

Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo

Plan of amendments, agricultural gypsum, improved and enriched compost with EM and earthworm humus, to improve the soil

Manuel Julio Damian Suclupe

Empresa Promotora del Desarrollo Agropecuario Sostenible S.R.L.
juliodamian66@hotmail.com

Federico Gonzáles Veintimilla

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, PERÚ.
gonzalesf25@yahoo.com.mx

Pedro Quiñones Paredes

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, PERÚ.
quiones_44@hotmail.com

Jackson Ricardo Terán Iparraguirre

Asesor técnico, Control S.A.C., La Libertad, PERÚ.
richardnaret@yahoo.es



Resumen

Esta investigación tiene como objetivo determinar de qué manera la utilización de un plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM, y el humus de lombriz mejoran el suelo en el predio Santa Teresita, distrito y provincia de Lambayeque. La muestra empleada estuvo conformada por las muestras de suelo del área de estudio donde sembró arroz (INIA-510-MALLARES), predio Santa Teresita (6,695059 y 79,897022 UTM; 61 m s.n.m.), distrito, provincia y departamento de Lambayeque. Se observó que en el tratamiento 1, con la aplicación de plan de enmiendas, yeso agrícola y materia orgánica (humus de lombriz y compost mejorado), se obtuvo un rendimiento de 4795,20 kg de arroz, superando al tratamiento 2 en donde se obtuvo un rendimiento de 3124 kg de arroz. Respecto al análisis económico, se observó que en el tratamiento 2, con aplicación de fertilizantes químicos y sin materia orgánica, la parcela testigo, a pesar de haber obtenido menos rendimiento, presentó mayor rentabilidad; mientras que en el tratamiento 1 el costo fue mayor por la aplicación de yeso agrícola y materia orgánica. Se concluye que el plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM, y el humus de lombriz, mejoró el suelo y permite obtener un mayor rendimiento por ha (9590,40 kg de arroz), pero una baja rentabilidad (0,24).

Palabras clave: plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado, humus de lombriz, suelo.

Abstract

This research aims to determine how the use of a plan of amendments, agricultural gypsum, improved and enriched compost with EM, and earthworm humus improve the soil in Santa Teresita estate, district and province of Lambayeque. The sample used was made up of soil samples from the study area where rice was planted (INIA-510-MALLARES), in Santa Teresita estate (6.695059 and 79.897022 UTM, 61 m a.s.l.), district, province and department of Lambayeque. We observed that in treatment 1, with the application of the plan of amendments, agricultural gypsum and organic matter (earthworm humus and improved compost), a yield of 4795.20 kg of rice was obtained, surpassing the treatment 2 where a yield of 3124 kg of rice was obtained. Regarding the economic analysis, we observed that in the treatment 2, with the application of chemical fertilizers and without organic matter, the control plot showed greater profitability, despite having obtained less yield; while in treatment 1 the cost was higher due to the application of agricultural gypsum and organic matter. We conclude that the plan of amendments, agricultural gypsum, improved and enriched compost with EM, and earthworm humus improved the soil and allows to obtain a higher yield per ha (9590.40 kg of rice), but a low profitability (0.24).

Keywords: plan of amendments, agricultural gypsum, improved compost, earthworm humus, soil.

Citación: Damian, M.; F. Gonzáles; P. Quiñones & J. Terán. 2018. Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. *Arnaldoa* 25(1): 141-158. doi: <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>

Introducción

La demanda, cada vez mayor, de alimentos para la población ha conducido a la explotación intensiva de las tierras agrícolas; generalmente basada en la mecanización con tractores y arados inadecuados para una u otra condición de suelo. Lo que ha generado un agudo proceso

de degradación, observado en las pérdida de nutrientes y suelo, originado por el golpeteo de las gotas de lluvia y la escorrentía, causa fundamental de la pérdida de capacidad productiva de los suelos cultivados.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (1994) (citado en García, Lucena &

Criado, 2009) señalan que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin dudas, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y, más importante aún, el deterioro del medio ambiente.

En el Perú, la pequeña y mediana agricultura presenta un sistema de producción caótico, desordenados y con niveles bajos en tecnología, donde los productores agrarios hacen un manejo inadecuado de los suelos, principalmente por desconocimiento, donde utilizan de manera imprudente y en exceso los sistemas de riego, aplicación de fertilizantes sintéticos y mal uso de pesticidas (Altamente tóxicos y no degradables), con alto grado de contaminación y degradación de los suelos, generando daños al medio ambiente, la salud humana y a los productos; por tanto, las enmiendas orgánicas se convierten en una tecnología sostenible que puede ayudar a rentabilizar incorporando a los suelos la abundante producción de residuos de cosechas y permitir mejorar la fertilidad, minimizando la degradación de los suelos (Sanchez & Delgado, 2008).

Los suelos degradados resultan de la acción de múltiples procesos que ocasionan la pérdida o disminución de la productividad y afectan sus propiedades físicas, químicas y biológicas. La agricultura conlleva distintos sistemas de manejo que producen cambios físicos de la estructura en particular, mediante la formación de compactaciones. La pérdida de nutrientes, salinización, acidificación y la contaminación por fertilizantes y herbicidas, son indicadores de procesos de degradación química que sufren los suelos como consecuencia de variadas prácticas agrícolas. Pero si bien

la productividad puede recuperarse en forma parcial con adecuadas estrategias de manejo, la problemática del suelo erosionado es imposible de revertir. La erosión es un proceso físico por el cual la totalidad o partes del suelo son removidas, transportadas y depositadas en otro lugar por la acción de los distintos agentes como agua, viento, hielo o gravedad. La antropogénesis o morfogénesis antrópica se refiere a la presencia del hombre, como agente de cambios en el paisaje, generando reacciones de adaptación para establecer un nuevo equilibrio (Jara, 2012).

Sumando a estos grandes problemas, se destaca la escasez de recurso hídrico, que impulsa cada vez más, estudios encaminados a mejorar la gestión del agua, de hecho, la mayor parte de los estudios desarrollados en los últimos años sobre esta temática considera como estrategia a seguir la aplicación de enmiendas orgánicas en la mejorar de la estructura del suelo (Rees & Wackernagel, 2001).

Para mejorar la calidad de los suelos y, disminuir la degradación y contaminación; se viene utilizando la aplicación de enmiendas como el yeso agrícola, compost enriquecido con EM y el humus de lombriz, creando grandes expectativas en este campo debido a que por su alto contenido de materia orgánica, microorganismos, bacterias y micro elementos estos actúan sobre los cambios en la estabilidad estructural y aumentan la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos enmendados (Tejada, 2013).

Además, con la característica física del yeso agrícola, así como el humus de lombriz y compost enriquecido con EM; se puede constatar que tienen un potencial fertilizante y son productos adecuados para ser utilizados en la producción de los

diferentes cultivos agrícolas, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Mendoza, *et al.*, 2010). Esta problemática se la observa en toda la Región Lambayeque, específicamente en el predio Santa Teresita, Sector Pancal, Fundo Capote en el distrito y provincia de Lambayeque; por que dicha realidad motiva la presente investigación.

En la predio Santa Teresita, Sector Pancal, Fundo Capote no existen estudios que adviertan sobre el mal hábito y manejo inadecuado de los suelos, especialmente la degradación y contaminación por efecto de fertilizantes químicos, exceso de riegos, uso y mal uso de pesticidas altamente tóxicos, donde se evidencia que existe un riesgo latente por el empleo indiscriminado de estos productos para potenciar sus rendimientos en sus cultivos es así como los productos los eligen en función a su alto poder de rendimiento al que lo denominan buen producto, por lo que, es importante aplicar un plan de enmiendas en los suelos agrícolas, con el uso de fertilizantes orgánicos, y el yeso agrícola, a fin de mejorar el nivel de degradación de los suelos, ahorro del recurso hídrico y reducción de la contaminación ambiental y del nivel de intoxicaciones, así como también contribuir a la disminución progresiva de la contaminación de los productos cosechados y por ende la salud de la población del predio.

Debido a la escasez de estudios previos al respecto, se pretende, con esta investigación, contribuir al buen uso y manejo de los suelos.

Por tales argumentos, se justifica plenamente el desarrollo de este trabajo, en el cual se pretende evaluar agrónomicamente el efecto de la enmienda de yeso agrícola, compost mejorado con EM, y humos de

lombriz, aplicados a un suelo degradado y con fertilizante orgánico, estudiando el efecto del aporte de material orgánico sobre las propiedades físico, químico y biológico del suelo.

Material y métodos

El área de estudio, fue el predio Santa Teresita (6,695059 y 79,897022 UTM; 61 msnm), distrito, provincia y departamento de Lambayeque.

El objeto de estudio estuvo constituido por los muestras de suelos. Para realizar el presente trabajo de investigación, se escogió una hectárea destinada para la siembra de arroz (INIA-510-MALLARES), con 10 estaciones de muestreo y realizaron muestreos mensuales, de enero a diciembre del 2016 en el terreno agrícola, en donde se determinó grado de fertilidad del suelo, pH, salinización, materia orgánica, materia inorgánica, flora microbiana, propiedades físico - químicas y biología del suelo.

Material e insumos

Yeso agrícola (CaSO_4), fue empleado como enmienda para mejorar el pH del suelo.

Compost mejorado y enriquecido con EM, se utilizó para incorporar materia orgánica al suelo.

Humos de lombriz, fue utilizado como fertilizante orgánico.

Nitrógeno o Urea, se utilizó como fertilizante sintético.

Agua de gravedad, utilizó para la irrigación de las parcelas.

Metodología

Se empleó el método cuantitativo y cualitativo valiéndose de los conocidos atributos o características de las variables

consideradas en la presente investigación, con el propósito de obtener información correspondiente, se requirió aplicar las siguientes técnicas e instrumentos.

En el estudio se consideró dos parcelas de 0,5 has de extensión c/u. Estuvo dividida en cuatro etapas:

Etapla I: Se consideró como etapa preliminar, comprende las actividades de recopilación y análisis preliminar de la información, sobre el tema y área de estudio, preparación de los instrumentos técnicos para el levantamiento de información complementaria en la siguiente etapa (Etapla de Campo), pudiéndose determinar esta etapa como acopio de información, tales como guía técnica, guía ecológica, estudios anteriores y normas legales.

Etapla II: Fue la etapa de campo, comprendió la identificación y determinación del área de investigación, así como la recopilación de información complementaria sobre los diversos tópicos que comprende el estudio tales como aspectos técnicos, físicos, biológicos, sociales y económicos del área de influencia del proyecto, identificándose los impactos ambientales y realizando un diagnóstico de la situación de los mismos, además se realizaron las siguientes actividades.

Se realizó el trabajo de investigación previa para conocer la producción, manejo, tecnología y problemática presentada en las tres últimas campañas.

Se procedió a determinar las dos parcelas objeto de trabajo, para precisar sus medidas perimetrales y estado de campo

Etapla III: Consideró como etapa de inicio de los trabajos de campo. Comprendió la toma de muestras de suelo, con la finalidad de identificar el grado de fertilidad de los suelos, pH, salinización, materia orgánica,

materia inorgánica, flora microbiana, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; el análisis de suelo se realizó en el Laboratorio de Análisis de Suelos y aguas del INIA Lambayeque.

Luego de obtener los análisis de campo, se procedió a realizar el desarrollo del plan de investigación en la parcela experimental, la dosificación se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis. El diseño de investigación fue:

Parcela experimental (0,5 has):

Aplicación de yeso agrícola, para disminuir la salinidad del suelo, incorporando al suelo con maquinaria en el momento de preparación del campo.

Aplicación de compost mejorado con tecnología EM, incorporando al suelo con maquinaria en el momento de la preparación del suelo.

Aplicación del humus de lombriz al momento del prendimiento del cultivo.

Aplicación del 50% del fertilizante sintético que usa agricultor al momento del prendimiento del cultivo.

Parcela testigo (0,5 has):

No se realizó ningún tipo de tratamiento.

Se realizó un monitoreo y seguimiento en el proceso productivo en sus diferentes etapas hasta finalizada la investigación.

Etapla IV: consideró como etapa final de gabinete, en esta etapa se realizó el procesamiento de la información obtenida en las etapas anteriores, lo que permitió obtener indicadores de utilidad para el análisis de conclusiones correspondientes. Este proceso finalmente da como resultado el presente documento, el cual forma parte de los estudios integrales de investigación proyectada, por lo que se tiene que realizar

en esta etapa la evaluación de la enmienda y su determinación en el mejoramiento y recuperación de los suelos.

Procesamiento de datos

Los datos recolectados del grado de fertilidad de los suelos, pH, salinización, materia orgánica, materia inorgánica, flora microbiana, propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo fueron clasificados y tabulados para su posterior análisis.

Los datos registrados fueron clasificados y tabulados para su posterior análisis; utilizando los programa SPSS versión 23.00 y EXCEL 2010. Además, se realizaron graficas que mostraron los resultados obtenidos, con lo que se pretendió demostrar el efecto de emplear un plan de enmienda, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz. Del mismo modo se obtuvieron los parámetros de media, varianza y desviación estándar.

Cuadro 1. Caracterización química del suelo.

Parámetro	Antes de siembra	Después de siembra	Parcela Testigo
pH	7,4	7,5	7,6
Conductividad eléctrica (CE) - mhos/cm	10,20	7,20	14,72
Materia orgánica (MO) - %	1,42	1,42	1,28
Fosforo (p) ppm	6,60	6,50	7,20
Potasio (K) ppm	340	327	348
Calcáreo %	3,25	3,26	2,86
Tipo de suelo	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso
Sodio intercambiable (Meq/100 g)	1,462	1,026	1,375
CIC (Meq/100 g)	12,615	12,28	12,85
PSI (%)	11,59	8,36	12,87
Tipo de suelo	Salino	Moderadamente salino	Salino potencial sódico
Densidad aparente (Grs.suelo/cc)	1,321	1,226	1,3
Porcentaje de porosidad	50,32	52,10	49,92

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos y aguas del INIA Lambayeque (2016).

Se empleó la escala de intervalo, que representa un nivel de medición más preciso, matemáticamente hablando; no solo establece un orden en las posiciones relativas de los objetos o individuos, sino que se mide también la distancia entre los intervalos o las diferentes categorías o clases. En este caso, la medición se ejecuta en el sentido de una escala de intervalo; esto es, si la asignación de números a varias clases de objetos es tan precisa que se sabe la magnitud de los intervalos (distancias) entre todos los objetos de la escala, se ha obtenido una medida de intervalo.

Resultados

El suelo del área de estudio presentó las siguientes características físicas: 26,50% de arena, 50,00% de limo y 23,50% de arcilla; encontrándose en la clasificación de textura como Franco - arcilloso; como se aprecia en el cuadro 1.

En el análisis del humus de lombriz, se apreció que fue un ligeramente salino (8,4 de pH), por otro lado las concentraciones de materia orgánica fue de 40,90%, con una humedad máxima del 40,00% y una relación

de C/N de 9,6 (cuadro 2). Por otro lado se realizó un estudio de las características químicas, identificándose la presencia de nutrientes, micronutrientes, oligoelementos y metales pesados (cuadro 3).

Cuadro 2. Características del humus de lombriz.

Características	Parámetros	Valor
Exclusivas	pH	8,4
	Colonia Bacteriana	miles de millones por producto
	Ácidos húmicos	9%
Complementarias	Materia Orgánica	40,90%
	Humedad Máxima	40,00%
	Carbono Orgánico	20,14%
	Relación C/N	9,6
Microorganismos	<i>Salmonella</i>	0,00 P/A en 25 g. (ausencia total)
	<i>Escherichia coli</i>	<10 UFC/g.

Cuadro 3. Caracterización química de las enmiendas orgánicas de humus de lombriz.

Principales nutrientes	Valor	Micronutrientes	Valor
Nitrógeno orgánico (N)	2,31%	Hierro (Fe)	8,80 ‰
Fósforo orgánico (P)	1,46%	Cinc (Zn)	0,38 ‰
Potasio (K)	2,37%	Cobre (Cu)	0,06 ‰
Nutrientes secundarios u oligoelementos	Valor	Metales pesados	Valor
Calcio (Ca)	9,70%	Cadmio (Cd)	0,20 ppm
Manganeso (Mg)	1,42%	Níquel (Ni)	11,00 ppm
Azufre (S)	0,81%	Plomo (Pb)	8,00 ppm
Sodio (Na)	0,45%	Mercurio (Hg)	0,02 ppm
		Cromo (Cr)	11,00 ppm
		Cromo (VI)	<0,50 ppm (inapreciable)

Los valores encontrados para el compost mejorado y enriquecido con EM se presentan en el cuadro 4, encontrado un pH ligeramente salino (8,4), con una relación de 9,6 para C/N y con una concentración

de *E. coli* de < 1 000 NMP/g. Por otro lado se realizó un estudio de las características químicas, identificándose la presencia de nutrientes, micronutrientes, oligoelementos y metales pesados (cuadro 5).

Cuadro 4. Características del compost mejorado y enriquecido con EM

Características	Parámetro	Valor
Exclusivas	pH	8,4
	Colonia Bacteriana	miles de millones por producto
	Tamaño de las partículas	2 – 10 (mm)
Complementarias	Materia Orgánica	35,00%
	Humedad Máxima	30,00 - 40,00%
	Impurezas	3,00%
	Carbono Orgánico	<20,00%
	Relación C/N	9,6
Microorganismos	<i>Salmonella</i>	0,00 P/A en 25 g (ausencia total)
	<i>Escherichia coli</i>	<1 000 NMP/g

Cuadro 5. Caracterización química de las enmiendas orgánicas: compost mejorado y enriquecido con EM.

Principales nutrientes	Valor	Micronutrientes	Valor
Nitrógeno orgánico (N)	1,30%	Cinc (Zn)	200,00 ppm
Fósforo orgánico (P)	0,90%	Cobre (Cu)	70,00 ppm
Potasio (K)	0,0076%	----	-----
Nutrientes secundarios u oligoelementos	Valor	Metales pesados	Valor
Calcio (Ca)	2,90%	Cadmio (Cd)	0,70 ppm
Manganeso (Mg)	0,53%	Níquel (Ni)	25,00 ppm
Sodio (Na)	0,0047%	Plomo (Pb)	2500 ppm
Otros	94,3577%	Mercurio (Hg)	0,5 ppm
		Cromo (Cr)	70,00 ppm

Por otro lado, el yeso orgánico presentó un pH básico (7,75), con una baja concentración de humedad (0,60%) y granulométricamente presentó un valor de ≤ 0.04 mm; también se identificó bajas concentraciones de metales pesados (níquel, cadmio, plomo, fósforo, hierro,

cobre y zinc) y como nutrientes se encontró al CaSO_4 , Carbonatos insolubles y materia seca (cuadro 6). Por otro lado en el cuadro 7 se muestra las concentraciones de los parámetros químicos (calcio, manganeso, potasio, sulfuro, sodio, azufre y sulfato de calcio).

Cuadro 6. Características del yeso agrícola

Características	Parámetro	Valor
Sensorial	Color	Blanco-Beige
	Olor	Inodoro
Fisicoquímicas	pH	7,75
	Apariencia física	Polvo granulado
	Granulometría	≤ 0.04 mm
	Humedad	0.60%
Metales pesados	Níquel	0,0003%
	Cadmio	0,0002%
	Plomo	0,0006%
	Fósforo	0,39 mg/kg
	Hierro	1,83 mg/kg
	Cobre	0,43 mg/kg
Nutrientes	Zinc	0,66 mg/kg
	CaSO_4	93,26%
	Carbonatos insolubles	3,09%
	Materia seca	99,4%

Cuadro 7. Caracterización química del yeso agrícola

Parámetro	Valor (%)
Calcio (Ca)	43,0
Manganeso (Mg)	2,0
Potasio (K)	1,1
Sulfato	0,4
Sodio (Na)	44,0
Azufre (S)	9,5
Sulfato de Calcio	14,7
Total	100.0

En la implementación de los Tratamientos se utilizó un experimental y un testigo como se presentó a continuación:

T1: Materia orgánica: Humus de lombriz, compost mejorado, yeso agrícola y sulfato de amonio.

T2: Testigo: parcela del agricultor: 0

materia orgánica, abono sintético.

En el cuadro 8, se presentan las concentraciones del tipo de abono, yeso agrícola y sulfato de amonio, de acuerdo al tratamiento y área a trabajar para la experimentación. Así mismo, en el cuadro 9, se presentaron los datos referidos a las concentraciones para el tratamiento testigo.

Cuadro 8. Tratamiento N° 1: Área = 0,50 ha. Experimental: materia orgánica humus de lombriz, yeso agrícola, compost mejorado y sulfato de amonio.

Cantidad * Ha (Kg)	Cantidad * Tratamiento (Kg)	Momento de aplicación
5 000	2 500	Abono orgánico, Humus de Lombriz: 1° 50% a los 46 días de edad de la planta: 1,250 Kg. 2° 50% a los 68 días de la planta: 1,250 Kg.
6 000	3 000	Abono orgánico, Compost Mejorado: 1° 50% a los 46 días de edad de la planta: 1,500 Kg. 2° 50% a los 68 días de edad de la planta: 1,500 Kg.
625	625	Yeso Agrícola 1° 50% a los 46 días de edad de la planta: 312.50 Kg. 2° 50% a los 68 días de edad de la planta: 312.50 Kg.
150	150	Sulfato de Amonio 1° 50% a los 46 días de edad de la planta: 75.00 Kg. 2° 50% a los 68 días de edad de la planta: 75.00 Kg.
Es necesario mencionar que el sulfato de amonio en la primera y segunda aplicación se hizo principalmente como fuente de nitrógeno energético para los microorganismos del suelo y que además sirve como nutriente para el cultivo		

Primera Aplicación (50%): 1,250.00 Kg. De Humus de Lombriz, 1,500.00 Kg. De compost mejorado como fertilizantes orgánicos, 312.50 Kg. De Yeso Agrícola o sulfato de calcio, para disminuir el grado de salinidad de los suelos y 75 Kg. Sulfato de amonio como fuente nitrogenada energética para los microorganismos del suelo, todo ello dependiendo de la disponibilidad de agua se puede incorporar al voleo antes del trasplante o con maquinaria agrícola en el

momento de preparación del campo, o de lo contrario después del trasplanto.

Segunda Aplicación (50%): 1 250,00 Kg. De Humus de Lombriz, 1 500,00 Kg. De compost mejorado como fertilizantes orgánicos de 312,50 Kg. De Yeso Agrícola o sulfato de calcio, para disminuir el grado de salinidad de los suelos y 75 Kg. Sulfato de amonio como fuente nitrogenada energética para los microorganismos del suelo, todo ello incorporado al voleo antes que en el

cultivo de arroz se produzca el punto de algodón o inicio de formación de la panoja.

En el cuadro 9, se aprecia que no hubo ningún tipo de intervención de los autores

y fue ejecutada con tecnología y manejo del agricultor, pero fue de vital importancia porque nos permitió comprobar los resultados de la parcela investigada.

Cuadro 9. Tratamiento N° 2: Área = 0,50 ha. Testigo: úrea + sulfato de amonio.

Cantidad * Ha (Kg)	Cantidad * Tratamiento (Kg)	Momento de aplicación
0	0	Tecnología del agricultor: 0 materia orgánica
450	225	Urea: 1° 100Kg a los 50 días de edad de la planta 2° 125Kg a los 75 días de edad de la planta
300	150	Sulfato de Amonio: 3° 150Kg a los 95 días de edad de la planta

En el registró de componentes de rendimiento, se determinó que el número de golpes promedio para el tratamiento

experimental (T 1) fue de 12 y para el tratamiento testigo (T 2) fue de 11 (cuadro 10).

Cuadro 10. Número promedio de golpes por m².

Tratamiento	Repeticiones	N° de golpes/m ²	Promedio
1	1	14	12
	2	11	
	3	12	
	4	9	
	5	13	
2	1	13	11
	2	9	
	3	10	
	4	12	
	5	11	

En lo referido al número de panojas por golpe, se presentó en la tabla 11, indicándose que el valor promedio para el tratamiento experimental fue de 24, a diferencia del tratamiento testigo que fue de 20 panojas por

golpe en promedio. Así mismo se determinó que el número total de panojas por m² fue de 288 para el tratamiento experimental y de 220 para el tratamiento testigo.

Cuadro 11. Número promedio de panojas por golpe.

Tratamiento	Repeticiones	N° de golpes/m ²		Promedio
1	1	20	26	24
	2	28	18	
	3	21	31	
	4	29	30	
	5	15	22	
2	1	15	25	20
	2	17	20	
	3	25	18	
	4	18	21	
	5	22	19	

En el cuadro 12, se aprecia que el número promedio de granos por panoja fue de 135 para el tratamiento experimental y de 95

para el tratamiento testigo. Mientras que el peso promedio por panoja fue de 3.33g para el tratamiento experimental y de 2.84 g para el tratamiento testigo (cuadro 13).

Cuadro 12. Número promedio de granos por panoja.

Tratamiento	Repeticiones	N° de granos por panoja		Promedio
1	1	119	134	135
	2	104	116	
	3	157	102	
	4	141	148	
	5	182	147	
2	1	83	98	95
	2	97	89	
	3	104	96	
	4	97	102	
	5	97	87	

Cuadro 13. Peso promedio por panoja.

Tratamiento	Repeticiones	Peso / panoja (g)		Promedio
1	1	3,26	2,84	3,33
	2	3,13	2,92	
	3	3,18	3,73	
	4	3,75	3,67	
	5	3,29	3,53	
2	1	3,25	2,87	2,84
	2	2,74	2,80	
	3	2,65	2,84	
	4	2,70	2,90	
	5	2,84	2,85	

En el rendimiento, se identificó que en el tratamiento experimental se logró mayor rendimiento con valor de 4 795,20 kg por 5 000 m², mientras que el rendimiento con valor de 3 124,00 kg por 5 000 m² (cuadro 14). En el cuadro 15 se realizó un resumen de los componentes de rendimiento.

Cuadro 14. Peso de grano por m² y rendimiento por tratamiento.

Tratamiento	Peso (g) / m ²	Kg/m ²	Rendimiento/Tratamiento (Kg)
1	959,04	0,95904	4 795,20
2	624,80	0,62480	3 124,00

Cuadro 15. Resumen de componentes de rendimiento.

Componente	Tratamiento	
	1	2
Nº Golpes promedio / m ²	12	11
Nº panoja promedio / golpe	24	20
Nº panojas promedio / m ²	310	135
Nº granos/panoja	220	95
Peso / panoja (g)	3,33	2,84
Peso de Granos (g) / m ²	959,04	624,80
Peso granos (kg) / m ²	0,95904	0,62480
Rendimiento / Tratamiento (kg)	4 795,20	3 124,00
Rendimiento / Ha (kg)	9 590,40	6 248,00

En el análisis económico, se apreció que a pesar que el tratamiento experimental tuvo un rendimiento mayor, el costo fue mayor, no teniendo una rentabilidad buena (0,24); esto debido a que se aplicó solo para

0,5 ha. Mientras que el costo / beneficio para el tratamiento testigo fue de 0,79 de rentabilidad, generando mayor utilidad (S/. 1 937,60), como se presentó en el cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis económico.

Componente	Tratamiento	
	1	2
Rendimiento / Tratamiento (Kg)	4 795,20	3 124,00
Precio / Kg (S/.)	1,40	1,40
Valorización (S/.)	6 413,28	4 373,60
Costo (S/.)	5 187,20	2 436,00
Utilidad (S/.)	1 226,08	1 937,60
Rentabilidad: Costo / Beneficio	0,24	0,79

Discusión

Las enmiendas son sustancias que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estas pueden estar constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto (enmienda orgánica) o también mineral (enmienda química). Las enmiendas orgánicas pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha (rastros); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); Humus de lombriz; y el Compost, preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados y mediante un proceso de descomposición controlada. Las enmiendas químicas lo constituyen productos minerales que restauran propiedades físicas y químicas en el suelo (Artica, 2012).

En el cuadro resumen de los

componentes de rendimiento se observa que el tratamiento 1 con la aplicación de yeso agrícola y materia orgánica (humus de lombriz y compost mejorado) se obtuvo un rendimiento de 4 795,20 kg, superando al tratamiento 2 que obtuvo un rendimiento de 3 124 kg. parcela del agricultor que no uso materia orgánica, el tratamiento 1 supero al tratamiento 2 en todos los componentes de rendimiento como se observa en los cuadros indicados anteriormente, tales como: número de golpes/m², número de panojas, peso por panoja, número de granos por panoja, estos mayores resultados se explica debido a la importancia y beneficios en las características físicas. Químicas y microbiológicas que tiene la materia orgánica en los suelos; para evaluar las características mencionadas anteriormente se procedió a analizar el suelo antes y después de la instalación del experimento en el cultivo de arroz.

Esto concuerda con los estudios de Tejada

(2013) menciona que la estructura del suelo pobre es un factor limitante importante en el rendimiento de los cultivos. Lo esencial a los muchos beneficios del yeso es el más alto rendimiento a un mínimo costo. El yeso puede ayudar a romper el suelo compactado. La compactación del suelo se puede evitar al no arar o conducir la maquinaria en el suelo cuando está demasiado húmedo. La compactación en muchos pero no todos los suelos pueden ser disminuidos con yeso, sobre todo cuando se combina con la labranza profunda para romper la compactación. La combinación con mejoras orgánicas también ayuda, sobre todo previniendo a que vuelva a compactarse.

El suelo tratado con yeso tiene una menor densidad en comparación con los suelos no tratados. El material orgánico incluso puede disminuirla aún más cuando ambos se utilizan. El suelo blando es más fácil de arar, y los cultivos al igual que el suelo mejoran. La aplicación generosa de yeso es un buen procedimiento para iniciar un pedazo de tierra en la gestión de no labranza del suelo o de los pastos. La mejora de la concentración del suelo y la permeabilidad persistirá durante años y los fertilizantes aplicados en la superficie penetrarán más fácilmente a consecuencia del yeso (Fornes, *et al.*, 2012).

El yeso puede disminuir y prevenir la formación de las costras en la superficie del suelo que son el resultado de gotas de lluvia o de riego por aspersión en suelos inestables. La prevención de la formación de costras significa que más semillas germinarán, las semillas germinarán más rápida y fácilmente poco días antes de la cosecha y del mercado. La germinación de semillas a menudo ha sido aumentada de 50 a 100 por ciento. La prevención de costras en los suelos dispersivos es una reacción de

floculación (Mendoza, *et al.*, 2009).

El calcio del yeso puede ayudar a disminuir la pérdida por volatilización del amoníaco nitrogenado de las aplicaciones de amoníaco, nitrato de amonio, UAN, urea, sulfato de amonio, o cualquiera de los fosfatos de amonio. El calcio puede disminuir la eficacia de pH por la precipitación de carbonatos y también por la formación de un complejo de la sal de calcio con el hidróxido de amonio que impide la pérdida de amoníaco hacia la atmósfera. En realidad calcio mejora la absorción de nitrógeno por las raíces de las plantas sobre todo cuando las plantas son jóvenes. Este es provisto por el yeso, es esencial para los mecanismos bioquímicos por los cuales la mayoría de los nutrientes de las plantas son absorbidos por las raíces. Sin el calcio adecuado, los mecanismos de absorción podrían fallar (Cano, 2014).

El yeso mejora las tasas de infiltración del agua en los suelos y también la conductividad hidráulica del suelo. Es una protección contra el exceso de escurrimiento de agua especialmente en grandes tormentas que vienen acompañadas con la erosión. La utilización de yeso puede disminuir la erosión eólica e hídrica de los suelos. Graves problemas de polvo puede ser reducido, especialmente cuando se combinan con el uso de agua de polímeros solubles. Menos residuos de plaguicidas y nutrientes se escapan de la superficie de tierra para llegar a los lagos y los ríos, cuando se aplican las correcciones apropiadas para estabilizar el suelo. El yeso tiene varias ventajas ambientales (APROLAB, 2007).

Al observar el cuadro del análisis económico, nos indicó que el tratamientos 2 con aplicación de fertilizantes químicos sin materia orgánica parcela testigo o del agricultor, a pesar de haber obtenido menos

rendimiento, sin embargo la rentabilidad es mayor debido a que en el tratamiento 1 el costo fue mayor por la aplicación de materia orgánica; pero por otro lado hay que indicar que las condiciones y características físicas, químicas y microbiológicas han mejorado, quedando como una inversión a mediano y largo plazo y no como gasto a corto plazo, en cuanto a las características físicas ha mejorado la estructura del suelo, dando como resultado una mejor densidad aparente con mayor porcentaje de porosidad, en cuanto a condiciones químicas del suelo ha mejorado la capacidad de intercambio catiónico, ha disminuido el porcentaje de sodio intercambiable, y en cuanto a las características microbiológicas ha mejorado la fauna benéfica del suelo, dándole más vida; estos microorganismos, permiten la degradación de la materia orgánica presente en el suelo y con esta degradación van soltando paulatinamente los nutrientes al cultivo.

Los suelos que han sido tratados con yeso tienen un nivel más amplio de humedad del suelo donde es seguro arar sin el peligro de compactación o defloculación. Esto va acompañado con una mayor facilidad de labranza y mayor efectividad en la preparación del semillero y el control de la maleza. Se requiere menor energía para la labranza (Cano, 2014). En lo referido a esto Cano (2014) indica que un análisis económico resulta ser tener una alta rentabilidad, es decir al aumentar el área de cultivo aumenta la rentabilidad del producto.

De igual manera, Tejada (2013) indica que se aumenta el área de cultivo con un buen plan de enmiendas se puede obtenerse una mayor rentabilidad de producto y al mismo tiempo mejorar el rendimiento del cultivo.

Conclusiones

El plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM, y el humus de lombriz, mejoró el suelo, permitiendo obtener un mayor rendimiento por ha (9590,40 kg), pero una baja rentabilidad (0,24).

Se recomienda el uso de un plan de enmiendas yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM, y el humus de lombriz; para mejorar suelos, así como aplicar en una mayor extensión de suelo que permita aumentar la rentabilidad.

Literatura citada

- APROLAB**, 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Material elaborado por el programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú - Capacitate Perú. Lima: Instructivo No. 001. República del Perú.
- Artica, M.**, 2012. Conservación de Suelos. [En línea] Available at: www.agrorural.gob.pe/index.php?option=com_docman&Itemid
- Cano, M.**, 2014. Acidez y Alcalinidad de los Suelos: Manejo y Corrección de la Acidez de los Suelos.. [En línea] Available at: <http://tiposagricultura.blogspot.pe/2014/07/acidez-y-alcinidad-de-los-suelos.html>
- Fornes, F. y otros**, 2012. Composting versus vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. España: Bioresource Technology.
- García, P., Lucena, J. & Criado, S.**, 2009. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Jara, D.**, 2012. Manejo de suelos degradados.. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de La Selva, Facultad de Recursos Naturales Renovables.
- Mendoza, D. y otros**, 2010. Uso de vermicomposts y compost de residuos hortícolas como componentes de sustratos para propagación de plantas mediante estaquillado.. Madrid, Actas de las II Jornadas de la Red Española, pp. 1-8.

Mendoza, D. y otros, 2009. Uso de vermicomposts y compost de residuos agrícolas como sustratos para la producción de planta ornamental. Actas de Horticultura, pp. 664-669.

Rees, W. & Wackernagel, M., 2001. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Santiago de Chile: Colección Ecología y Medio Ambiente, Lom ediciones.

Sanchez, P. & Delgado, L., 2008 . Biodiversidad y conservación de plantas vasculares. Murcia: Univ. de Murcia/Fundación Séneca/DGMN.

Tejada, J., 2013. Rendimiento y calidad: Uso de enmiendas orgánicas. [En línea] Available at: http://www.expocafeperu.com/archivos2013/conferencias/05_PRESENTACION%20CPISAC%20JOSE%20ANTONIO%20TEJADA.pdf

