores al control, respectivamente, al considerar una dosis de fertilización del 75%.

El uso de abonos verdes representa una estrategia viable y beneficiosa para la producción sostenible de arroz en San Martín. Adoptar estas prácticas no solo mejora la salud del suelo y reduce la necesidad de insumos externos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y económica de la región agrícola.

Finalmente, el uso de abonos verdes, a partir de *Canavalia juncea* y *Crotalaria ensiformis*, no solo mejoran la calidad del suelo y reducen la dependencia de fertilizantes químicos, sino que también pueden desempeñar un papel importante en el manejo integrado de plagas y enfermedades, incluyendo el virus de hoja blanca en el arroz.

VI. RECOMENDACIONES

- Sembrar los abonos verdes antes de la temporada de arroz para maximizar sus beneficios. Algunos abonos verdes también pueden sembrarse entre temporadas para mantener la cobertura y mejorar la estructura del suelo durante todo el año.
- Realizar más investigaciones específicas en abonos verdes para el cultivo de arroz en la Región San Martín. Esto puede ayudar a determinar qué tipos de abonos verdes son más efectivos para reducir el uso de fertilizantes químicos sin comprometer el rendimiento del arroz.
- Investigar cómo los abonos verdes, como la crotalaria, pueden ayudar a controlar nematodos en el suelo. Además, considerar otros beneficios, como la mejora de la estructura del suelo y la biodiversidad microbiana, que pueden contribuir a la salud general del suelo y la planta.
- Implementar la rotación de cultivos utilizando abonos verdes. Esta práctica no solo ayuda a prevenir la acumulación de enfermedades específicas del arroz, sino que también puede aumentar la eficiencia del uso de nutrientes y mejorar la fertilidad del suelo a largo plazo.
- Promover la capacitación y la educación entre los agricultores locales sobre las prácticas efectivas de uso de abonos verdes. Esto puede fomentar una adopción más amplia y sostenible de estas técnicas en la agricultura de la región.

VII. REFERENCIAS

- Abera, G., and Gerkabo, H. (2020). Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3), 397–409. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1733536>
- Barattini, P., and Hepp, C. (2019). Mineralización de materia orgánica en los suelos de la Patagonia. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 41(June).
- Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Corulla-Fornaguera, J. E., and Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>
- Céspedes, C., Espinoza, S., and Maass, V. (2022). Nitrogen transfers from legume green manure in a crop rotation to an onion crop using ^{15}N natural abundance technique. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(1), 44–51. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000100044>
- Comex Perú. (2022). Escasez de fertilizantes en el Perú: Amenaza para nuestra agricultura. *Semanario*, 10–12. Retrieved from <https://www.comexperu.org.pe/articulo/escasez-de-fertilizantes-en-el-peru-amenaza-para-nuestra-agricultura#:~:text=En nuestro país%2C existe un, masivo en el país%2C según>
- Cuvi, N. (2020). Experts, agropeons and resistances during the beginnings of the long Green Revolution in the Andes. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 10(3), 38. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2020V10I3.P227-264>
- Gobierno Regional De San Martín, (GORESAM). (2022). Nueva Variedad De Arroz Rinde Más De Diez Toneladas Por Hectárea., 2022. Retrieved from <https://www.regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=5423>.

- Granados, L. C., and Gonz, J. (2022). Situacion actual y perspectivas del mercado de fertilizantes en el mundo. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13848>.
- Islam, M. M., Urmi, T. A., Rana, M. S., Alam, M. S., and Haque, M. M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1), 303–312. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0624-2>
- Khan, M. I., Gwon, H. S., Alam, M. A., Song, H. J., Das, S., and Kim, P. J. (2020). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, 147(November 2019), 103400. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103400>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, M. (2020). Análisis de Mercado 2016 - 2020.
- State, T., Security, F., Wto, S., Note, I., Federation, R., Outlook, O. A., ... Index, P. (2022). Global Fertilizer Markets and Policies: A joint Fao/wto mapping exercise, (March), 1–17.
- Yao, Z., Xu, Q., Chen, Y., Liu, N., Li, Y., Zhang, S., ... Gao, Y. (2021). Leguminous green manure enhances the soil organic nitrogen pool of cropland via disproportionate increase of nitrogen in particulate organic matter fractions. *Catena*, 207(July), 105574. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105574>
- Zhang, J., Nie, J., Cao, W., Gao, Y., Lu, Y., and Liao, Y. (2023). Long-term green manuring to substitute partial chemical fertilizer simultaneously improving crop productivity and soil quality in a double rice cropping system. *European Journal of Agronomy*, 142(730), 126641. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126641>
- Abera, G., and Gerkabo, H. (2020). Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3), 397–409. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1733536>
- Barattini, P., and Hepp, C. (2019). Mineralización de materia orgánica en los suelos de la Patagonia. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 41(June).
- Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Corulla-Fornaguera, J. E., and Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>
- Céspedes, C., Espinoza, S., and Maass, V. (2022). Nitrogen transfers from legume green manure in a crop rotation to an onion crop using ^{15}N natural abundance technique. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(1), 44–51. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000100044>
- Comex Perú. (2022). Escasez de fertilizantes en el Perú: Amenaza para nuestra agricultura. *Semanario*, 10–12. Retrieved from <https://www.comexperu.org.pe/articulo/escasez-de-fertilizantes-en-el-peru-amenaza-para-nuestra-agricultura#:~:text=En nuestro país%2C existe un, masivo en el país%2C según>
- Cuvi, N. (2020). Experts, agropeons and resistances during the beginnings of the long Green Revolution in the Andes. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 10(3), 38. <https://doi.org/10.32991/2237-2717.2020V10I3.P227-264>
- Gobierno Regional De San Martin, (GORESAM). (2022). Nueva Variedad De Arroz Rinde Más De Diez Toneladas Por Hectárea., 2022. Retrieved from

<https://www.regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=5423>.

Granados, L. C., and Gonz, J. (2022). Situacion actual y perspectivas del mercado de fertilizantes en el mundo. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13848>.

Islam, M. M., Urmi, T. A., Rana, M. S., Alam, M. S., and Haque, M. M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1), 303–312. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0624-2>

Khan, M. I., Gwon, H. S., Alam, M. A., Song, H. J., Das, S., and Kim, P. J. (2020). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, 147(November 2019), 103400. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103400>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, M. (2020). Análisis de Mercado 2016 - 2020.

State, T., Security, F., Wto, S., Note, I., Federation, R., Outlook, O. A., ... Index, P. (2022). Global Fertilizer Markets and Policies: A joint Fao/wto mapping exercise, (March), 1–17.

Yao, Z., Xu, Q., Chen, Y., Liu, N., Li, Y., Zhang, S., ... Gao, Y. (2021). Leguminous green manure enhances the soil organic nitrogen pool of cropland via disproportionate increase of nitrogen in particulate organic matter fractions. *Catena*, 207(July), 105574. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105574>

Zhang, J., Nie, J., Cao, W., Gao, Y., Lu, Y., and Liao, Y. (2023). Long-term green manuring to substitute partial chemical fertilizer simultaneously improving crop productivity and soil quality in a double rice cropping system. *European Journal of Agronomy*, 142(730), 126641. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126641>

Abera, G., and Gerkabo, H. (2020). Effects of green manure legumes and their termination time on yield of maize and soil chemical properties. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3), 397–409. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.1733536>

Barattini, P., and Hepp, C. (2019). Mineralización de materia orgánica en los suelos de la Patagonia. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias*, 41(June).

Castro-Rincón, E., Mojica-Rodríguez, J. E., Corulla-Fornaguera, J. E., and Lascano-Aguilar, C. E. (2018). Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. *Agronomía Mesoamericana*, 29(3), 711. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.31612>

Céspedes, C., Espinoza, S., and Maass, V. (2022). Nitrogen transfers from legume green manure in a crop rotation to an onion crop using ^{15}N natural abundance technique. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(1), 44–51. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392022000100044>

Comex Perú. (2022). Escasez de fertilizantes en el Perú: Amenaza para nuestra agricultura. *Semanario*, 10–12. Retrieved from <https://www.comexperu.org.pe/articulo/escasez-de-fertilizantes-en-el-peru-amenaza-para-nuestra-agricultura#:~:text=En nuestro país%2C existe un, masivo en el país%2C según>

Cuvi, N. (2020). Experts, agropeons and resistances during the beginnings of the long Green Revolution in the Andes. *Historia Ambiental Latinoamericana y Caribeña*, 10(3), 38.

<https://doi.org/10.32991/2237-2717.2020V10I3.P227-264>

Gobierno Regional De San Martin, (GORESAM). (2022). Nueva Variedad De Arroz Rinde Más De Diez Toneladas Por Hectárea., 2022. Retrieved from <https://www.regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=5423>.

Granados, L. C., and Gonz, J. (2022). Situacion actual y perspectivas del mercado de fertilizantes en el mundo. Retrieved from <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13848>.

Islam, M. M., Urmi, T. A., Rana, M. S., Alam, M. S., and Haque, M. M. (2019). Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(1), 303–312. <https://doi.org/10.1007/s12298-018-0624-2>

Khan, M. I., Gwon, H. S., Alam, M. A., Song, H. J., Das, S., and Kim, P. J. (2020). Short term effects of different green manure amendments on the composition of main microbial groups and microbial activity of a submerged rice cropping system. *Applied Soil Ecology*, 147(November 2019), 103400. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103400>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, M. (2020). Análisis de Mercado 2016 - 2020.

State, T., Security, F., Wto, S., Note, I., Federation, R., Outlook, O. A., ... Index, P. (2022). Global Fertilizer Markets and Policies: A joint Fao/wto mapping exercise, (March), 1–17.

Yao, Z., Xu, Q., Chen, Y., Liu, N., Li, Y., Zhang, S., ... Gao, Y. (2021). Leguminous green manure enhances the soil organic nitrogen pool of cropland via disproportionate increase of nitrogen in particulate organic matter fractions. *Catena*, 207(July), 105574. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105574>

Zhang, J., Nie, J., Cao, W., Gao, Y., Lu, Y., and Liao, Y. (2023). Long-term green manuring to substitute partial chemical fertilizer simultaneously improving crop productivity and soil quality in a double rice cropping system. *European Journal of Agronomy*, 142(730), 126641. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126641>

● 4% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	cdn.gob.pe Internet	<1%
2	repositorio.upn.edu.pe Internet	<1%
3	Universidad Privada del Norte on 2024-09-09 Submitted works	<1%
4	redalyc.org Internet	<1%
5	repositorio.unsm.edu.pe Internet	<1%
6	repositorio.unu.edu.pe Internet	<1%
7	dspace.utpl.edu.ec Internet	<1%
8	intellectum.unisabana.edu.co Internet	<1%

9

scielo.org.mx

Internet

<1%

10

coursehero.com

Internet

<1%