

Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos comparados con fertilización convencional, en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa L*) variedad Victoria1039 en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta.

Edwin Yamir Pérez Triana

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente  
Programa de Agronomía  
Cead de Acacias -2019

Evaluación de dos tipos de fertilizantes orgánicos comparados con fertilización convencional, en el cultivo de arroz (*Oryza Sativa L*) variedad victoria1039 en el municipio de Villavicencio departamento del Meta

Edwin Yamir Pérez Triana

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Agrónomo

Adriana Lucia Díaz Bobadilla

Ingeniera Agrónomo

Director(a)

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Agronomía

CEAD Acacias, 2019

Nota de aceptación

-----  
-----  
-----  
-----  
-----  
-----

-----  
Presidente del Jurado

-----  
Jurado 1

-----  
Jurado 2

## DEDICATORIA

A Dios por permitirme terminar los estudios, porque gracias a Ti pude superar las dificultades que se me presentaban a diario y pude continuar hasta el día de hoy.

A mi Familia que siempre supo darme el apoyo en los momentos más difíciles de mi vida, y con la fuerza de su respaldo pude culminar este trabajo de grado.

A mi madre Lilia Aurora Triana que con su gran esfuerzo logro sacarnos adelante, siendo un ejemplo en su vida moral y espiritual, inculcando en cada uno los valores para que fuésemos personas de bien.

También dedico este trabajo a mi padre Héctor Pérez un hombre trabajador que, aunque no está con nosotros le agradezco el haberme sacado adelante en mis primeras etapas de la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ingeniera Lina María Ramos y su equipo en la empresa Semillano S.A.S que autorizaron trabajo de campo en sus lotes de investigación siendo una parte fundamental para el desarrollo del trabajo.

A la ingeniera Adriana Lucia Díaz Bobadilla. Directora de la investigación la cual fue una pieza clave para culminar el proyecto.

A la ingeniera Genidth Díaz Rodríguez, Tutora quien guio el proyecto en la presentación de la propuesta investigativa.

Al ingeniero Diego Alberto Deaza Tutor que apoyo con la revisión del documento final y orientó para que este fuese de mejor calidad.

## CONTENIDO

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN	14
2 JUSTIFICACIÓN	18
3 OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVOS GENERALES	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4 MARCO TEÓRICO	20
4.1 EL ARROZ EN EL MUNDO	20
4.2 EL ARROZ EN COLOMBIA	22
4.2.1 <i>Manejo del suelo en el cultivo de arroz en Colombia.</i>	23
4.2.2 <i>Degradación de los suelos en Colombia a causa del cultivo de arroz.</i>	24
4.2.3 <i>El cultivo de arroz en el departamento del Meta.</i>	25
4.3 LOS ABONOS ORGÁNICOS	26
4.3.1 <i>Aportes de los abonos orgánicos sobre las características del suelo.</i>	29
4.3.2 <i>Los abonos orgánicos en la producción de arroz en Colombia.</i>	31
4.3.3 <i>Lombricomposto en la producción de arroz.</i>	32
4.3.4 <i>Fertilización en arroz con gallinaza.</i>	34
4.4 PRINCIPALES ELEMENTOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ARROZ	36
4.4.1 <i>Nitrógeno.</i>	36

	7
4.4.2 <i>Fósforo.</i>	37
4.4.3 <i>Potasio.</i>	37
4.4.4 <i>Zinc.</i>	38
4.4.5 <i>Azufre.</i>	38
4.4.6 <i>Hierro.</i>	39
4.4.7 <i>Manganeso.</i>	39
4.4.8 <i>Boro.</i>	39
4.5 PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO ARROZ	40
4.6 COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL CULTIVO DE ARROZ	40
4.7 VARIEDADES PARA LA SIEMBRA DE ARROZ	41
4.8 VARIEDAD VICTORIA1039	42
4.8.1 <i>Principales características agronómicas.</i>	42
4.8.2 <i>Manejo agronómico.</i>	42
5 MATERIALES Y METODOS	44
5.1 LOCALIZACIÓN	44
5.2 MATERIAL EXPERIMENTAL	44
5.3 MANEJO DEL ENSAYO Y TOMA DE DATOS	51
5.3.1 <i>Diseño experimental</i>	51
5.3.2 <i>Tratamientos</i>	51
5.4 VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS	52
5.5 HIPÓTESIS	52
6 RESULTADOS	53
6.1 ANÁLISIS DE VARIANZA	53

	8
6.1.1 Rendimiento.	53
6.1.2 Peso de mil semillas.	55
6.1.3 Altura de planta.	56
6.1.4 Porcentaje de humedad.	60
6.1.5 Análisis comparativo de costos	63
6.1.6 Variación físico química del suelo al aplicar abonos orgánicos	64
7 DISCUSIÓN	67
7.1 PRODUCCIÓN	67
7.2 PESO DE MIL SEMILLAS	72
7.3 ALTURA DE PLANTA	72
7.4 ANÁLISIS DE SUELO	72
7.5 COSTOS DE PRODUCCIÓN	73
8 CONCLUSIONES	74
9 RECOMENDACIONES	75
10 BIBLIOGRAFÍA	76
11 ANEXOS	83



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Recomendaciones de fertilización de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L)	16
Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del lombricompostado utilizado.	44
Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de la gallinaza utilizada.	46
Tabla 4. Características físicas y químicas del Cloruro de potasio.	47
Tabla 5. Características físicas y químicas del DAP	48
Tabla 6. Composición del Triple 18.	49
Tabla 7. Características físicas y químicas de la Urea	49
Tabla 8. ANAVA variable rendimiento en el cultivo de arroz.	53
Tabla 9. Prueba de normalidad para la variable producción hectárea.	53
Tabla 10. ANAVA variable peso de 1000 semillas en el cultivo de arroz.	55
Tabla 11. Prueba de normalidad para la variable peso de mil semillas en el cultivo de arroz.	55
Tabla 12. ANAVA variable altura de planta	57
Tabla 13. Prueba de normalidad para la variable altura de planta en el cultivo de arroz.	57
Tabla 14. Test de Levene altura de planta en el cultivo de arroz.	58
Tabla 15. Prueba de rango múltiple de los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz.	58
Tabla 16. ANAVA variable porcentaje de humedad en el cultivo de arroz.	60
Tabla 17. Prueba de normalidad para la variable porcentaje de humedad en el cultivo.	60
Tabla 18. Costos de producción con diferentes tipos de fertilizantes para el año 2017.	63
Tabla 19. Variación físico química con tratamientos de fertilización orgánica	65

**LISTA DE FIGURAS**

	Pág.
<i>Figura 1.</i> La figura ilustra cómo se comportó el ensayo para la variable producción hectárea.	54
<i>Figura 2.</i> Comportamiento variable peso de mil semillas del cultivo de arroz.	56
<i>Figura 3.</i> Comportamiento variable altura de planta del cultivo de arroz.	59
<i>Figura 4.</i> Comportamiento variable porcentaje de humedad del cultivo de arroz.	61

**LISTA DE ANEXOS**

	Pág.
ANEXO 1. Precipitaciones año 2017.	83
ANEXO 2. Análisis de suelo de tratamientos evaluados.	84
ANEXO 3. tratamientos en campo	88

## RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la finca Santa Rosa de la vereda Santa Rosa en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia, se estableció un diseño experimental por bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro bloques por tratamiento, obteniendo 12 bloques experimentales en el cultivo de arroz, la investigación se desarrolló en el segundo semestre del año 2017, los tratamientos fueron: lombricompostado en dosis de 23,5 Toneladas hectáreas(Ton/ha) en siembra del cultivo de arroz, gallinaza en dosis de 18,7 Ton/ha en siembra del cultivo de arroz y el tratamiento de síntesis química en dosis 2 bultos hectárea de Urea, KCl, DAP y menores en pre abonada, a los 15 días después de germinado (ddg) el arroz, se hizo la segunda fertilización con Urea KCl y DAP a razón de 6,2 bultos hectárea, a los 30 ddg se aplicó triple 18 en dosis de 3 bultos hectárea y a los 45 ddg se aplicó triple 18 en dosis de 6,2 bultos hectárea para ser comparado con los demás tratamientos. En la investigación según las pruebas de análisis de varianza (ANAVA) los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas significativas para las variables evaluadas, a excepción de la variable altura de planta; para la variable mejoramiento de suelo, el tratamiento con abono gallinaza obtuvo un incremento de fósforo en el suelo y de materia orgánica; para los costos de producción se obtuvo un costo mayor por parte de los tratamientos orgánicos.

## ABSTRACT

The present work was developed in the Santa Rosa farm of the Santa Rosa village in the municipality of Villavicencio department of Meta Colombia, an experimental design was established by randomized complete blocks with three treatments and four blocks per treatment, obtaining 12 experimental blocks in the Rice cultivation, the research was carried out in the second half of 2017, the treatments were: vermicompost in doses of 23.5 Tons hectares (Ton / ha) in sowing of rice cultivation, chicken manure in doses of 18.7 Ton / ha in sowing the rice crop and the chemical synthesis treatment in doses 2 packages hectare of Urea, KCl, DAP and less in pre-paid, at 15 days after germinated (ddg) the rice, the second fertilization with Urea was made KCl and DAP at a rate of 6.2 hectares, at 18 ddg triple 18 was applied in doses of 3 hectares and at 45 ddg triple 18 was applied in doses of 6.2 hectares per hectare to be compared with 1 The other treatments. In the investigation according to the analysis of variance tests (ANAVA) the treatments did not present significant statistical differences for the variables evaluated, except for the variable height of the plant, for the variable soil improvement, the treatment with chicken manure there was an increase in Phosphorus in soil and organic matter, for production costs a higher cost was obtained from organic treatments.

## 1 INTRODUCCION

El arroz en Colombia es el tercer producto agrícola en extensión, después del café y el maíz. Representa el 12% del área cosechada en Colombia y el 30% de cultivos transitorios, su producción representa el 6% del valor de la producción agropecuaria y el 10% de la actividad agrícola colombiana (Colombiaarroz, 2007). El arroz es el cultivo de ciclo corto con mayor disponibilidad de tecnología en Colombia, le da al país destacados índices de productividad y eleva la eficiencia de nuestros agricultores; El arroz no solo constituye una simple contribución al producto interno bruto si no que además es un gran aporte al componente social de la economía campesina del país, es el motor de la agroindustria molinera, de la industria metalmecánica y del agrocomercio de las principales zonas productoras. (Hernandez, s.f.).

El arroz es un cultivo importante en Colombia y es la base alimenticia de la mayoría de personas en el mundo, también por ser un cultivo extensivo genera degradación al suelo, se calcula que el 24 % de las tierras en Colombia son susceptibles a degradarse por aridez, en este grupo se encuentran las principales ciudades, distritos de riego y los lugares con mayor densidad de población, La principal causa de degradación del suelo es la ocupación de áreas protegidas y el conflicto de uso del suelo, que se presenta cuando el suelo se utiliza para ganadería, agricultura, minería, vivienda, turismo y usos recreativos, entre otros que no corresponden con la oferta ambiental (Hernandez, s.f.).

El uso y manejo insostenible del suelo en la producción de cultivos, sumado al cambio climático acelera su degradación, que conlleva a un desequilibrio de ecosistemas, la afectación de actividades económicas, la disminución de la productividad, la inseguridad alimentaria y el aumento de la

pobreza; la gestión sostenible del suelo es una responsabilidad que atañe al sectores de la sociedad y esta investigación promueve el manejo sostenible para ir recuperando los suelos evitando la erosión, la pérdida de nutrientes, la desertificación, entre otros que se obtienen gracias a la implementación de abonos orgánicos (Arango, 2017)

Los fertilizantes orgánicos generan un valor agregado ya que al ser incorporados mejoran la textura y estructura permitiendo la retención de humedad durante más tiempo y así poder contrarrestar las inclemencias del clima y los costos, permitiendo que los suelos retengan humedad haciendo más eficiente el riego, por medio de esta investigación se pretende demostrar que al usar abonos orgánicos se puede mejorar la textura del suelo permitiendo la retención de humedad, desarrollo de raíces de las plantas, entre otros. (Arango, 2017)

Como lo reporta Arango (2017), el suelo es uno de los factores que limitan la producción si no se cuenta con las condiciones adecuadas; las mayores limitaciones del suelo para la producción de arroz son la erosión, la deficiencia de nutrientes, la toxicidad y los suelos inadecuados, el mismo autor anota que los abonos de tipo orgánico aportan en aspectos físicos del mismo, ayudando a manejar la erosión por su cambio de textura y estructura, además la materia orgánica influye en el incremento de nutrientes en la rizósfera ya que esta por su condición química de carga negativa atrae los cationes necesarios para la producción de cultivos, y también influye en el incremento de microorganismos que son los agentes de descomposición de los desechos orgánicos que caen en el suelo mejorando la condición del mismo.

En el caso del cultivo del arroz, publicaciones sobre niveles de fertilización se destaca la quinta aproximación (ICA, 1992) donde se relacionan niveles críticos de fertilización convencional ver tabla 1.

Tabla 1. Recomendaciones de fertilización de arroz (*O. sativa L*)

Resultado de análisis de suelo		Fertilización recomendada			
Regiones	P	K	N	P2O kg/ha	K2O
	ppm	Meq/100 g			
Costa atlántica	<10	<0.15		40-80	30-50
Valles interandinos	10-20	0.15-0.30	100-150	20-40	15-30
(Arroz de riego)	>20	>0.30		0-20	0-15
Llanos orientales	<5	<0.10		100-150	90-120
Suelos clase III	5-10	0.10-0.20	40-120	75-100	60-90
	11-20	0.20-0.30		50-75	30-60
(Arroz de riego)	>20	>0.30		25-50	0-30
Llanos orientales	<10	<0.10		75-100	75-90
Vegas	10-15	0.10-0.15		50-75	50-75
	16-30	0.16-0.30		25-50	25-50
(Arroz seco)	>30	>0.30	20-60	0-25	0-25

Fuente: fertilización en diversos cultivos, quinta aproximación, manual de asistencia técnica número 25. (ICA, 1992)

Se puede detectar que no hay niveles críticos para fertilización orgánica para el cultivo de arroz y esta investigación se pretende aumentar nivel de conocimiento sobre aplicación de fertilización orgánica en el cultivo de arroz.

En los principios de fertilización orgánica más comunes comercialmente encontramos la gallinaza y el lombricompost, al respecto de la gallinaza Estrada Pareja (2005) reporta que es



portador de altos contenidos de nitrógeno (N), pero, el manejo de la gallinaza debe ser el adecuado para que no se volatilice los nutrientes y pierda calidad, según Martínez, Forez y Tomás (s.f) fertilizaciones en el cultivo de arroz con gallinaza en el estado de plántula se desarrolla satisfactoriamente, pero en la etapa de crecimiento no aporta los nutrientes necesarios porque el color del cultivo es menos intenso. estudios realizados con distintas dosis de gallinaza reporta López, et al. (2014) que al incrementar las dosis de gallinaza las producciones eran mejores.

Por otra parte otras de las fuentes de fertilización orgánica como es el lombricomposto es utilizado como abono que permite satisfacer los requerimientos nutricionales de diferentes cultivos, se sugiere el uso de lombricomposto como un aporte importante de carbono orgánico humidificado, el cual contribuye al restablecimiento de la microbiota nativa del suelo y conlleva mejoras de la calidad física, además de la disponibilidad lenta de los nutrientes contenidos en él, por otra parte, el nitrógeno orgánico se convierte en formas fáciles de asimilar por la planta; el lixiviado de lombriz puede utilizarse como abono debido a que tiene nutrimentos solubles y microorganismos benéficos (Milpa, Grenon, Gonzalez, & Vazquez, 2012) el lombricomposto se compone de: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, cobre, cinc, manganeso, boro.

Podemos también mencionar que la cantidad orgánica del lombricomposto tiene un 60% de materia orgánica. (“Monografias.com”, s.f). y en esta investigación podemos observar que es un fertilizante con bajos contenidos de elementos esenciales pero aporta beneficios al suelo logrando ser un complemento en fertilización; fertilizaciones en el cultivo de arroz, según Saborit, Dartayet y Cañizares (2013) lixiviados de lombricomposto ayuda a la planta de arroz a soportar el estrés hídrico además la combinación de este abono con un bioestimulantes y fertilizantes minerales se obtienen altos rendimientos en el cultivo de arroz.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo es importante por que aporta conocimientos sobre el comportamiento de lombricomposto y gallinaza en el cultivo de arroz en el municipio de villavicencio, asi como las eventuales mejoras en el suelo para futuros cultivos.

Los agrónomos de la zona de los llanos orientales mediante esta investigación tendrán una fuente de consulta que les ayudará a tomar decisiones en la fertilización en el cultivo de arroz ya que las pruebas se realizaron en siembras de arroz y suelos altamente explotados, la información que encontrarán en este documento se enfoca en el manejo de suelos sostenible, la cual es de vital importancia en la actualidad.

Los agricultores tendrán conocimiento de nuevas experiencias sostenibles en el manejo del suelo y generarán menos impactos ambientales en sus producciones agrícolas arroceras y al utilizar estos sistemas sostenibles los agricultores tendran conocimiento de manejo de fertilización orgánica en el cultivo que les ayudara a mejorar.

Al respecto de los recursos naturales estos se veran beneficiados ya que recibiran menos aplicaciones de fertilizantes, y con el uso de abonos orgánicos en el cultivo de arroz mejorarán las condiciones químicas, físicas y biológicas del suelo permitiendo retención de humedad, el incremento de la microflora y microfauna del suelo acelerando los procesos degradativos de la fracción orgánica, mitigando la erosión a causa de la desertificación, y en general le da al suelo un una condición de ecosistema saludable que permite un equilibrio ambiental mejorando sus condiciones que es muy importante para el futuro del suelo del departamento del Meta.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivos generales

Establecer el efecto de dos alternativas de fertilización orgánica comparados con fertilización convencional sobre la producción de arroz secano (*O. Sativa*) variedad Victoria1039 en el municipio de Villavicencio, departamento del Meta.

#### 3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las diferencias de la fertilización convencional y fertilización orgánica sobre los parámetros de producción del cultivo arroz.
- Determinar los efectos de la fertilización orgánica en el cultivo de arroz, sobre las características físico-químicas del suelo.
- Establecer los costos asociados a la fertilización orgánica en el cultivo de arroz y comparar con la fertilización convencional.

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 El arroz en el mundo

El arroz es el cereal más cultivado en el mundo después del trigo, pero si es por calorías y las personas que dependen de este, el arroz sería el más importante, además que es el alimento básico de la mayoría de personas en el mundo. (Yajaira, 2014)

Según Yajaira (2014) información de la FAO para el año 2015 se produjeron un total de 685 millones de toneladas en 158.3 millones de hectareas el 90 % de la producción de arroz se concentra en países asiáticos, siendo China el principal productor con un porcentaje del 29 %,seguido de India con una participación del 26%, le sigue Indonesia con 9%, Blangladesh 7% y Vietnam 6%.

En America del norte el principal productor es Estados Unidos ocupando el 26 % de la producción continental, en America del sur es el segundo continente donde se produce el cultivo de arroz con un porcentaje del 6%, Brasil es el principal productor con un porcentaje del 33% seguido de Colombia y Perú que producen cerca de 3 millones de toneladas representando el 8% cada uno respectivamente, países que producen a baja escala como Ecuador, Argentina, y Uruguay con una representación del 3.5 % cada uno (Yajaira, 2014).

El continente Africano no representa un alto indice porcentual en la producción de arroz, pero existen países productores como Egipto con 8 millones de toneladas con una representación continental del 31% , otros países productores son Madagascar y Nigeria con una representación del 3.5 millones de toneladas cada uno. (Yajaira, 2014)

Los principales países exportadores son Tailandia y Vietnam, los precios giran alrededor de estos países, más de 32 millones de toneladas exportadas, sin embargo Vietnam ha sido el nuevo lider ya

que para el año 2011 hubo inundaciones en Tailandia lo cual afectó las cosechas, y Vietnam aprovechó esta situación y obtuvo estas exportaciones. (Yajaira, 2014)

Una de las principales causas que limitan la producción del cultivo de arroz en el mundo son los suelos donde este cultivo se planta, el arroz es un cultivo que no es muy exigente en suelo, hay plantaciones de arroz que con suelos ácidos con pH por debajo de 5 y otras en suelos alcalinos con pH de 9, un factor que afecta la nutrición del suelo, son las inundaciones ya que por medio de estas el suelo se lava arrastrando los nutrientes y permitiendo reacciones perjudiciales en los elementos y en la absorción. ( Rao,Wani, Ramesha, 2017)

El suelo es el factor que se debe estudiar, ya que las malas prácticas han hecho de los suelos bajos en materia orgánica y factor que limita la producción en el cultivo de arroz, las malas prácticas por el uso de plaguicidas han degradado el suelo, pero, los abonos orgánicos como Lombricompost son muchas de las alternativas que se pueden utilizar para la recuperación del mismo, estas fuentes le proporcionan al suelo materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, aireación, retención de humedad, y un pH óptimo (Kaushal y Wani, 2017)

El suelo necesita unas condiciones nutricionales para que un cultivo se desarrolle, los agricultores optan por la fertilización de síntesis la cual es perjudicial para el suelo, los sistemas convencionales han generado una degradación que empobrece los suelos cada día, los costos de fertilización en el cultivo de arroz, representan un 45 % de los costos totales, un factor a tener en cuenta ya que al ser tan elevados los costos bajan el margen de rentabilidad de los agricultores además de perjudicar la salud del suelo y de las personas. (Elsworth Y Paley, 2009)

## 4.2 El arroz en Colombia

Para el año 2016 se registraron nuevas siembras en diferentes departamentos, los cuales nunca habían sembrado, departamentos como Nariño, Choco y Vichada entraron a sembrar arroz paddy incrementando la producción nacional de este cultivo transitorio, el departamento con mayor crecimiento lo obtuvo el departamento del Huila con un total de 44,3 %, el mayor rendimiento se registró en este mismo departamento con 7.8 toneladas por hectárea (DANE, 2017)

Colombia es un país productor de arroz paddy a gran escala, para el año 2017 alcanzó una producción de 2.971.975 toneladas, la producción más alta registrada en el país, según reporte del DANE por medio del cuarto censo arrocero el arroz se siembra en 211 municipios en 20 departamento, los principales departamentos productores se encuentran Casanare con el 27 % de la producción, Tolima con 29 %; otros departamentos importantes donde se cultiva este cereal son los departamentos del Meta y Huila, en conjunto estos cuatro departamentos representan el 77% de la producción nacional.

Según Colombiaarroz (2007) El cultivo de arroz para que se desarrolle en los climas de Colombia y se obtenga la mejor producción, se siembra arroz en dos temporadas del año, la primera temporada que va de los meses lluviosos que son abril hasta julio, llamándolo arroz seco, y para la época de verano se siembra el arroz de riego, para este último incrementan los costos de producción por la implementación de mano de obra.

las principales labores que el cultivo de arroz necesita son: adecuación de los terrenos, normalmente pasan dos pases de rastra y uno de pulidor, luego se diseña el sistema de riego según la temporada de siembra, este caballoneo se hace con el tractor, y se diseña para que el agua llegue

a todos los lugares del lote, la siembra de la semilla normalmente se hace con una boleadora adaptada al tractor o siembra manual al boleado, después vienen las fertilizaciones manuales o mecanizada con boleadoras la última fertilización se aplica a los 45 días después de germinado el arroz, algunas plantaciones aplican foliares a los 70 días después de germinado el arroz, control de arvenses con herbicidas y control de enfermedades y plagas con plaguicidas y finalizan con la cosecha a los 120 días de germinado el arroz en promedio, esta labor se hace con combinadas cosechadoras. (Ramos y Monsalve, 2007)

#### **4.2.1 Manejo del suelo en el cultivo de arroz en Colombia.**

. Según Colombiaarroz (2007) El manejo del suelo en el cultivo de arroz es de manera poco sostenible con el medio ambiente, la adición de fertilizantes de síntesis acabando con la micro flora y fauna del suelo, el uso de plaguicidas en el control de arvenses plagas y enfermedades es otro ente contaminante del suelo acabando con la vida del suelo, en algunas plantaciones incorporan materia orgánica antes de la siembra, pero es un bajo porcentaje, la mayoría de siembras las hacen con un manejo convencional al suelo.

La preparación del suelo se hace con maquinaria, el fin de la utilización es controlar las arvenses presentes, e incorporar la materia orgánica al suelo de cosechas anteriores y contribuir a mejorar la estructura de la capa arable para que la semilla al ser sembrada tenga las condiciones para germinar y desarrollar el sistema radicular, se usa el rastra cuando el suelo se siembra por primera vez o se encuentra muy compactado, el uso de la rastra pesado es muy utilizado para la preparación del suelo, se utiliza de tres a cuatro pases en cada siembra (Penonome, 2011)

El suelo destinado para la siembra del arroz, es un suelo físicamente infértil ya que son de colores claros, índice de baja fertilidad, también los suelos presentan erosión por la escorrentía y por el viento y esto se debe a que el suelo es pobre en materia orgánica y por eso no soporta las condiciones adversas, también podemos observar en los suelos de Colombia que se encharcan debido a que son muy pesados y no permiten que el agua se filtre debido a que los suelos están muy laboreados por las prácticas convencionales. (FAO, s.f.)

#### **4.2.2 Degradación de los suelos en Colombia a causa del cultivo de arroz.**

La degradación del suelo se da como una condición que abre paso a la desertificación, esta degradación es generada por varios factores, entre ellos el sobre laboreo causado por la producción de cultivos de arroz que puede llevar a la compactación, los sistemas de riego mal manejados que pueden llevar a la salinización y por ende a la intoxicación de los suelos o los mismos procesos de erosión generados por la pérdida de cobertura natural, este fenómeno es causado por prácticas humanas inadecuadas, así como los procesos de variabilidad climática, tales como sequías prolongadas, entre las causas humanas de la degradación del suelo se encuentran los cultivos intensivos en estos se destaca el cultivo de arroz, el sobrepastoreo, deforestación e implementación de sistemas de riego inadecuados, todo esto se genera por una presión económica y social sobre los recursos. (Villamil, 2014)

Lamentablemente las zonas en Colombia que presentan degradación de suelos y desertificación son aquellas donde se produce la mayor cantidad de alimento, particularmente los valles interandinos, y que muchas otras, a pesar que no se ha llegado a la desertificación, cuentan con altas



probabilidades a sufrir procesos de degradación debido al sobre laboreo y mal manejo. (Villamil, 2014)

#### **4.2.3 El cultivo de arroz en el departamento del Meta.**

Para el año 2015 el departamento del Meta fue el principal productor de arroz con el 45% de la producción nacional, también es el principal productor de arroz seco en Colombia con un total de 70.465 hectáreas, eso equivale a 298.840 toneladas anuales con un rendimiento de 4.2 toneladas hectárea, Los municipios con mayor producción de arroz seco son Villavicencio 12.279 hectáreas, seguido de Puerto López con 9.519; Fuente de Oro con 9.140; Cabuyaro con 5.990; Granada con 4.132; Camaral con 2.750; Acacias, 1.983; Restrepo 1.967 y San Carlos de Guaroa con 1.649. (Colombiaarroz, 2007)

El surgimiento, la consolidación del gremio arrocero en el departamento del Meta se han enmarcado en una dinámica alrededor de la colonización de nuevas áreas para la siembra de arroz, estos hechos han permitido observar cambios importantes en el manejo de cultivo, así como el manejo del agrocomercio y la agroindustria, algunas de las grandes recomendaciones para lograr mejoras en productividad y lograr eficiencia del cultivo señalan que los agricultores deben enfocar sus esfuerzos en el uso de semilla certificada, bajar las densidades de siembra e implementar agricultura de precisión para reducir las cantidades de aplicaciones y de fertilización, soportado en análisis de suelo, esta forma de producción se enfoca en bajar los costos de producción y hacer del cultivo más rentable. (Fedearroz, s.f)

Las condiciones agroecológicas de la región del departamento del Meta no son muy favorables, ya que cuenta con unos suelos poco aptos para desarrollar la actividad, si bien los agricultores han

venido trabajando en la adecuación de los mismos por medio de correctivos y manejo de suelos, que han hecho que el cultivo de arroz se haya podido desarrollar en la región, Igualmente el recurso hídrico es abundante, pero, no se ha manejado eficientemente ya que se sobreutiliza y la siembra de arroz en la zona esta dada por el inicio de temporada de lluvias, sembrando únicamente en esta temporada. (Fedearroz, s.f)

### **4.3 Los abonos orgánicos**

Según Proargentina (2015) los abonos orgánicos se denomina a sistemas de producción sustentable, que con el buen manejo de los recursos naturales y la no aplicación de productos de síntesis ofrezcan productos sanos y abundantes que conserven la fertilidad del suelo y la diversidad ecológica.

Los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidos sus principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo o complemento o remplazo de los fertilizantes de síntesis.

El abono orgánico es el material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio, los cuales digieren los materiales, transformandolos en otros benéficos que aportan nutrimentos al suelo y, por tanto las plantas que crecen en el. (Ramos y Terry, 2014)

Los abonos orgánicos están cogiendo fuerza en el mundo debido a que es una práctica que conserva los ecosistemas edáficos, además de su valor natural para los cultivos que se producen con estos abonos, estudios de costos y pruebas en nutrición en el cultivo de arroz, con distintos abonos

orgánicos se pueden encontrar en la literatura mundial, cabe resaltar que el estudio realizado por estudiantes de la universidad de Buenos Aires Argentina, facultad de Agronomía (Dominguez, Gonzalez y Pagliettini, 2016) se enfoca en el estudio económico, dato importante para la zona de estudio y para la literatura mundial, también podemos encontrar estudios de nutrición orgánica para el cultivo de arroz en Brasil que se enfocan en la fertilización orgánica utilizando riego y la influencia en parasitoides himenópteros en el cultivo.

También otros estudios realizados en la región Kediri-Indonesia donde por medio de un análisis descriptivo cualitativo, entrevistando a 30 agricultores, determinaron que tan avanzado estaba la implementación de la agricultura orgánica en arroz en esta región y se determinó que aún es muy poco lo que se implementaba, los agricultores cuentan con terrenos propios y de esos terrenos un 3 % es dedicado a cultivar arroz orgánicamente y el resto de manera convencional y esto se debe a que la población no tiene los conocimientos sobre la utilidad de usar este tipo de agricultura, también se estableció que la población que está implementando esta agricultura, son personas jóvenes y de mediana edad con un 85 % y 17 % personas mayores que se dedican a la agricultura convencional, el departamento de agricultura de Indonesia según el estudio es el encargado de brindar tal apoyo a la siembra orgánica en arroz. (Haryati y Adi, 2019)

Estudios realizados en Tailandia de la oportunidad que los fertilizantes orgánicos tienen en la aplicación en el suelo para la siembra del cultivo de arroz y esta vez evalúan el efecto de estas enmiendas para inmovilizar el cadmio, la utilización de estiércoles de Cerdo, Vacas y Pollos, además del lombricompost sirvieron para demostrar que, si bajan las cantidades de cadmio en la planta, especialmente en el grano de arroz, estudios para descontaminar suelos contaminados con este metal pesado altamente tóxico, (Pratum y Chitsanuphong, 2019) en muchas partes del mundo evalúan el efecto de los abonos orgánicos para diferentes causas y de su importancia en la

implementación en la agricultura ya que estos abonos mejoran sustancialmente los suelos, además que suplen la necesidad de los cultivos.

Siguiendo con las evaluaciones de los abonos orgánicos, esta vez nos dirigimos al estudio hecho en la región de Sri Lanka, Australia, que se enfocaron en la comparación del efecto de los fertilizantes de síntesis y abonos orgánicos en el cultivo de arroz, para eliminar metales pesados en el suelo ya que las personas de esta región están sufriendo de enfermedades y como esta región es la mayor productora de arroz del país, decidieron hacer el estudio, el estudio determinó que los abonos orgánicos bajaban notablemente la presencia de estos metales pesados en el arroz en comparación con los fertilizantes de síntesis que arrojó una diferencia significativa, con altos contenidos de metales pesados en el arroz. (Rajatheja et al 2017)

El aprovechamiento de deyecciones ganaderas de purines de cerdo y gallinaza como fertilizante de fondo y las aportaciones en cobertera a las dosis y en el momento oportuno pueden ser elementos claves para conseguir una buena rentabilidad del cultivo, uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y a mejorar la salud de los agroecosistemas, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo, para esto fines, que conllevan la restitución de elementos minerales y vivos y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas. (Arango, 2017)

Los abonos orgánicos actúan de forma indirecta y lenta, pero con la ventaja que mejoran la estructura y la textura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes liberandolos progresivamente en la medida que la planta los demande. (Pérez y Alfaro s.f,p.1)

Resulta importante incrementar la eficiencia de utilización de los fertilizantes para evitar la degradación ambiental, los abonos orgánicos constituyen un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola; son bien conocidos sus

principales funciones, como sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo o complemento o remplazo de los fertilizantes de síntesis. (Ramos y Terry, 2014)

#### **4.3.1 Aportes de los abonos orgánicos sobre las características del suelo.**

Los abonos orgánicos tienden a influir de manera favorable sobre la fertilidad del suelo, sobre su estructura, aireación, porosidad y estabilidad de agregados, infiltración, conductividad hidráulica y sobre la capacidad de retención de agua. (Arango, 2017)

Los abonos orgánicos incrementan la capacidad de retención de humedad del suelo; la materia orgánica, debido a su alta porosidad, es capaz de retener una cantidad de agua equivalente a 20 veces su peso, mejora la porosidad del suelo, lo cual facilita la circulación del agua y del aire (Arango, 2017)

Cuando se incorporan lombricompost y gallinazas se encuentra que aumenta variables tan importantes como humedad, estabilidad de agregados y % de materia orgánica, estimula el desarrollo radicular de las plantas, a mayor contenido de materia orgánica mayor desarrollo radicular permitiendo a las plantas explorar un mayor volumen de suelo para satisfacer sus necesidades nutricionales y de agua, mejora la estructura del suelo dándole una mayor resistencia contra la erosión y una mejor permeabilidad, aireación y capacidad para almacenar y suministrar agua a las plantas. Da color oscuro al suelo permitiendo aumentar la temperatura del suelo favoreciendo las reacciones bioquímicas que allí se desarrollan. (Arango, 2017, p.15)

Los abonos orgánicos tienen un efecto directo sobre la capacidad de intercambio catiónico en el suelo reflejada en una mayor capacidad para retener y aportar nutrientes a las plantas elevando su

estado nutricional; los abonos orgánicos contribuyen a incrementar la fertilidad del suelo mediante la liberación de varios nutrientes importantes para el crecimiento de las plantas como el nitrógeno, fósforo, azufre, y algunos elementos menores como boro y cobre (Arango, 2017)

Otra característica importante de los abonos orgánicos es el incremento de la capacidad buffer o amortiguadora del suelo, lo cual se ve reflejado directamente en la habilidad para resistir cambios bruscos de pH, desde la perspectiva biológica se considera que los microorganismos tienen una gran influencia en las propiedades del suelo, además de ejercer efectos directos sobre el crecimiento de las plantas, de hecho los estiércoles han sido considerados especialmente de gran utilidad por su alto contenido de compuestos y su facilidad de descomposición por lo que, al adicionarlos, se presenta un mayor incremento de la actividad biológica (Arango, 2017,p.16)

Al existir aumento y incremento en la actividad biológica, hay una mejora notable en la estructura del suelo, debido al efecto de la agregación de los productos de la descomposición ejercidos sobre las partículas del suelo, como la fertilidad del suelo aumenta, entonces el suelo también aumenta para su capacidad para el sostenimiento de un cultivo rentable, generando una correlación positiva entre la cantidad de microorganismos y el contenido de materia orgánica del suelo. La actividad biológica del suelo presenta una contribución alta en la oxidación y reducción de los elementos esenciales al convertir las formas no aprovechables en formas aprovechables para las plantas. (Arango, 2017,p.16)

Los abonos orgánicos realizan acciones de prevención y control sobre la presencia y severidad de algunas enfermedades del suelo; reduce la cantidad de patógenos ya que establecen una competencia con los microorganismos no patógenos del suelo; presenta un proceso de mineralización del abono orgánico que le permite aumentar el contenido de nitrógeno amoniacal;

aumentan una población de microorganismos eficientes o benéficos disminuyendo notablemente la acción de los patógenos. (Arango, 2017,p.17)

#### **4.3.2 Los abonos orgánicos en la producción de arroz en Colombia.**

Los pioneros en producción orgánica en arroz fueron arroz blanquita ubicado en los departamentos del Valle y Cauca que con agricultores de la región implementaron el primer proyecto orgánico de este cultivo en Colombia, además que es el único producto orgánico certificado el latino América, con más de 400 agricultores que venden sus cosechas a esta compañía, los agricultores hacen un manejo sostenible del cultivo, usando productos con línea verde para sus fertilizaciones y minimizando el uso de agro tóxicos en el control de plagas, enfermedades y arvenses, además de usar al máximo el control biológico y de más prácticas amigables con el medio ambiente. (Arrocera la Esmeralda SAS, 2019)

La siembra de este arroz orgánico tiene varios factores a controlar, el molino que se dedica a la producción de arroz certificado orgánicamente tiene un estricto manejo, empieza con la selección de los agricultores que sembrarán el arroz, estos agricultores deben tener un compromiso de que todas la prácticas que realizan deben estar enfocadas a un manejo sostenible del medio ambiente, después de seleccionado el agricultor que es el factor más importante, se dedican a brindar una asistencia técnica calificada para que el arroz se desarrolle satisfactoriamente, el molino delega a un ingeniero Agrónomo que brinde tal asistencia, luego que se cosecha el arroz es llevado al molino donde se le realizan pruebas de laboratorio para determinar la calidad del arroz y según la calidad del mismo así se le paga al agricultor, este arroz se paga más costoso por su valor saludable y porque tiene más labores durante su ciclo de cultivo. (Angel, 2016)

Otro departamento donde se ha iniciado siembras en arroz utilizando el sistema orgánico es el departamento del Huila donde se siembran 9 hectáreas que se comercializan a mercados internacionales. (Fedeorgánicos, 2019)

### **4.3.3 Lombricompuesto en la producción de arroz.**

. Las disoluciones de ácidos húmicos aislados de lombricompuesto han demostrado un efecto protector en plantulas de arroz sometidas a estrés hídrico, la combinación de fertilizantes minerales y orgánicos (lombricompuesto) junto con bioestimulante generan las más altas producciones en el cultivo de arroz. ( Reyes, Meneses y Cierra, 2013). El humus es el estado más avanzado en la descomposición de la materia orgánica y ayuda a mejorar las condiciones físico-químicas del suelo. (Pérez y Alfaro, s.f)

Alrededor del mundo se observa el uso de la fertilización orgánica en el cultivo de arroz y uno de los abonos más utilizados es el lombricompuesto, esta vez desarrollan investigación en Iran una pais Asiático donde prueban el uso de este abono en el cultivo de arroz, la investigación se lleva a cabo en Amol en la universidad Islámica ayatolá Amolí Branch donde realizan dos siembras en diferentes años (2015 y 2016) bajo un diseño experimental por bloques completos al azar con tres repeticiones, el primer factor lo compone una fertilización de síntesis en tres niveles con la utilización de abono mineral a base de NPK, el segundo factor consiste en la utilización de tres fuentes orgánicas la primera sin la aplicación de ningún tipo de abono, la segunda con abono lombricompuesto en dosis de 8 toneladas por hectarea y el tercero 10 toneladas de abono podrido, y otro tratamiento con la combinación de las tres fuentes, los resultados fueron a favor del lombricompuesto y el 100% de NPK recomendado y el abono podrido donde se registraron un total



de 3962 kg-ha, el estudio dictamina que las mejores producciones las obtienen al combinar las dos fuentes. (Esfahani et al, 2019)

Estudios realizados en La India en las universidad de Pondicherry, Chinakakapet, Puducherry sobre fertilización en el cultivo de arroz donde se realizan dos fertilizaciones una de Síntesis y otra orgánica, las dosis de fertilizante de Síntesis fueron de 120 kg-ha de Nitrógeno, 60 kg-ha de Fósforo y 60 kg-ha de Potasio y las del abono orgánico de lombricompuesto fueron de 4 toneladas hectarea, el objetivo del estudio era comprobar si el lombricompuesto superaba o era igual que la fertilización con fertilizante de Síntesis teniendo en cuenta las variables longitud de grano, unidad de masa y rendimiento total de arroz junto con la emisión de gas metano en cada tratamiento a la atmósfera, los resultados obtenidos demostraron que el arroz abonado con lombricompuesto obtuvo las mejores producciones para un total de 2300 kg-ha en promedio, el rendimiento en la fertilización de síntesis se obtuvo un total de 2060 kg-ha en promedio, para las emisiones de metano por cada tratamiento se obtuvo para el tratamiento con lombricompuesto fue de  $111.3 \pm 58.3 \mu\text{g}/\text{m}^2$  y la del tratamiento con fertilizante de síntesis fue de  $71.0 \pm 81.0 \mu\text{g}/\text{m}^2$  sin presentar diferencias significativas entre tratamientos. (Dhanuja, Saxena y Abbasi, 2019)

El lombricompuesto en la actualidad se esta experimentando en muchas partes del mundo y muchos estudios de distintos países así lo ratifican, por lo tanto en la universidad de Annamalai en la India establecieron un experimento por bloques aleatorios con tres replicas utilizando nitrógeno en urea como un 75% de la fertilización más el 25% en lombricompuesto más Zinc y Hierro, donde se observaron los rendimientos más altos para el cultivo de arroz en la zona en uno de los tratamientos establecidos (Navennkumar et al, 2019)

#### 4.3.4 Fertilización en arroz con gallinaza.

El cultivo de arroz se comporta en el establecimiento de plantula de una manera satisfactoria con el uso de fertilización con gallinaza, durante el crecimiento del cultivo en comparación con fertilización de síntesis, el cultivo se observa con un color menos intenso, lo contrario, con la fertilización de síntesis química, Con el uso de fertilización de síntesis las plantas de arroz son más susceptibles al ataque de enfermedades como *pyricularia* y *fusariosi*,. en ensayos con distintas dosis de gallinaza sin respectivo análisis de suelo en los niveles más altos de fertilización con gallinaza no superan las fertilizaciones con síntesis química. (Martinez, Fores y Tomas, s.f)

Los mayores rendimientos en grano paddy con fertilización gallinaza se obtuvieron al aplicar 5.000 kg/ha obteniendo un rendimiento de 4582,5 kg/ha de arroz; es importante anotar que las fertilizaciones con gallinaza no superan las fertilizaciones con abonos minerales, en cambio, la combinación de ambos se obtienen los mejores resultados. (Lopez, Viña, Reynoso, & Contreras Freddy, 2014)

Según Lopez et al. (2014) y Ribo et al (s.f) afirman que la gallinaza compostada es una fuente buena de fertilización para el cultivo de arroz, pero, no supera los rendimientos de fuentes de fertilización como labinor y mineral, siendo inferior en los ensayos realizados obteniendo por hectarea un total de 6 toneladas en adelante con las distintas dosis de gallinaza. La eficiencia de fertilización es un aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de planificar una fertilización, para el caso de la gallinaza tiene una eficiencia de fertilización del 14 al 21%.

El principal aporte de la gallinaza consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes principales como el fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg),

hierro (Fe), manganeso (Mn), Zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), pero el que mayor concentración representa es el fósforo. (Herrera y Martinez, 2002,p.19)

También menciona que la cascarilla de arroz mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y filtraje de nutrientes, Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica del suelo, es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales en la resistencia de insectos plaga y microorganismos patógenos. (Cantarero y Martinez, 2002)

Estudios realizados en Central Java, Indonesia utilizando abono orgánico de estiércol de pollo, cabra y vaca en el cultivo de arroz se observó que el estiércol de pollo generaba el mayor peso del grano de arroz con un total de 5164.67 kilogramos hectarea (kg/ha) el estudio se realizó a una temperatura promedio de 29,3° y a una altura de 93 metros sobre el nivel del mar con una humedad relativa de entre 60 a 90 %. (Okti, Saeful y Widiyawati, 2016)

Según Kurniawati et al. (2018) afirman en el estudio realizado en Karanganyar Regency, Indonesia sobre la emisión de metano por parte de los cultivos de arroz observan que los abonos de estiércol de pollo bien compostados generan menos metano que las aplicaciones con fertilizante de síntesis aunque los fertilizantes de síntesis generan mayores rendimientos de grano, pero las diferencias no son extensas y dicen que se debe utilizar el abono orgánico ya que es sostenible con el medio ambiente y económicamente viable.

Otro estudio realizado en China sobre la fuga de nitrógeno en los cultivares de arroz utilizando un sistema de inundación con la cría de patos y un sistema de monocultivo de arroz, se establecieron cuatro tratamientos en cada sistema, un tratamiento sin ningún tipo de fertilizante, uno con fertilizante de síntesis, uno con fertilizante orgánico y uno último con 70% de fertilizante de síntesis y 30 % con fertilizante orgánico, los mejores tratamientos fueron en los que se aplicó los dos tipos

de fertilizante ya que reduce la contaminación por nitrógeno al suelo, reduce la cantidad de fertilizante de síntesis, aumenta la productividad agrícola y es sostenible con el medio ambiente. (Gao, et al, 2019)

#### **4.4 Principales elementos para la producción de arroz**

##### **4.4.1 Nitrógeno.**

El arroz necesita asimilar nitrógeno durante todo su periodo vegetativo. Es absorbido durante las primeras etapas de desarrollo hasta el final de la etapa pastosa, pero existen dos etapas de mayor exigencia, durante la macollamiento y al inicio de la formación del primordio floral, al momento de la floración, el nitrógeno tomado por la planta se encuentra almacenado en las láminas y vainas de las hojas; en este momento se inicia su translocación, así que cerca que cerca de la mitad del nitrógeno almacenado van a los granos. La absorción del otro 50% del nitrógeno contenido en el grano ocurre después de la floración (INIAP 2007,p.49 )

Cuando hay deficiencia de este elemento en la planta, se puede observar una clorosis en las hojas bajas o viejas, y si no se corrige se torna en todas las hojas de la planta, cuando hace falta este elemento, la altura de la planta disminuye, la poda, el índice de área foliar, y la tasa de fotosíntesis (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.2 Fósforo.**

Es absorbido rápidamente por la planta de arroz, desde la etapa de plántula y alcanza su acumulación máxima en la época de floración; durante el periodo de maduración, el índice de absorción es bajo. Cierta cantidad de fósforo se acumula en las raíces y láminas de las hojas de arroz hasta la iniciación de la panícula; y, a medida que el tallo se e longa, una cantidad considerable circula por el hasta la etapa de floración, Consecutivamente, el fósforo es translocado ágilmente a los granos que acumulan cerca del 75% del fósforo absorbido; solo el 15 % permanece en la paja. (INIAP, 2007 ).

El fósforo es necesario para el desarrollo de raíces, cuando este falta las hojas se tornan erectas y de un color verde biche, el desarrollo de raíces es deficiente y por ende el crecimiento de la planta, disminuye la producción, el peso del grano y también no asimila el nitrógeno, el potasio y otros nutrientes. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.3 Potasio.**

El potasio es absorbido de acuerdo con el crecimiento de la planta hasta el final de la etapa de grano lechoso y luego decrece. Este elemento se acumula en las partes vegetativas donde sirve para su formación y permanece en el tallo hasta la cosecha. Alrededor del 90% del potasio absorbido del suelo y/o del fertilizante permanece en la paja. (INIAP 2007,p.50 )

Este elemento le da el vigor a la planta, además que genera una resistencia a plagas y enfermedades, los síntomas de deficiencia se pueden confundir con los de nitrógeno ya que las hojas no crecen y se tornan de color verde oscuro, también influye en el peso del grano de arroz, cuando

la planta está bien nutrida de este elemento, el peso de 1000 granos aumenta como el número de espiguillas y los granos llenos. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.4 Zinc.**

Este elemento es esencial para el cultivo de arroz, es vital en procesos del metabolismo del Nitrógeno ya que es un cofactor para enzimas de glutamato deshidrogenasa y el alcohol deshidrogenasa, la deficiencia de Zinc disminuye el metabolismo anaeróbico de la raíz y reduce la capacidad de las plántulas de arroz de soportar situaciones anaeróbicas en la solución del suelo, si esta deficiencia no se corrige a tiempo también retrasa el crecimiento reproductivo de la planta, la sintomatología de la planta al haber deficiencia de Zinc es, las hojas se tornan amarillas o verde pálido, esto se presenta en las hojas más jóvenes, cuando hay exceso de nitrógeno y potasio tiende a ver deficiencia de Zinc, también limitan el macollamiento y la unidad de área de panículas. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.5 Azufre.**

El azufre es un nutriente esencial en las plantas de arroz ya que aporta aminoácidos como la cisteína y la metionina, y varias coenzimas como la biotina y el ácido lipoico, tiorredoxinas y sulfolípidos, la sintomatología de la deficiencia de azufre es muy uniforme en la planta por la poca movilidad que tiene, presenta clorosis en diferentes partes de las hojas, principalmente en las más jóvenes, la cantidad de panículas y la longitud de las mismas se ven afectadas por la deficiencia de azufre. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.6 Hierro.**

Este elemento es necesario en la planta de arroz para el proceso de la fotosíntesis, su deficiencia no permite la absorción de potasio, al igual que otros elementos menores el hierro no es muy móvil en la planta y presenta su sintomatología en las hojas más jóvenes, estas se presentan amarillas y cloróticas, la deficiencia de hierro se da principalmente en el arroz secano. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.7 Manganeso.**

El manganeso es de vital importancia en la célula vegetal, se encuentra en el cloroplasto y junto con el hierro y el cobre transportan electrones, participa en la evolución de oxígeno fotosintético, funciona como un cofactor para activar las enzimas como deshidrogenasas, la enzima proteasa también es activada por este elemento, la deficiencia de este elemento se da en las hojas más jóvenes presentando una clorosis, el manganeso apoya el movimiento del hierro en la planta y también está presente en la fotosíntesis. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.4.8 Boro.**

El boro es un componente importante en las paredes celulares, y su deficiencia resulta de una disminución del polen, la deficiencia de boro en las plantas se observa como una línea blanca en la punta de la hoja y enrollamiento de la hoja joven, en el cultivo de arroz se determina su deficiencia por el rendimiento del grano reducido por la reducción del flósculo. (Bijay & Singh, 2017)

#### **4.5 Parámetros de producción en el cultivo arroz**

Los sistemas de producción arrocero tienen una línea de investigación para que este cuente con las condiciones necesarias para el desarrollo asertivo del cultivo, los parámetros más comunes en la producción del arroz es el Fito mejoramiento que consta de cruces de variedades únicas para obtener semilla con resistencia a enfermedades, altura promedio, resistencia al volcamiento y alta producción; estas investigaciones tienen un promedio de durabilidad de 4 a 5 años para salir al mercado ya que son evaluadas por instituciones acreditadas a nivel nacional y estas instituciones son las que quedan la aprobación, los parámetros que se tienen en cuenta al evaluar una variedad que sale al mercado son: producción 1 o 2 metros cuadrados depende de la amplitud de las parcelas, peso de mil granos, número de panículas por planta, longitud de panícula, número de macollas por planta entre otras, por medio de estas variables se calculan datos de producción de la variedad que es uno de los más importantes, para la resistencia a enfermedades se evalúa grados de severidad de la enfermedad, para el volcamiento evaluaciones visuales. (Semillano S.A.S, s.f)

#### **4.6 Costos de producción en el cultivo de arroz**

Los costos de producción son variables debido a que las siembras en arroz según el clima, el tipo de suelo, las densidades de siembra, la mano de obra y asistencia técnica, y maquinaria utilizada, según Oviedo Romero (2014) los costos más altos en la producción de arroz son en la maquinaria utilizada seguido de la mano de obra y ambos representan el 36% del costo total, los fertilizantes representan el 10 %, la protección al cultivo un 6% y la semilla un 2%. En Colombia los costos para el año 2018 según la zona varían, para los llanos orientales costo de producción es menor según



Fedearroz (2018) ya que en riego los rubros son menores con respecto a nivel nacional, los terrenos en los arriendos son más económicos a diferencia de otras zonas del país; el costo de producción para el año 2018 en los llanos por hectárea costa un total de 4.207.080 millones de pesos, en una producción convencional.

#### **4.7 Variedades para la siembra de arroz**

La variedad Fedearroz 733 es una variedad que se comporta bien en climas tropicales húmedos con un promedio de rendimiento por hectárea de 6.578 kg/ha, en las pruebas hechas por Fedearroz demostraron que esta variedad era la de mejor producción, para las variedades Fedearroz 60 y Fedearroz 369 se mantuvieron en un promedio de producción superior al de la zona de estudio con un total de 6.217 kg/ha en promedio, para las condiciones agro climatológicas se comportan bien como las demás variedades estudiadas. (Fedearroz, s.f) la variedad Victoria10-39 fue comercializada por la empresa certificadora de semillas Semillano SAS una compañía que desde el año 1982 crean su primer programa de fitomejoramiento privado lo cual es vital para la creación de nuevas variedades de arroz, la variedad Victoria 10-39 es una variedad que se comporta de manera satisfactoria en la región de Villavicencio, es una variedad nueva en esta localidad y los agricultores la usan con frecuencia en sus siembras. (Semillano S.A.S, s.f)

## **4.8 Variedad victoria1039**

### **4.8.1 Principales características agronómicas.**

La variedad de arroz Victoria10-39 es el resultado de un cruce efectuado por el programa de investigación de Semillano S.A.S entre dos líneas que hicieron parte de una serie de 1000 materiales de arroz que fueron entregados por el fondo FLAR (fondo latino-americano para arroz de riego) en el año 1997, esta variedad fue evaluada por el instituto colombiano agropecuario, ICA; para ser comercializada y sembrada en la subregión de los Llanos Orientales. (Semillano S.A.S, s.f)

Victoria10-39 tiene un buen comportamiento tanto en riego como en seco, presenta buena calidad industrial y culinaria y tiene un periodo de 111 días de germinación a cosecha, la variedad Victoria10-39 se recomienda para sembrar bajo el sistema de riego en ambos semestres y para seco favorecido en el primer semestre, sembrando desde finales de marzo hasta finales de mayo en suelos de vega con buena fertilidad y que no sean arenosos (Semillano S.A.S, s.f)

### **4.8.2 Manejo agronómico.**

En la siembra convencional la preparación del suelo debe hacerse con la debida anticipación para permitir la incorporación y descomposición de residuos vegetales y aireación del suelo, esto da lugar a que la planta pueda desarrollar un adecuado sistema radicular, para un buen anclaje y mayor número de macollas; y que la retención de humedad del suelo sea mayor. (Semillano S.A.S, s.f)

Para la siembra con cero y mínima labranza, la distancia entre surcos debe ser la mínima que permita la sembradora, y en suelos de buena fertilidad, se debe pre abonar en forma dirigida, en suelos de menor fertilidad se debe pre abonar con una fuente de calcio y fósforo incorporándolo con

un pase de rastra 15 días antes de la siembra, después de la siembra se debe aplicar inmediatamente glifosato con el herbicida pre emergente. (Semillano S.A.S, s.f)

En siembra en quemas con productos químicos, la semilla queda destapada y aunque no es la mejor manera de sembrar arroz, en muchas ocasiones es un sistema para controlar arroz rojo, con este sistema se aconseja sembrar la semilla pre germinada con el lote inundado con una capa de agua de 5 a 10 cm. (Semillano S.A.S, s.f)

La densidad de siembra que se recomienda es de 130 a 150 kg de semilla por hectárea en surcos y al boleado se recomienda de 160 a 200 kg de semilla por hectárea, la dosis más baja de semillas se recomienda para suelos secos y pulidos donde la semilla queda bien tapada, y la densidad de siembra de mayor cantidad se recomienda para lotes húmedos y con una preparación deficiente. (Semillano S.A.S, s.f)

## 5 MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Localización

La investigación se llevo a cabo en la vereda Santa Rosa, finca Santa Rosa, en el municipio de Villavicencio, Departamento del Meta, se encuentra a 20 km del casco urbano vía a Puerto López, a 336 msnm con una latitud  $04^{\circ} 03'$  y longitud de  $73^{\circ} 29'$ , y una precipitación media anual de 2000mm. La temperatura promedio es de  $26.86^{\circ}\text{c}$ . el promedio del brillo solar efectivo es de 5.25 horas/día y una humedad relativa promedio de 77.95 (Corpoica la libertad, 2017)

### 5.2 Material experimental

El material experimental consistió en dos abonos orgánicos: el lombricompuesto fabricado en la finca Mundo fértil, ubicada en el municipio de Villavicencio en el km 7, vereda Caños Negros; y, la Gallinaza proveniente del departamento de Cundinamarca, de camas de 6 meses de edad con sustrato de cascarilla de arroz.

- Lombricompuesto

Tabla 2. Propiedades físicas y químicas del lombricompuesto utilizado.

Parametro	Unidad de medida	Cantidad
Humedad	%	45,5
Cenizas	%	58,6
Pérdidas por volatilización	%	41,4
Carbono orgánico oxidable	%	16,4

---

pH		7,07
Densidad	Gm/cc	0,86
Conductividad eléctrica	Ds/m	12,3
Retención de humedad	%	93,9
C.I.C	Meq/100 gm	47,9
C/N		10
N orgánico	%	1,72
Fósforo total	%	1,56
Potasio total	%	4,63
Calcio total	%	1,96
Magnesio total	%	1,53
Azufre total	%	0,35
Hierro total	%	1,33
Manganeso total	ppm	455
Cobre total	ppm	40
Zinc total	ppm	26
Boro total	Ppm	40
Sodio total	%	0,15

---

Fuente: Laboratorio de suelos universidad de los llanos y finca mundo fertil.

Abono orgánico mineral controlado por ECOCERT

- Gallinaza

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de la gallinaza utilizada.

Parametro	Cantidad en kilogramos de cada 100 kilogramos
Nitrógeno total	15 kilogramos
Fósforo total	10 kilogramos
Potasio total	4,0 kilogramos
Calcio total	5,0 kilogramos en tonelada de estiercol
Azufre total	0,5 kilogramos en tonelada de estiercol
Magnesio	2,0 kilogramos en tonelada de estiercol
Manganeso	40 gramos en tonelada de estiercol
Boro	4,0 gramos en tonelda de estiercol
Cobre	2,0 gramos en tonelada de estiercol
Silicio total	21,3 %
Carbono orgánico oxidable	8,92 %
Cenizas	68,50%
Humedad máxima	7,57%
pH	7,17
Densidad a 20°C	0,88 gr/cm 3
Capacidad de intercambio catiónico	18,5 meq/100 gr
Capacidad de retención de agua	55,6 %
Conductividad eléctrica	22,2 ds/m

Fuente: Biblioteca del campo, promedio de nutrientes en el estiércol de gallinas en Colombia

Abono orgánico mineral controlado por ECOCERT

- Fertilización de síntesis

Tabla 4. Características físicas y químicas del Cloruro de potasio.

Ítem	Característica
Composición	60 % cloruro de potasio.
Presentación	Bolsa de 50 kg, bolsones de 500 a 100 kg y a granel

Fuente: Isusa industria sulfúrica s.a.s Uruguay

Tabla 5. Características físicas y químicas del DAP

Características físicas y químicas	
Nombre químico	Fosfato de amonio dibásico
Formula química	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Peso molecular (g/mol)	132,055
Tamaño de partícula	1,18 a 4,00
Solubilidad en 20 °C (100g/100 ml)	58,0 gr/100 ml de agua
pH en solución al 10 %	7,4 – 8.0 unidades
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	955 a 1,040 kg/m <sup>3</sup>
Índice de salinidad	29.2
Humedad relativa crítica (a 30 °C)	83%
Acidez equivalente a carbonato de calcio	69 partes de carbonato de calcio por 100 de DAP
Contenido de nitrógeno total (N)	18%
Contenido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Fósforo total 46 %
	Fósforo disponible 46%
	Fósforo soluble en agua 42 %

Fuente: fertinova agro productos



Tabla 6. Composición del Triple 18.

Composición triple 18	
Nitrógeno total (N)	18,0%
Nitrógeno amoniacal (N)	7%
Nitrógeno ureico (N)	11%
Fósforo asimilable (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	18,0%
Potasio soluble en agua	18,0%
Boro soluble HCl (B)	0,05 %
Silicio total (SiO <sub>2</sub> )	3,0%
Zinc soluble HCl	0,1%

Fuente: Agrofercol, fertilizantes de Colombia s.a.s, ficha técnica Agrofercol 18-18-18

Tabla 7. Características físicas y químicas de la Urea

Características físicas y químicas	
Nombre químico	Carbamida
Formula química	CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>
Peso molecular (g/mol)	60.06
Contenido de nitrógeno total (N)	46 %
Tamaño de partícula	0,85 a 3.35 mm
Solubilidad en agua a 20 °C (100 gr/100 ml)	100 g/100 ml de agua
pH en solución al 10 %	7.5-10.0 unidades
Densidad aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	770-809 Kg/m <sup>3</sup>

---

Índice de salinidad	75.4
Humedad relativa crítica a (30 °C)	73%
Acidez equivalente a carbonato de calcio	84 partes de carbonato de calcio en 100 unidades de urea

---

Fuente: Fertinova, agro productos

Al terminar el trabajo de campo se estableció que se haría un análisis de laboratorio a los suelos fertilizados orgánicamente para ser comparados con un análisis previo, también se desarrolló una tabla comparativa de costos.

### 5.3 Manejo del ensayo y toma de datos

#### 5.3.1 Diseño experimental

El ensayo de campo se estableció usando un diseño por bloques completos al azar, con tres tratamientos y cuatro bloques para un total de doce unidades experimentales, cada tratamiento con unas medidas de 64 metros cuadrados. La información fue procesada mediante el análisis estadístico del software R, versión 3.5.3, (2019), Para cada una de las variables estudiadas se realizó un análisis de varianza (ANAVA). Para la comparación de medias de la variable altura, se aplicó la prueba de rango multiple Tukey. Tabla 15

#### 5.3.2 Tratamientos

Diseño bloques completamente al azar trabajando con cuatro bloques y los tratamientos aplicados se describen a continuación:

- **Tratamiento 1:** lombricompuesto en dosis de 23,5 toneladas hectárea (Ton/ha), para la espiga se aplicó lombricompuesto líquido en 312,5 litros por hectárea.
- **Tratamiento 2:** gallinaza en dosis de 18,7 Ton/ha
- **Testigo fertilización comercial:** agricultura convencional en dosis de 2 bultos de urea, DAP, KCL, menores por hectárea en primera fertilización luego 6,25 bultos de urea, KCL, DAP por hectárea en segunda fertilización, en tercera y cuarta fertilización 3 y 6,25 bultos de triple 18 por hectárea respectivamente, para la espiga se aplicó un formador en dosis 15 cc en 2 litros de agua.

#### 5.4 Variables de respuesta Evaluadas

Las evaluaciones fueron realizadas en plantas individuales, y semanalmente desde la siembra hasta la cosecha en el segundo semestre del año 2017 se registró: altura de planta, las variables evaluadas fueron:

- Producción hectárea.
- Peso de 1000 granos.
- Altura de planta.
- Porcentaje de humedad de producción.

#### 5.5 Hipótesis

$H_0$ = no existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento lombricompuesto, con el tratamiento gallinaza y el tratamiento con fertilización convencional para cada uno de los parámetros evaluados en la presente investigación de producción de arroz convencional y orgánico.

$H_1$ = existen diferencias significativas entre las medias de tratamiento lombricompuesto, con el tratamiento gallinaza y el tratamiento con fertilización convencional para cada uno de los parámetros evaluados en la presente investigación de producción de arroz convencional y orgánico.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Análisis de varianza

#### 6.1.1 Rendimiento.

Para cada una de las variables evaluadas se realizó una tabla de ANAVA, procesadas en el software estadístico R versión 3.5.3, cada una de las tablas se presentan a continuación.

Tabla 8. ANAVA variable rendimiento en el cultivo de arroz.

	Df	Suma sq	Mean sq	F value	Pro (>F)
BLOQUE	3	3039123	1013041	1.738	0.258
FERTILIZACIÓN	2	1833217	916608	1.572	0.282
Residuals	6	3498083	583014		

Fuente: presente investigación.

Se concluye que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para la variable rendimiento.

Tabla 9. Prueba de normalidad para la variable producción hectárea.

Shapiro- wilk normality test
Data: Fit\$residuals
W= 0.87793, p-value= 0.08247

---

Levene's Test for homogeneity of variance (Center = "median")

	D.F	F value	Pr (>F)
Group	2	0,5835	0,5777
	9		

---

Fuente: Presente investigación

Se constata que los residuales de la variable producción se ajustan a una distribución normal y se comportan con una varianza constante.

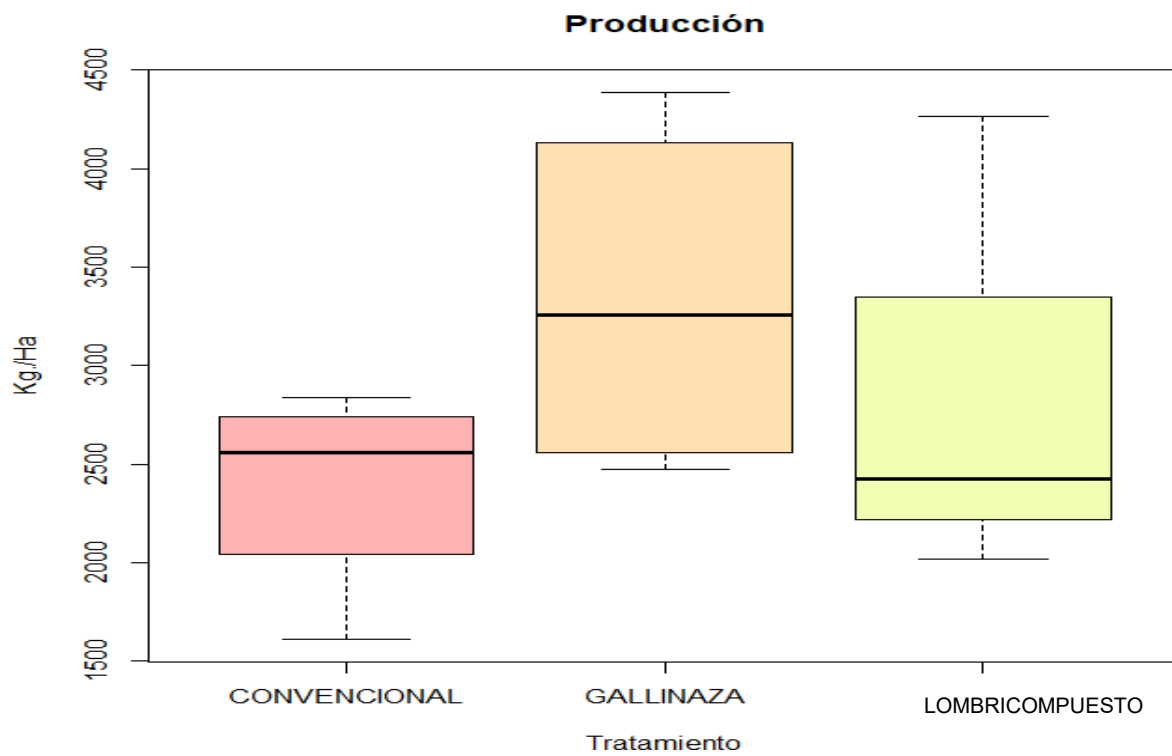


Figura 1. La figura ilustra cómo se comportó el ensayo para la variable producción por hectárea.

La figura 1 muestra que a pesar que en la estadística no existen diferencias significativas, en la práctica se puede observar un posible efecto en campo con gallinaza que se puede validar en investigaciones posteriores

### 6.1.2 Peso de mil semillas.

Tabla 10. ANAVA variable peso de 1000 semillas en el cultivo de arroz.

	Df	Suma sq	Mean sq	F value	Pro (>F)
BLOQUE	3	19,86	6,620	3.636	0.0837
FERTILIZACIÓN	2	12,20	6,098	3.349	0.1055
Residuals	6	10,93	1,821		

Fuente: presente investigación

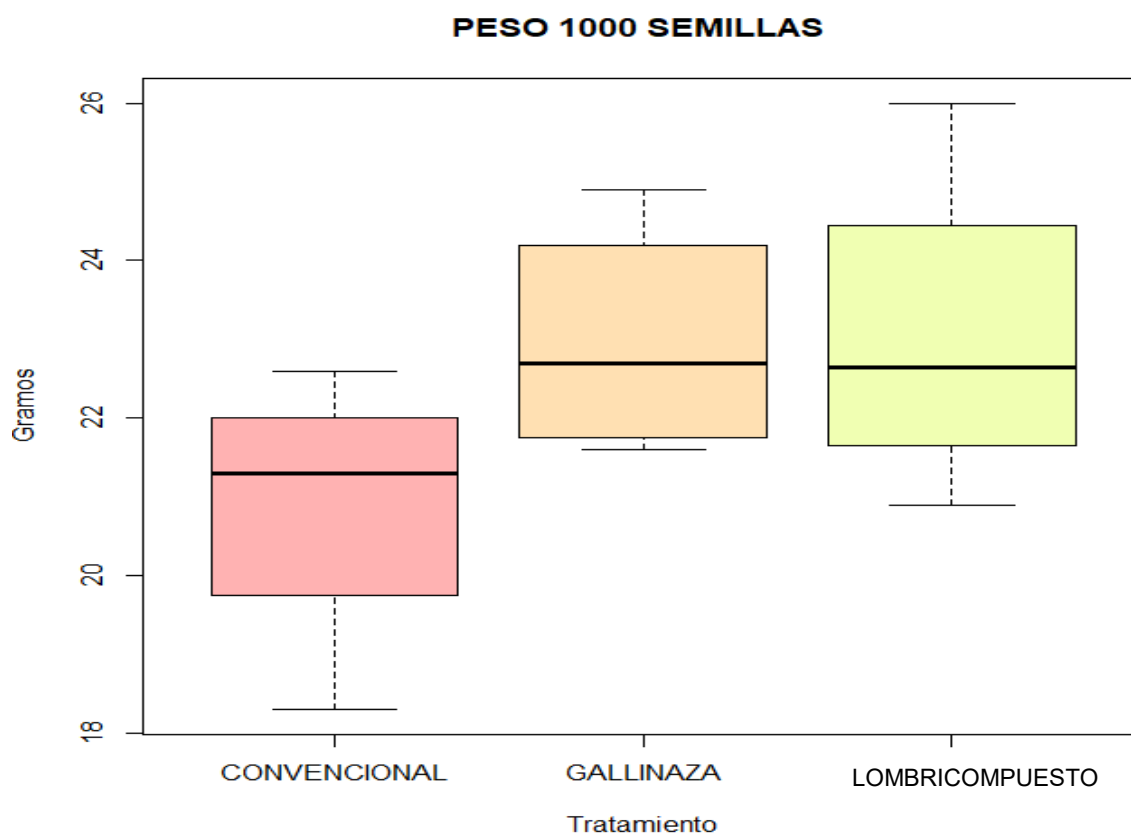
Se concluye que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para la variable peso de 1000 semillas.

Tabla 11. Prueba de normalidad para la variable peso de mil semillas en el cultivo de arroz.

Shapiro- wilk normality test			
Data: Fit\$residuals			
W= 0.96285, p-value= 0.08237			
Levene's Test for homogeneity of variance (Center = "median")			
	D.F	F value	Pr (>F)
Group	2	0,0515	0,9501
	9		

Fuente: Presente investigación

Se constata que los residuales de la variable peso de 1000 semillas se ajustan a una distribución normal y se comportan con una varianza constante.



*Figura 2.* Comportamiento variable peso de mil semillas del cultivo de arroz.

Para la variable peso de mil semillas en la figura, se observa un comportamiento muy similar entre los tratamientos evaluados.

### 6.1.3 Altura de planta.

Se desarrolló una interpretación como análisis de varianza con sub muestreo para un diseño bloque completamente al azar.



Tabla 12. ANAVA variable altura de planta

	Df	Suma sq	Mean sq	F value	Pro (>F)
BLOQUE	3	5497	2748,3	20.000	0.00222
FERTILIZACIÓN	2	398	132,5	0,964	0.46829
Residuals	6	825	137,4		
Error: Within					
	Df	Suma sq	Mean sq	F value	Pro (>F)
Residuals	108	3670	33,98		

Fuente: presente investigación.

Se concluye con una confianza del 95% que hay diferencia estadísticamente significativa en los tratamientos de fertilización para la variable altura de planta.

Tabla 13. Prueba de normalidad para la variable altura de planta en el cultivo de arroz.

Lillefors (Kolmogoruv- Smirnov) normality test
Data: Fit\$parcela\$ residuals
D= 0.16045, p-value= 0.5956
Lillefors (Kolmogoruv- Smirnov) normality test
Data: Fit\$Within\$ residuals
D= 0.076104, p-value= 0.1295

Fuente: presente investigación.

Se constata que los residuales de la variable altura tanto los experimentales como las observaciones se comportan acorde a una distribución normal, se aplica el test de Kolmogorov-Smirnov con la modificación de Lillefors.

Tabla 14. Test de Levene altura de planta en el cultivo de arroz.

	Df	Suma sq	Mean sq	F value	Pro (>F)
FERTILIZACIÓN	2	49.04	24,519	1,4426	0.2405
Residuals	117	1988,05	16,996		

Fuente: presente investigación.

Se constata que los residuales de la variable Altura presentan una varianza constante.

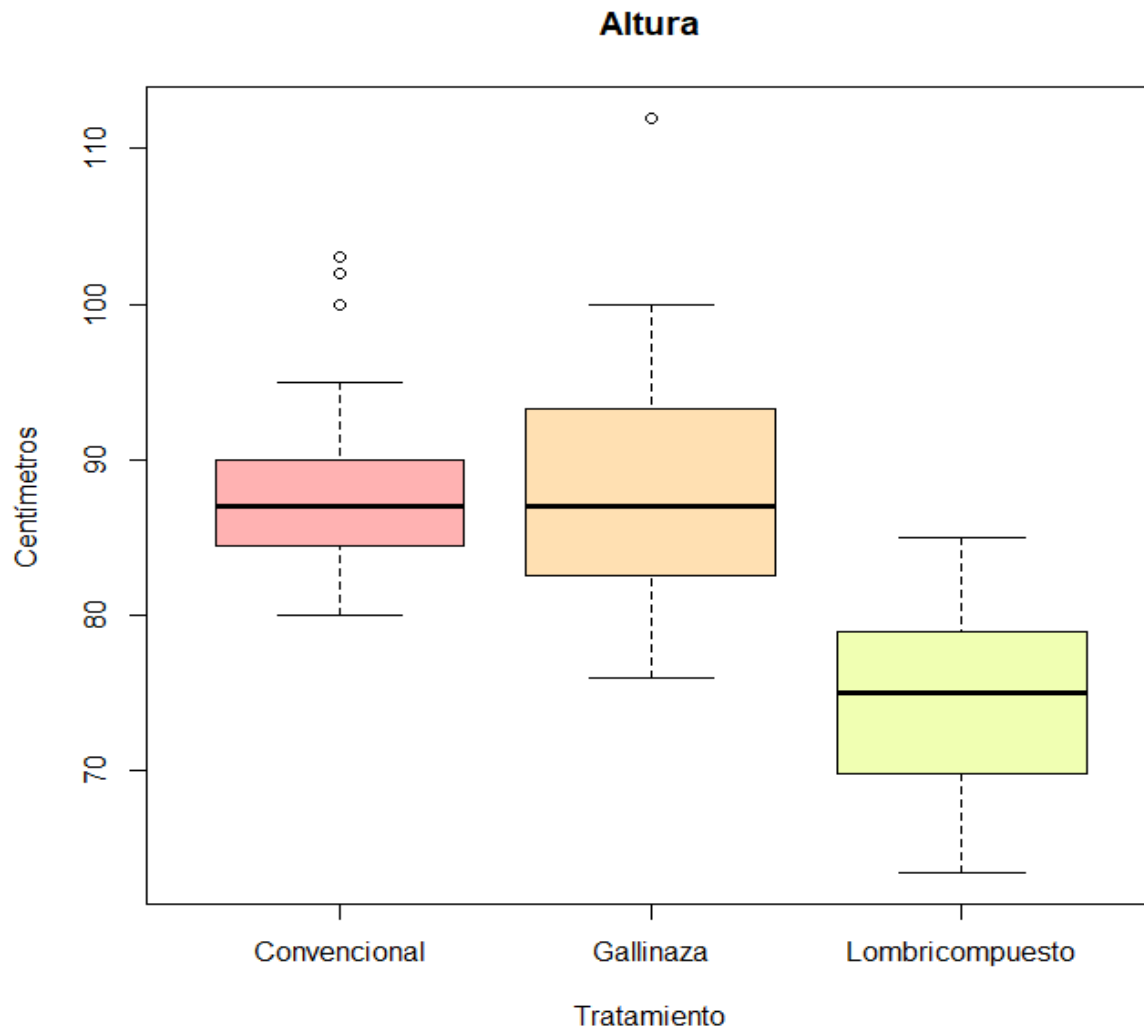
Como hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos se desarrolla la prueba de comparación de medias en este caso se aplica el test HSD (Honestly-significant-difference) de Tukey.

Tabla 15. Prueba de rango múltiple de los tratamientos evaluados en el cultivo de arroz.

Tratamientos	Altura	Grupos
Gallinaza	88,6350	A
Convencional	88,1200	A
Lombricompuesto	74,0275	B

Fuente: Presente investigación.

Con la aplicación de este test se concluye que los tratamientos convencional y gallinaza no presentan diferencia en sus mediciones de altura, pero ambos presentan diferencia con el tratamiento lombricompuesto.



*Figura 3.* Comportamiento variable altura de planta del cultivo de arroz.

En la figura se puede observar que existe una diferencia marcada entre los tratamientos gallinaza y convencional con el tratamiento lombricompuesto siendo este más bajo, en los tratamientos gallinaza y convencional existen unos datos atípicos que son los que se muestran en círculos en la

figura, estos datos se encuentran muy pocas veces y por eso el programa los saca, además que la condición altura en la planta del cultivo puede repercutir en la recolección del grano y en caso de estar muy erectas afecta este mismo proceso.

#### 6.1.4 Porcentaje de Humedad.

Tabla 16. ANAVA variable porcentaje de humedad en el cultivo de arroz.

	Df	Suma sq	Mean sq	F value	Pro (>F)
BLOQUE	3	3,663	1,2211	2.525	0,154
FERTILIZACIÓN	2	1,272	0,6358	1,315	0,336
Residuals	6	2,902	0,4836		

Fuente: presente investigación

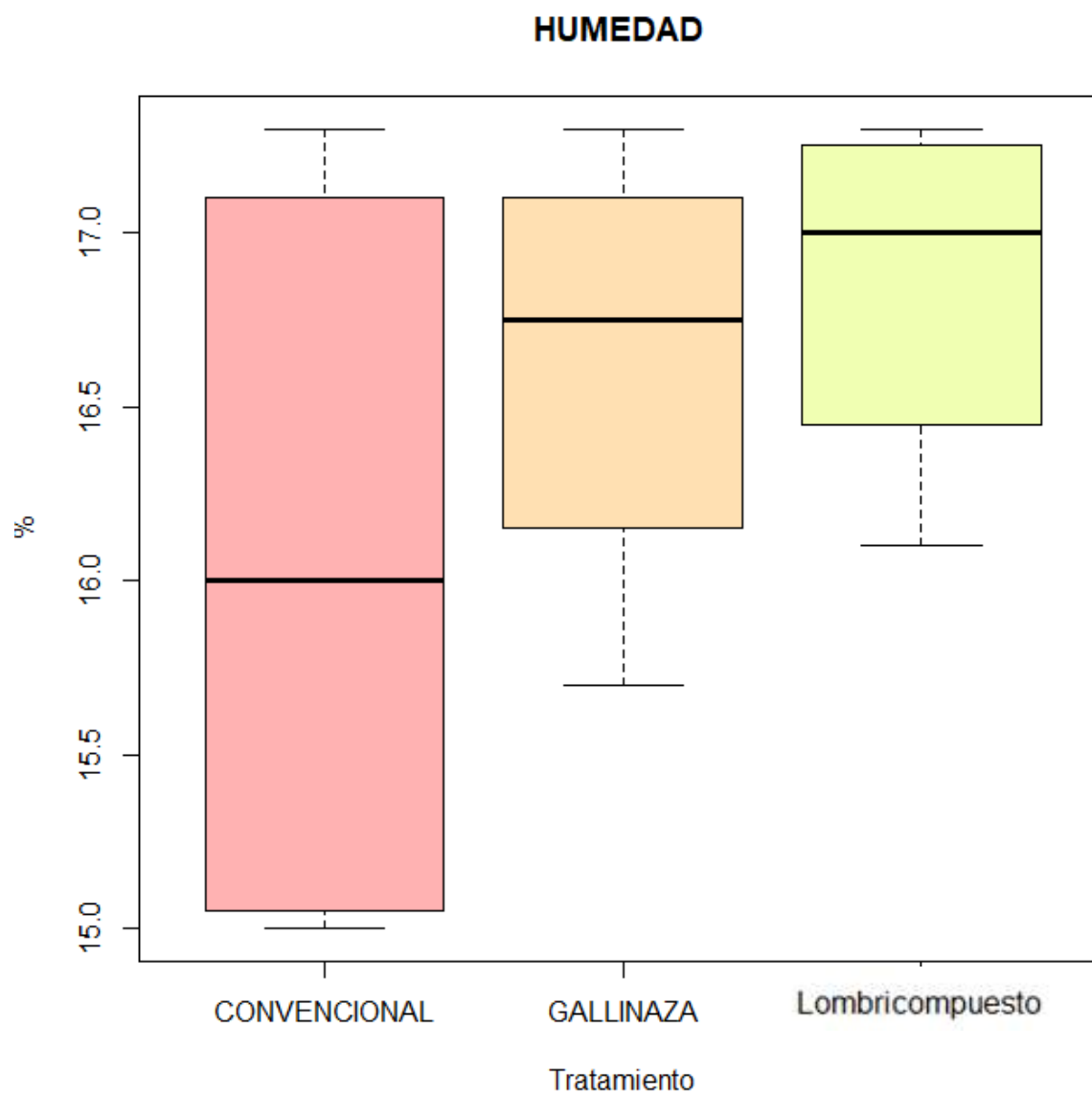
Se concluye que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos para la variable humedad.

Tabla 17. Prueba de normalidad para la variable porcentaje de humedad en el cultivo de arroz.

Shapiro- wilk normality test			
Data: Fit\$residuals			
W= 0.93942, p-value= 0.4906			
Levene's Test for homogeneity of variance (Center = "median")			
	D.F	F value	Pr (>F)
Group	2	4,2136	0,05112
	9		

Fuente: Presente investigación

Se constata que los residuales de la variable humedad se ajustan a una distribución normal y se comportan con una varianza constante.



*Figura 4.* Comportamiento variable porcentaje de humedad del cultivo de arroz.

En el porcentaje de humedad se puede observar en un rango de 15 a 17 % sin presentar diferencias significativas, la humedad es un aspecto importante a la hora de almacenar el grano ya que a más humedad el grano tiende a perderse por descomposición.

### 6.1.5 Análisis comparativo de costos

Los costos de producción se referencian para el año 2017, en la presente investigación se comparó los costos de producción de los distintos tratamientos, se consultó la página de Fedearroz más los que se hallaron en el trabajo de campo en la presente investigación, y los costos se presentan a continuación.

Tabla 18. Costos de producción con diferentes tipos de fertilizantes para el año 2017.

Comparación de costos en siembra de arroz con diferentes fuentes de fertilizantes			
Detalle	Fertilización con lombriz	Fertilización con gallinaza	Fertilización convencional
Asistencia técnica	\$ 53.559,00 *	\$ 41.527,00 *	\$ 41.527,00*
Arriendos	\$ 331.407,00*	\$ 331.407,00*	\$ 331.407,00 *
Preparación terreno	\$ 1.003.529,00*	\$ 1.003.529,00*	\$ 1.003.529,00*
Riego	0	0	0
Fertilizantes	\$ 1.840.000,00 **	\$ 1.496.000,00 **	\$ 876.481,00 *
Protección al cultivo	\$ 895.704,00*	\$ 895.704,00*	\$ 895.704,00 *
Recolección	\$ 853.584,00*	\$ 853.584,00*	\$ 853.584,00*
Otros	\$ 408.048,00*	\$ 408.048,00*	\$ 408.048,00*
Total	\$ 5.373.799,00* (**)	\$ 5.029.799,00*(**)	\$ 4.410.280,00*

Fuente: Fedearroz seccionales fedearroz comunica, Presente investigación.

Fedearroz: \*

Presente investigación: \*\*

Teniendo en cuenta asistencia técnica, arriendos, preparación de terreno, riego, fertilizantes, protección al cultivo, recolección, entre otros. Para el tratamiento convencional los costos de producción oscilan en \$4.410.280 por hectárea (Tabla 18), para los tratamientos orgánicos los costos de producción por hectárea oscilan \$5.000.000, siendo la diferencia de \$589.720 entre los tratamientos orgánicos y el convencional.

#### **6.1.6 Variación físico química del suelo al aplicar abonos orgánicos**

En el experimento se estableció que se haría un análisis de suelo previo teniendo en cuenta que son suelos altamente laboreados en el cultivo de arroz con fertilizantes de síntesis y después se analizaría los tratamientos orgánicos para hallar las diferencias entre el tratamiento convencional y los orgánicos, la información se presenta en la tabla 19.



Tabla 19. Variación físico química con tratamientos de fertilización orgánica

Variación físico químicas en el suelo al aplicar fertilizantes Orgánicos			
Característica	Análisis de suelo previo	Tratamiento con gallinaza	Tratamiento con lombricompuesto
%M.O.	<b>1.56</b>	<b>5.2</b>	<b>2.8</b>
FÓSFORO ppm	<b>7.4</b>	<b>17.5</b>	<b>2.1</b>
PH	5.02	4.4	5.2
Al meq /100 g de suelo	0.2	1.50	1.70
Ca meq /100 g de suelo	0.8	0.90	0.80
Mg meq /100 g de suelo	0.35	0.20	0.01
K meq /100 g de suelo	0.03	0.84	0.16
Na meq /100 g de suelo	0.05	0.12	0.15
Cu ppm	1.73	1.30	1.10
Fe ppm	97.92	181.87	156.25
Mn ppm	13.89	3.35	2.90
Zn ppm	2.00	1.85	0.45
B ppm	0.4	0.42	0.47
S ppm	<b>3.94</b>	<b>49.08</b>	<b>7.06</b>
%N	0.08	0.26	0.14
<b>CICE</b>	<b>1.59</b>	<b>3.56</b>	<b>2.82</b>
Ca/Mg		4.50	80.0
Mg/K		0.24	0.06
Ca/K		1.07	5.00
Textura	Franco arcilloso	Franco arcillosa	Franco arcilloso

Fuente: Presente investigación, laboratorio de suelos Universidad de los Llanos

En el análisis de suelo se observa el incremento de materia orgánica (MO), fósforo (P) y azufre (S) para el tratamiento con gallinaza, para la condición capacidad de intercambio catiónico efectivo (CICE) los tratamientos orgánicos presentan un incremento en relación al estado inicial del suelo, para los demás elementos y condiciones químicas y físicas se observa una similitud en los datos.

## 7 DISCUSIÓN

### 7.1 Producción

Para la variable producción en la investigación se obtuvo que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los tres tratamientos evaluados, igual pasó con la variable peso de mil semillas que son las variables que dictaminan la producción.

Pero Según Reyes, Meneses y Cierra (2013) encontraron en su investigación que la aplicación de Fitomonas-E combinado con fertilizante mineral y abono orgánico lombricompuesto líquido generaban las mayores producciones y afirman que el lombricompuesto actúa como un protector de la planta de arroz sometidas a estrés hídrico, en esta investigación vemos que el lombricompuesto por sí sólo generan producciones semejantes a la fertilización con gallinaza y de síntesis química, los autores ( Reyes, Meneses y Cierra, 2013) usan una cantidad más baja de lombricompuesto además que viene en una presentación líquida y esto los lleva a que obtengan los resultados que se muestran, las mayores producciones las obtienen al combinar las Fitomonas-E, junto con el fertilizante mineral y el lombricompuesto en presentación líquida para obtener un total de 6.05 Ton/ha presentando diferencia significativa a favor con los demás tratamientos.

En la presente investigación para el tratamiento lombricompuesto se obtuvo una producción de 2,8 Toneladas por hectárea en promedio, los resultados obtenidos son bajos en comparación con la investigación hecha por ( Reyes, Meneses y Cierra, 2013) debido a que la investigación se llevó a cabo en el segundo semestre del año 2017 desde el mes de agosto hasta el mes de diciembre que es la época seca del año en el departamento del Meta y no se contó con riego, teniendo en cuenta que las dos investigaciones se llevaron a cabo en diferentes lugares, la primera investigación se

llevo a cabo en Cuba un país centro Americano, además en una isla donde las condiciones agroecológicas son diferentes a la de nuestro departamento, la investigación hecha por ( Reyes, Meneses y Cierra, 2013) no es consistente con la presente investigación.

Según Esfahani et al, (2019) en su investigación hecha en Iran donde evalúan fertilizante mineral, abono orgánico descompuesto y el lombricompuesto donde las mejores producciones se presentan cuando combinan las tres fuentes a razón de 8 toneladas de lombricompuesto, 10 toneladas de abono orgánico podrido y 100 % de fertilización mineral recomendado por hectárea para un total de 3962 kg/ha vemos que es un resultado más similar a lo que se obtuvo en esta investigación, sin embargo los resultados son la combinación de tres fuentes distintas, lo contrario de esta investigación que se usó una sola fuente y se obtuvo un total de 2,8 Ton/ha aplicando 23 toneladas de lombricompuesto por hectárea, los resultados de la investigación como se menciona anteriormente son bajos posiblemente debido a las condiciones climáticas y agroecológicas de la zona de estudio, las dos investigaciones se realizaron en lugares diferentes con condiciones agroecológicas diferentes.

La investigación hecha por Esfahani, et al (2019) encuentran que las mejores producciones se presentan cuando se aplica la combinación de lombricompuesto, abono orgánico descompuesto y fertilización mineral al 100 % recomendado presentando diferencias con los demás tratamientos evaluados y para la presente investigación observamos que el lombricompuesto no presenta diferencias con los demás tratamientos y se obtienen como resultado que el lombricompuesto sufre la necesidad nutritiva del cultivo de arroz sin necesidad de usar una fuente mineral teniendo también como resultado que para suplir la necesidad nutritiva del cultivo es incrementar las dosis de lombricompuesto porque la investigación hecha por Esfahani, y otros (2019) se basan en una

fertilización mineral al 100 % recomendada y como suplemento usan el lombricompuesto y el abono orgánico descompuesto y esta investigación no es consistente con la presente investigación.

Para Navennkumar, et al (2019) presenta en su investigación lo mismo que menciona ( Reyes, Meneses y Cierra,2013; Esfahani, et al, 2019) que las fuentes de abono orgánico lombricompuesto no supe la necesidad del cultivo más es una enmienda que refuerza la fertilización de síntesis y no es consistente con la presente investigación.

Según Dhanuja, Saxena y Abbasi (2019) en su investigación en la universidad de Pondicherry Chinakalpet de la India afirman que el cultivo de arroz fertilizado con lombricompuesto genera las más altas producciones comparado con una fertilización de síntesis a razón de 4 Ton/ha de lombricompuesto y 240 kg/ha de NPK, presentando diferencia significativa para un total de 2300 kg/ha y 2060 kg/ha respectivamente y también evalúan la emisión de metano donde el tratamiento fertilizado con lombricompuesto generan las más altas emisiones sin presentar diferencias significativas, los resultados de la investigación de (Dhanuja, Saxena y Abbasi, 2019) se asemejan a los resultados obtenidos para la fertilización con lombricompuesto donde se obtuvo un total de 2,8 Ton/ha, sin embargo ninguna de las investigaciones consultadas obtienen los mismos resultados que obtuvo la presente investigación porque unos afirman que el lombricompuesto por sí sólo no supe la necesidad nutritiva y otros que presenta diferencia significativa, pero nunca coinciden en que no presentan diferencias significativas con los demás tratamientos, y esto hace que la investigación en sus resultados sea diferente, por lo cual la investigación sigue siendo no consistente con la presente investigación.

Para la fertilización con gallinaza según Martínez, Fores y Tomás (2011); López, et al, (2014); Ribo, et al (s.f) usando abono gallinaza en diferentes dosis por tratamiento y fertilización mineral

afirman que las fertilizaciones con gallinaza en la dosis más altas no superan en rendimiento a la fertilización mineral, también observan que el color verde es más intenso en la fertilización mineral, para esta investigación el tratamiento gallinaza no presenta diferencia significativa con la fertilización mineral siendo totalmente contrarias las dos investigaciones, pero hay que tener en cuenta que las dosis por hectárea en las dos investigaciones es distinta, la investigación de (Martinez, Fores y Tomas ,2011) en las más altas dosis de gallinaza utilizan 340 kg/ha de nitrógeno en forma de gallinaza una dosis muy baja en comparación en lo que se aplicó en la presente investigación donde se utilizó 18,7 Ton/ha y por medio de estos resultados se afirma que para suplir la necesidad del cultivo de arroz se debe tener en cuenta las dosis, para esta investigación según el terreno que se trabajó se necesitan 18,7 Ton/ha, entonces se puede decir que incrementando las dosis de gallinaza y teniendo en cuenta análisis de suelo se afirma que se va a suplir la necesidad nutricional del cultivo de arroz por tanto la investigación no es consistente con la presente investigación.

Según Okti, Saeful y Widiyawati (2016) utilizando diferentes tipos de abono orgánico entre ellos la gallinaza testifican que la gallinaza es la mejor fuente de abono orgánico de los evaluados los cuales se encuentran estiércol de cabra y vaca, la fertilización con gallinaza obtiene un rendimiento de 5164.67 kilogramos hectárea un rendimiento diferente al obtenido en esta investigación, para esta investigación el abono gallinaza obtuvo un rendimiento de 3,4 Ton/ha y para el tratamiento de síntesis química se obtuvo un total de 2,4 Ton/ha, las dos investigaciones tienen un enfoque diferente porque la presente investigación compara la fertilización de síntesis con la fertilización orgánica y la investigación hecha por (Okti, Saeful, & Widiyawati, 2016) compara entre diferentes abonos orgánicos, por tanto es no consistente con la presente investigación.

Al observar estos resultados se viene a colación factores agronómicos ya que para la producción de cualquier cultivo se deben tener en cuenta labores específicas, desde la preparación del terreno, programa de riego y drenaje, fertilización, manejo de arvenses, plateos, podas, control fitosanitario, entre otros, y también se puede afirmar que todas las investigaciones a nivel mundial tienen distintos factores agronómicos, la fertilidad del suelo no es la misma, la disponibilidad de agua es diferente en las regiones, además que se cuenta con condiciones agroecológicas diferentes, también puede ser que estas condiciones sean a favor o en contra de las regiones en estudio y por eso se tienen resultados distintos y es importante anotar que los abonos orgánicos suplen la necesidad nutritiva del cultivo y no es de todo cierto lo que afirman algunos autores anteriormente que estos abonos son complementarios en la fertilización de síntesis, también se debe mencionar que las dos fuentes de fertilización se complementan muy bien, pero si deseamos que la nutrición sea totalmente orgánica se puede hacer con los abonos orgánicos trabajados en la presente investigación.

Según Kurniawati (2018) que al hacer un ensayo con dos tipos de fertilizante, uno de síntesis y el otro de abono orgánico gallinaza junto con fertilización de síntesis, afirma que no existen diferencias significativas entre los dos tratamientos, además evaluó la emisión de metano por cada uno de los ensayos y demostró que el fertilizante de síntesis genera mayor emisión de metano a la atmósfera y la combinación de gallinaza con fertilización de síntesis genera menos emisiones de metano a la atmósfera, la investigación realizada se enfoca en la combinación de ambas fuentes para la disminución de gas metano a la atmósfera sin alterar la rentabilidad del cultivo, este autor trabaja la tesis que el abono con gallinaza debe combinarse con la fertilización de síntesis para disminuir la emisión de metano a la atmósfera, sin embargo no evalúa la fertilización con gallinaza en dosis única, lo que quiere decir que no es consistente con la presente investigación.

## **7.2 Peso de mil semillas**

Según Semillano S.A.S (s.f) el peso para las mil semillas es de 23,2 gramos en el cultivo de arroz en promedio, para la presente investigación se obtuvo un total de 23,05 gramos para el tratamiento con lombricompuesto, de 22,975 para el tratamiento con gallinaza y de 21 gramos para el tratamiento con fertilizante de síntesis, los resultados son semejantes a lo reportado por la literatura, sin embargo en la práctica se observa que los resultados en la presente investigación son menores, atribuyendo sus resultados a la falta de agua en el ciclo del cultivo.

## **7.3 Altura de planta**

Para la variable altura de planta el tratamiento lombricompuesto presenta diferencias significativas entre los otros dos tratamientos evaluados y según el análisis de suelo después de terminado el ensayo (anexo 2) muestra que el tratamiento lombricompuesto es deficiente en el elemento fósforo y se debe anotar que el elemento fosforo es el principal elemento encargado en el desarrollo de raíces y crecimiento de la planta (INIAP, 2007 ) entonces esta baja altura para el tratamiento lombricompuesto se puede dar a causa de este factor.

La altura de planta es un factor importante a la hora de cosechar el cultivo de arroz, ya que plantas muy erguidas pueden generar una pérdida en la recolección

## **7.4 Análisis de suelo**

Para los parámetros de análisis de suelo se realizó una prueba de laboratorio para los tratamientos gallinaza y lombricompuesto después de ser cosechado el arroz. Para la característica materia Orgánica (MO) se obtuvieron los siguientes resultados: para el tratamiento gallinaza incremento 3.64 puntos con respecto al análisis previo obteniendo un resultado de 5.2 % de MO,



para el tratamiento con lombricomposto obtuvo un porcentaje de 2.8 % de MO incrementando 1.24 puntos, el análisis previo arrojó un porcentaje de 1.56.(tabla 19) estos resultados de materia orgánica favorecen al tratamiento fertilizado con gallinaza ya que su porcentaje de incremento es alto haciendo del suelo un lugar apto para plantar arroz ayudando en la obtención de nutrientes como NPK y elementos menores, retención de humedad y la presencia de microorganismos benéficos en la rizósfera de la planta (Raul, Aguirre y Flores 2015) según lo reportado por Cantarero y Martinez (2002) la gallinaza el principal aporte de nutrientes es el nitrógeno y en esta investigación se observa el incremento del elemento fósforo como mayor aporte. Para el elemento fósforo (P) ppm el tratamiento con gallinaza obtuvo un resultado de 17.5 ppm incrementando 10.1 puntos con respecto al análisis previo en el suelo laboriado convencionalmente, para el tratamiento con lombricomposto obtuvo un resultado de 2.1 ppm siendo el menor valor, el análisis previo arrojó un valor de 7.4 ppm, para el elemento asufre el tratamiento con gallinaza obtuvo el más alto porcentaje y para la condición CICE los tratamientos orgánicos fueron mejores, Para las demás características no hubo una variación significativa como se observa en la tabla 19.

## **7.5 Costos de producción**

Para los costos de producción se observó que los tratamientos orgánicos son más costosos debido a que las cantidades de abono para suplir la necesidad de la planta son mayores, sin embargo estos le van a proporcionar mejor calidad de producto, también va ser sostenible con el suelo y el medio ambiente, además por tener esta condición orgánica los mercados los comercializan a mayor precio (Arango, 2017)

## 8 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten las siguientes conclusiones:

- Las fertilizaciones orgánicas y la convencional son necesarias en la producción del cultivo de arroz, sin embargo, con el uso de fertilización orgánica se obtienen rendimientos semejantes a la fertilización con fuentes de síntesis industrial acorde a las dosis de aplicación trabajadas en la presente investigación.
- El efecto de los fertilizantes orgánicos y convencional son variables en los tratamientos orgánicos se observó un incremento de la materia orgánica lo cual indica fertilidad, disponibilidad de nutrientes, retención de humedad, aumento de la población microbiana, y posiblemente para futuras siembras el requerimiento de fertilizantes será menor ya que el suelo cuenta con mejor fertilidad.
- En el tratamiento con fertilización con gallinaza se observa un aumento del elemento fósforo el cual es de gran importancia en el desarrollo de raíces y crecimiento de la planta, bajando costos y dosis de abono en la fertilización.
- Los costos de producción van a variar según el tipo de fertilizante que se aplique, los abonos orgánicos son más costosos, generando una ganancia menor frente al manejo convencional, pero, los abonos orgánicos le proporcionarán al medio sostenibilidad ambiental y calidad al producto.
- Para la variable altura de planta los tratamientos con gallinaza y fertilización de síntesis presentan diferencias con el tratamiento lombricompuesto, posiblemente la baja altura del tratamiento lombricompuesto se da por la falta del nutriente fósforo en este abono.

## 9 RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar investigaciones con fertilizantes orgánicos especialmente con el lombricompuesto y gallinaza, dado que en la presente investigación se obtuvo datos de efecto sobre algunas variables de producción al fertilizar con este abono y que se articulen nuevos insumos de producción orgánica en el cultivo de arroz para una agricultura sostenible con el medio ambiente.
- Para verificar los resultados obtenidos en este estudio se recomienda establecer ensayos en diferentes localidades y semestres en la zona de estudio.
- Para la implementación de nuevos ensayos en la zona se recomienda tener en cuenta el pronóstico de las condiciones agroclimáticas que exige el cultivo para determinar las fechas de siembra y cosecha.

## 10 BIBLIOGRAFIA

- A.N. Rao, S.P. Wani, M.S.Ramesha, & J.K.Ladha. (2017). *Rice Production worldwide*. Cham, Switzerland.
- Angel, J. G. (Dirección). (2016). *Siembra y Producción de Arroz Orgánico* [Película].
- Arango, M. J. (2017). *Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos*. Tesis especialización, Manizales.
- Arrocera la Esmeralda. (2019). <http://www.blanquita.com.co>. Recuperado el 28 de Marzo de 2019, de <http://www.blanquita.com.co/blanquita/sostenibilidad.html>
- Bijay, & Singh. (2017). *Rice Production worldwide*. Cham, Switzerland.
- Blanco Sandoval, J. O. (2003). *manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo de arroz*. Cucuta: PRONATTA.
- Cantarero Herrera, R. J., & Martínez Torrez, O. A. (2002). *EVALUACION DE TRES TIPOS DE FERTILIZANTES ORGANICOS Y MINERALES EN EL CULTIVO DE MAIZ*. Tesis de diploma, Managua.
- Castro, D., Gonzalez , D. R., Hernandez , A. A., Castillo, D., Fraga, J., Falco, S., . . . Santa Cruz, L. (2007). ESTABILIDAD A TEMPERATURA AMBIENTE DE ARROZ INTEGRAL ORGANICO DE LA VARIEDAD CUBANA BOLITO BAHIA ENVASADO AL VACIO. *Ciencia y tecnología de alimentos vol 17, N°3*, 67-71.
- Colombiarroz. (20 de Septiembre de 2007). [colombiarroz.blogspot.com](http://colombiarroz.blogspot.com). Recuperado el 13 de Noviembre de 2018, de <http://colombiarroz.blogspot.com/2007/09/importancia-economica-y-social-del.html>
- Corpoica la libertad. (2017). *Clima la libertad*. informe mensual, Villavicencio.

- DANE. (12 de Febrero de 2017). *www.portafolio.co*. Recuperado el 23 de Marzo de 2019, de <https://www.portafolio.co/economia/crece-produccion-de-arroz-mecanizado-en-colombia-503335>
- Dhanuja, Saxena, & Abbasi. (2019). Efecto de la aplicación de vermicompost sobre la emisión de metano y el rendimiento de grano del cultivo de arroz Chinna Ponni. *Arroz y Medio Ambiente del Agua*.
- Dominguez, J., Gonzalez Innocenti, J., & Pagliettini, L. (2016). ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE ARROZ ORGÁNICO EN ENTRE RÍOS Y CORRIENTES, ARGENTINA. COMPARACIÓN CON RESPECTO A LA PRODUCCIÓN CONVENCIONAL. *Agronomía y ambiente*, 53-71.
- ELSWORTH, L., & PALEY, W. (2009). *Fertilizer Propierties, aplicatións and effects*. New York.
- Esfahani, Niknejad, Fallah, & Dastan. (2019). Manejo integrado de abonos orgánicos y fertilizantes químicos para mejorar el rendimiento del arroz y el contenido de nutrientes de los cultivares de arroz. *Comunicaciones en ciencia del suelo y análisis de plantas*, 570-585.
- Estrada Pareja, M. M. (2005). Manejo y procesamiento de gallinaza. *Revista lasallista de investigacion Vol 2*, 43-44.
- FAO. (s.f.). *www.fao.org*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s04.htm>
- Fedearroz. (s.f.). *www.fedearroz.co.com*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2017, de <http://www.fedearroz.com.co/new/historiaarroz.php>

- Fedeorgánicos. (28 de Marzo de 2019). <http://www.fedeorganicos.com>. Recuperado el 28 de Marzo de 2019, de <http://www.fedeorganicos.com/en-colombia-exportamos-95-de-la-produccion-organica/>
- FUNDESYRAM. (s.f). [www.fundesyram.info](http://www.fundesyram.info). Recuperado el 13 de Diciembre de 2018, de <http://www.fundesyram.info/biblioteca.php?id=3358>
- G.S. Laha, Singh, R., D. Ladhalakshmi, S. Sunder, Sr. Srinivas Prasad, C. S. Dagar, & V. Ravindra Babu. (2017). *Rice Production worldwide*. Cham, Switzerland.
- Gao, Sha, Wang, Fang, Dai, Yi, & Cao. (2019). Fuga de nitrógeno en un sistema de cocultivo de arroz y pato con diferentes tratamientos de fertilizantes en China. *Ciencia del medio ambiente total*, 555-567.
- Garcia M, J., Jaramillo G., L. S., & Carrillo Ch, J. A. (2014). CAMBIOS EN PROPIEDADES FISICAS DE UN VERTIC HAPLUSTALF por aplicacion de un abono organico fermentado. *Biotecnologia en el sector agropecuario y agroindustrial*, 47-55.
- Garcia, Y., A., E., & Herrera, F. (2005). Dinamica microbiana de la fermentacion en vitro de la excretas de gallinas ponedoras. *Revista Cubana de ciencia agricola*, tomo 39, 75-79.
- Gianechini, K., & Campot, E. (2007). [www.nevilweb.com](http://www.nevilweb.com). Recuperado el 11 de Enero de 2018, de [www.nevilweb.com/lombrihumus](http://www.nevilweb.com/lombrihumus)
- Haryati N., & Adi S.M. (2019). DEVELOPMENT STRATEGY OF RICE ORGANIC FARMING SUSTAINABILITY TOWARDS FOOD SAFETY: A CASE STUDY IN KEDIRI-INDONESIA. *Revista Rusa de ciencias agrícolas y socioeconómicas*, 226-235.
- heifer-ecuador. (s.f.). [www.heifer-ecuador.org](http://www.heifer-ecuador.org). Recuperado el 12 de Noviembre de 2018, de <http://www.heifer-ecuador.org/wp-content/uploads/2018/03/1.-Documento-reflexio%CC%81n-fertilidad-suelo.pdf>

- Hernandez, R. (s.f.). *www.eltiempo.com*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2018, de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1636288>
- ICA. (1992). *FERTILIZACIÓN EN DIVERSOS CULTIVOS*. Investigación, Tibaitatá.
- Illarze, G., Ricceto, A., Irisarri, S., & Pilar. (2017). Emisión de óxido nitroso, nitrificación, desnitrificación y mineralización de nitrógeno durante el cultivo del arroz en 2 suelos de Uruguay. *Revista de Argentina de microbiología*, 97-104.
- INIAP. (2007 ). *Manual del cultivo de Arroz*. Guayaquil: 2 edicion .
- Kaushal, M., & Wani, S. (2017). *Efficacy of Biological Soil Amendments and Biocontrol Agents for Sustainable Rice and Maize Production*. Singapore.
- Kurniawati. (2018). The dynamics of methane (CH<sub>4</sub>) emissions in organic and conventional paddy fields on Alfisols and Andisols at Karanganyar Regency, Indonesia. *Earth Environ.*
- Lopez, R., Viña, B., Reynoso, A., & Contreras Freddy. (2014). Aplicacion de gallinaza y reducción del fertilizante mineral sobre el rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) en inundacion. Santo Domingo.
- Martinez, M., Forez, V., & Tomas, N. (s.f). Fertilizacion del arroz con gallinza una alternativa en alsa. Amposta Tarragona.
- Milpa Mejia, S., Grenon Cascales, G., Gonzalez Castellanos, A., & Vazquez Garcia, L. M. (2012). Cultivo en meseta de iris *xiphium* L. con diferentes concentrados de lombriz y sus lixiviados. *FCA UNCUYO*, 109-117.
- miniambiente. (05 de Diciembre de 2016). *www.minambiente.gov.co*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2018, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2592-40-del-territorio-colombiano-presenta-algun-grado-de-degradacion-de-suelos-por-erosion>

- Monografías.com. (s.f). *m.monografias.com*. Recuperado el 11 de Enero de 2018, de [m.monografias.com/trabajos94](http://m.monografias.com/trabajos94)
- Navennkumar, Gobi, Stalin, & Sathiyamurthi. (2019). Enfoques agronómicos sostenibles para mejorar el crecimiento y el rendimiento del arroz. *Plant Archives*, 609-612.
- Okti, H., Saeful, A., & Widiyawati, I. (2016). *Response of black rice (Oryza sativa L Indica.) to organic fertilizer and seedling number on grain yield, amylum, antioxidant, and thiamin hydrochloride contents*. Java Central.
- Oviedo Romero, J. A. (2014). *Determinación de población y costos de producción en el cultivo de arroz*. trabajo investigativo, Machala.
- Penonome. (21 de Agosto de 2011). *cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com*. Recuperado el 19 de Noviembre de 2018, de <http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com/2012/08/fertilizacion.html>
- Penonome. (21 de Agosto de 2012). <http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com.co>. Recuperado el 02 de Mayo de 2018, de <http://cultivodearrozoryzasativa.blogspot.com.co/2012/08/fertilizacion.html>
- Pérez, M. D., & Alfaro, E. (s.f). <http://www.innovacion.gob.sv>. Recuperado el 29 de Agosto de 2018, de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/3061/fertilizacionmcch.pdf>
- Pincirolí, M., Ponsio, N., & Salsamendi, M. (2015). *EL ARROZ ALIMENTO DE MILLONES*. La Plata: Universidad Nacional de la plata.
- Pratum, & Chitsanuphong. (2019). Response of Cadmium Accumulation in Rice (*Oryza sativa* L. cv. SPR1) Grown with Different Organic Soil Amendments. *Science y Technogy*, 443-458.



- Proargentina. (2005). *Productos organicos*. Buenos Aires: El Cid Editor.
- Quintero, C. (22 de Marzo de 2017). *www.engormix.com*. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-altos-rendimientos-arroz-t40444.htm>
- Quintero, C., Zamero, M. A., van Derdonckt, G., Boschetti, G., Befani, M. R., Arévalo, E., & Spinelli, N. (s.f). *www.fertilizando.com*. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <http://www.fertilizando.com/articulos/Ensayos-Fertilizacion-Balanceada-Arroz.asp>
- Rajatheja M.K.J.C., Chandrajith, R., Bentota, A., & Jayasinghe, G.Y. (2017). Comparative Assessment of Trace Element Accumulation in Traditional and Improved Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties Grown with Organic, Chemical and Non-Fertilizers. *Symposium*, 22.
- Ramos Agüero , D., & Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos organicos. *cultivos tropicales* , 52-59.
- Ramos G., N., & Monsalve , S. (2007). *Produccion de arroz y su relacion con la planta y el ambiente*. Villavicencio, Colombia.
- Raul E., T., Aguirre, L., & Florez, E. (2015). INFLUENCIA DE LA REVEGETACIÓN CON ESPECIES NATIVAS Y LA INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA EN LA RECUPERACIÓN DE PASTIZALES DEGRADADOS. *Ecología aplicada*.
- Ribo, M., Zreik, C., Rivaes, S., Cirera, J., Tarazona, F., M, S., & Pomares, F. (s.f). Respuesta del arroz ecologico a diferentes productos fertilizantes en el Delta del Ebro.
- Rodriguez Alfaro, M., Muñoz Urgate, O., Calero Martin, B., Montero Alvarez, A., Martinez Rodriguez , F., Llmeras Jimenez , T., . . . De Aguilar Accloly, A. (2012). Contenido de metales pesados en abonos organicos. *Cultivos tropicales*, 5-12.

Rodriguez, J. H. (1999). Fertilización en el cultivo de arroz. *fertilización en el cultivo de arroz*, (pág. 14). Costa Rica.

Rodriguez, J. H. (S.F). FERTILIZACION DEL CULTIVO DE ARROZ (ORYZA SATIVA). *Conferencia 74*, (pág. 14).

Saborit Reyes, R., Dartayet Meneses, P., & Cañizares Cierra, A. (2013). Efecto de las aplicaciones de Fitomas-E combinadas con la fertilizacion organica y mineral sobre los rendimientos agricolas del cultivo de arroz en aniego. *Revista infociencia*.

Semillano S.A.S. (s.f). Victoria 10-39 sembrando abundancia. Villavicencio.

Siembra en SAO. (2005). [www.siembraensao.org](http://www.siembraensao.org). Recuperado el 26 de Septiembre de 2018, de <http://www.siembraensao.org/wp-content/uploads/apuntes-taller-fertilizacion-organica-v1.pdf>

Troyo Dieguez, E., Cruz Falcon, A., Norzagaray Campos, M., Beltran Morales, L. F., Murillo Armador, B., Beltran Morales, F. A., . . . Valdez Cepeda, R. D. (2010). Agotamiento hidro-agricola apartir de la revolucion-verde: extraccion de agua y gestion de la tecnologia de riego en Baja california Sur, Mexico. *Centro de investigaciones biologicas vol 18 N°36*, 180-201.

Vergara, B. (1992). *Manual para el nuevo arrocero*. Villavicencio, colombia: Española.

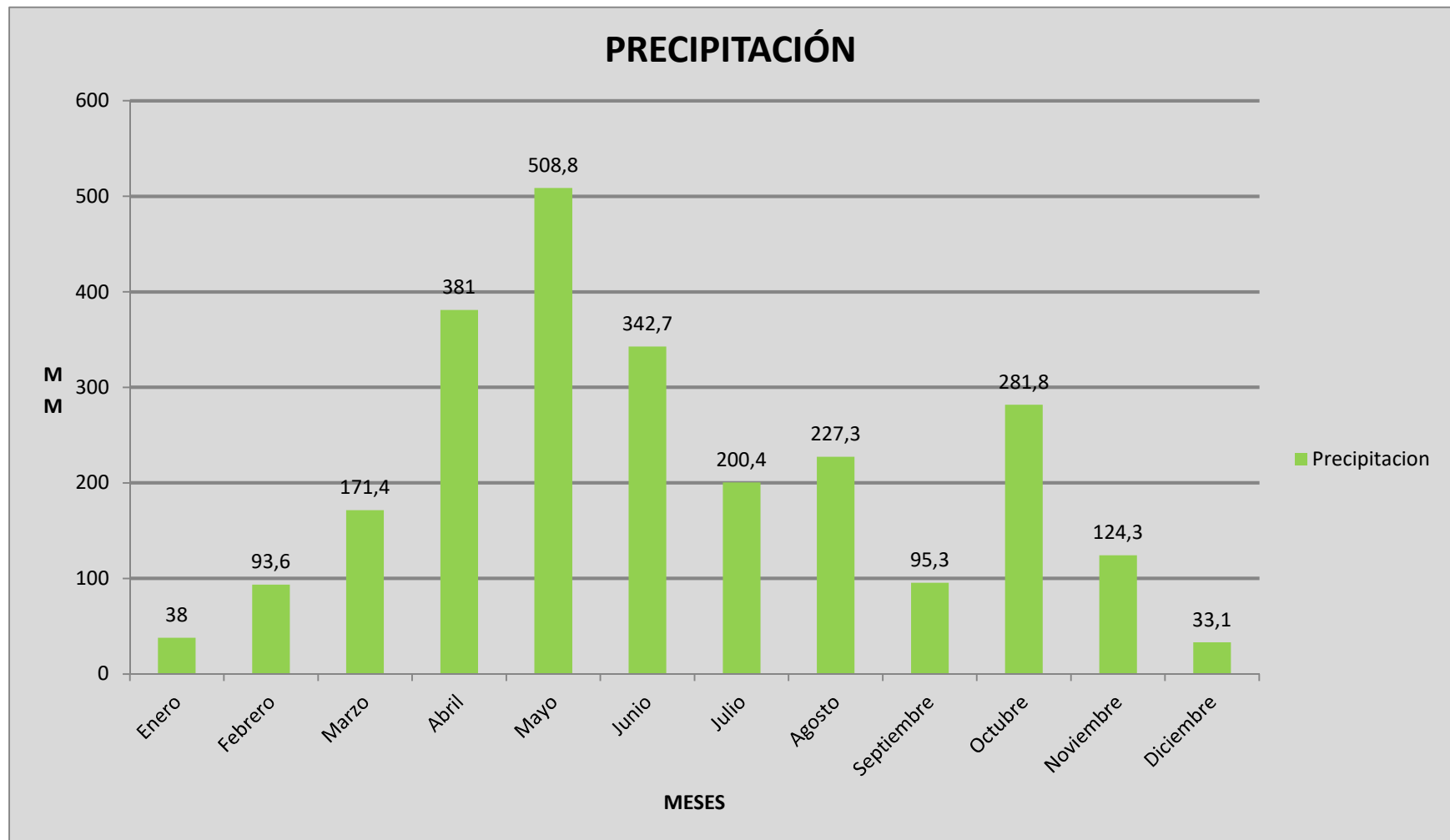
Villamil, J. (03 de Septiembre de 2014). <http://ceelat.org>. Recuperado el 11 de Diciembre de 2018, de <http://ceelat.org/mapas/degradacion-de-suelos-y-desertificacion-en-colombia/>

Wiley, J. (1975). *RELACIONES SUELO PLANTA* . Buenos Aires: Hemisferio Sur.

Y. E. (28 de Octubre de 2014). [www.clubensayos.com](http://www.clubensayos.com). Recuperado el 20 de Marzo de 2019, de <https://www.clubensayos.com/Tecnolog%C3%ADa/El-Arroz-En-El-Mundo/2147915.html>

## 11 ANEXOS

Anexo 1. Precipitaciones año 2017.



Fuente: CORPOICA La Libertad

## ANEXO 2. Análisis de suelo de tratamientos evaluados.

## Muestra 7: tratamiento con lombricomposteo


	<b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>					CÓDIGO: FO-GAA-92											
						VERSIÓN: 01 -		PAGINA: 1 de 4									
PROCESO GESTION DE APOYO A LA ACADEMIA					FECHA: 17/10/2012												
					FORMATO ENTREGA DE RESULTADO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS					VIGENCIA: 2012							
							Fecha de recibido										
							Día	Mes	Año								
							23	01	2018								
SOLICITANTE: <b>SEMILLANO</b>																	
MUNICIPIO: VILLAVICENCIO					DEPARTAMENTO: <b>META</b>												
FINCA: <b>SANTA ROSA</b>					VEREDA: SANTA ROSA												
Muestra Lab. No.	Ident. de Campo	Text.	M.O. %	P. ppm	pH 1:1	CATIONES meq/100g suelos					CATIONES (ppm)						
						Al	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S	
<b>007</b>	Tratamiento No 1	FA	2.8	2.1	5.2	1.70	0.80	0.01	0.16	0.15	1.10	156.25	2.90	0.45	0.47	7.06	
Valoración:			Medio	Bajo	Fuertemente ácido	Probablemente no hay problema con el Al					Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Medio	
Cultivo: <b>ARROZ SECANO A ESTABLECER</b>					NOTA: Consulte al Ingeniero Agrónomo de la zona.												
Se recomienda, aplicar:																	
1.- N = <b>Nitrógeno</b> de 30 a 60 Kg/ha																	
2.- P = <b>Fósforo</b> (como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) de 75 a 100 Kg/ha																	
3.- K = <b>Potasio</b> (como K <sub>2</sub> O) de 25 a 50 Kg/ha																	
Se sugiere incorporar 2.5 Ton/ha de una <b>Cal</b> que contenga al menos un 80% de CaCO <sub>3</sub>																	
M.O. Walkley black S: Fosfato monobásico de calcio Cationes: AcNH <sub>4</sub> . 1N pH 7.0 Elementos Menores: DTPA. Al: KCl1N Textura por Bouyoucos					B: en frío HCL 0.05 M P: Bray II pH 1:1 (Suelo : Agua)					 <b>LUIS ALFONSO GUARÍN GUTIÉRREZ</b> Director Laboratorio de Suelos					Fecha de entrega		
															Día	Mes	Año
										05	02	2018					

Km. 12 vía Puerto López, Vereda Barcelona, Tel. (098) 6616800, ext. 119; Villavicencio - Meta  
E-Mail: laboratoriodesuelos@unillanos.edu.co

Fuente: Universidad de los llanos

	<b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>					CÓDIGO: FO-GAA-92										
						VERSIÓN: 01		PAGINA: 3 de 4								
PROCESO GESTION DE APOYO A LA ACADEMIA					FECHA: 17/10/2012											
					FORMATO ENTREGA DE RESULTADO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS					VIGENCIA: 2012						
							Fecha de recibido									
							Día	Mes	Año							
							23	01	2018							
SOLICITANTE: <b>SEMILLANO</b>																
MUNICIPIO: VILLAVICENCIO					DEPARTAMENTO: <b>META</b>											
FINCA: <b>SANTA ROSA</b>					VEREDA: SANTA ROSA											
Muestra Lab. No.	Ident. de Campo	Text.	M.O. %	P. ppm	pH 1:1	CATIONES meq/100g suelos					CATIONES (ppm)					
						Al	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
<b>008</b>	Tratamiento No 2	FAR	5.2	17.5	4.4	1.50	0.90	0.20	0.84	0.12	1.30	181.87	3.35	1.85	0.42	49.08
Valoración:			Alto	Medio	Extremadamente ácido	Probablemente no hay problema con el Al	Bajo	Bajo	Alto	Nivel Normal	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	Alto
Cultivo: ARROZ SECANO A ESTABLECER					NOTA: Consulte al Ingeniero Agrónomo de la zona.											
Se recomienda, aplicar:																
1.- N = <b>Nitrógeno</b> de 30 a 60 Kg/ha																
2.- P = <b>Fósforo</b> (como P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) de 25 a 50 Kg/ha																
3.- K = <b>Potasio</b> (como K <sub>2</sub> O) de 00 a 25 Kg/ha																
Se sugiere incorporar <b>2.2 Ton/ha</b> de una <b>Cal</b> que contenga al menos un 80% de CaCO <sub>3</sub>																
M.O. Walkley black S: Fosfato monobásico de calcio Cátiones: AcNH <sub>4</sub> . 1N pH 7.0 Elementos Menores: DTPA. Al: KClN Textura por Bouyoucos			B: en frío HCL 0.05 M P: Bray II pH 1:1 (Suelo : Agua)			 <b>LUIS ALFONSO GUARÍN GUTIÉRREZ</b> Director Laboratorio de Suelos					Fecha de entrega					
											Día	Mes	Año			
											05	02	2018			

## Muestra 8: tratamiento con gallinaza

	<b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>		<b>CÓDIGO: FO-GAA-92</b>
	<b>PROCESO GESTION DE APOYO A LA ACADEMIA</b>		<b>VERSIÓN: 01   PAGINA: 4 de 4</b>
	<b>FORMATO ENTREGA DE RESULTADO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS</b>		<b>FECHA: 17/10/2012</b>
			<b>VIGENCIA: 2012</b>

**VALORACIONES:**

	%Nt	Bases totales meq/100g suelos	CICe meq/100gsuelos	Relaciones		
				Ca/Mg	Mg/K	Ca/k
Resultado	0.26	2.06	3.56	4.50	0.24	1.07
Valoración	Alto	Bajo	Bajo	Deficiencia de Mg	Deficiencia de Mg	Margen adecuada para K

Incorporar una Cal de acuerdo a su equivalencia:	EQUIVALENCIAS
1. Carbonato de calcio (cal agrícola) $\text{CaCO}_3$ , 80% de pureza	2.2 Ton/ha
2. Dolomita de 50% - 40% de pureza	2.0 Ton/ha
3. Hidróxido de Calcio (Cal apagada) $\text{Ca(OH)}_2$ , 52% de pureza	1.6 Ton/ha
4. Óxido de Calcio (Cal viva) $\text{CaO}$ 70% de pureza	1.2 Ton/ha

Fuente: Semillano

Análisis previo

**LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS, TEJIDO FOLIAR, AGUAS Y FERTILIZANTES.**  
Resultados Análisis de Suelo

No Laboratorio  
S-39267

Propietario / Agricultor		Asistente Técnico		Finca	
Guillermo Reina		Johan Lombana		Santa Rosa	
Cultivo		Jote		Vereda / Corregimiento	
Maíz		Rio negro		Santa Rosa	
Municipio		Departamento		Fecha de ingreso	
Villavicencio		Meta		mares.02 de Febrero de 2014	
Fecha Resultado		12/02/2014			

pH	Textura			Clasificación	H+(N) (cmol/kg)	Al+(N) (cmol/kg)	C.E. (ds/m)	% C.O.	N (‰)
	% Arena	% Limo	% Arcilla						
5,02	40%	32%	28%	Franco Arcilloso	0,15	0,2	0,059	0,91	0,08
C.I.C.E. (cmol/kg) (%)	Bases Intercambiables (cmol/kg o meq/100g)				Elementos Menores (ppm ó mg/kg)				
	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso	Boro
1,59	0,8	0,35	0,03	0,05	1,73	97,92	2,86	13,89	0,4
Fósforo (P) (mg/kg)	Azufre (S) (mg/kg)	Boro (mg/kg)	N-NH4 (mg/kg)	N-NO3 (mg/kg)	CIC (mg/kg)	Cl (mg/kg)	CO3 (mg/kg)	HCO3 (mg/kg)	N-Total (mg/kg)
7,4	3,94	1,23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
SiO2 (ppm)	Mo (ppm)	Co (ppm)	As (ppm)	Hg (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Pb (ppm)	Ni (ppm)	Otro
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Nota: Los resultados corresponden únicamente a la muestra procesada en el laboratorio y no a otro material de la misma procedencia. Los informes de análisis y cuestionarios parametrizados en archivo por los meses o por día de la emisión del resultado. Cualquier reclamo o sugerencia favor comunicarlo a la Dirección de Laboratorio Tel 217 (193) 545 8122 / Bogotá D.C., o al e-mail: tecnanalisis@tecnanalisis.com

<b>METODOLOGIAS</b>		<b>FACTORES DE CONVERSION</b>		
pH, C.E: Relación 1:1 Suelo: Agua		cmol/kg = meq/100g	cmol/kg K x 391 = ppm K	cmol/kg x 0,0391 = % K
Textura: Método de BoyucosLU		mg/kg = ppm	cmol/kg Ca x 200 = ppm Ca	cmol/kg x 0,0200 = % Ca
H+ y Al3+ Intercambiables: Extracción con KCl 1 N / Volumetrica		Porcentaje (%) = ppm/10000	cmol/kg Mg x 121,6 = ppm Mg	cmol/kg x 0,0121 = % Mg
% C.O: Walkley y Black/Volumetrica/Colorimetrica		mmhos/cm = ds/m	cmol/kg Na x 230 = ppm Na	cmol/kg x 0,0230 = % Na
Fósforo, Boro II - Casen / Colorimetrica				
Bases Intercambiables: Acetato de Amonio / A.A.				
Boro y Azufre: Fosfato Monobásico de Calcio/Colorimetrica				
Nitratos y Amonios: Extracción con KCl / Destilación/ Colorimetrica				
C.I.C.E: Sumatoria de Ca, Mg, Na, K, Al, H.				

Oscar J Cubillos Garzón  
Profesional Registrado

Laura Urbina Triana  
Químico, Directora de Laboratorio

**LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO DE SUELOS, TEJIDO FOLIAR, AGUAS Y FERTILIZANTES.**  
Resultados Análisis de Suelo

**INDICE CENEDAT DE FERTILIDAD DEL SUELO** S-39267

PARAMETROS	RESULTADO	INTERPRETACION
<b>TEXTURA</b>		
% Limo	32%	Franco Arcilloso
% Arcilla	28%	
<b>TEXTURA</b>		
pH	5,02	Muy fuertemente ácido
Alum. Int.(Al) cmol/kg	0,2	Adecuado
<b>ELEMENTOS MAYORES</b>		
% C.O.	0,91	N/A
Fósforo (P) ppm	7,4	Bajo
Potasio (K) cmol/kg	0,03	Bajo
<b>ELEMENTOS SECUNDARIOS</b>		
Calcio (Ca) cmol/kg	0,8	Bajo
Magnesio (Mg) cmol/kg	0,35	Bajo
Azufre (S) ppm	3,94	Bajo
<b>ELEMENTOS MENORES</b>		
Cobre (Cu) ppm	1,73	Medio
Hierro (Fe) ppm	97,92	Adecuado
Manganeso (Mn) ppm	13,89	Medio
Boro (B) ppm	0,4	Adecuado

<b>RELACIONES DE ELEMENTOS</b>	
C.I.C.E.	Saturación de Cationes
1,59	Ca Mg
50,62	Deficiencia K
21,75	Deficiencia Ca
2,13	Deficiencia Fe
12,83	Deficiencia Zn
N/A	Deficiencia Cu
N/A	Deficiencia Al
N/A	Deficiencia B

<b>RELACIONES DE ELEMENTOS</b>	
Salinidad (Na) cmol/kg	0,05
SNCa	3,36
Deficiencia K	33,91
Deficiencia Ca	10,19
Deficiencia Fe	2,33
Deficiencia Zn	402,09
Deficiencia Cu	7,05
Deficiencia B	2,58

INTERPRETACION	% MO (de acuerdo al clima)			% M.O. MUESTRA
	Casado	mo	Medio	
BAJO	< 2,0	< 5,0	< 3,0	1,56
MEDIO	2,0 - 3,0	5,0 - 10,0	3,0 - 5,0	
ALTO	> 3,0	> 10,0	> 5,0	

Dirección: Calle 73 No. 20 - 81, Tel: 545 8122 - 217 1903, Bogotá D.C., Email: tecnanalisis@tecnanalisis.com - www.tecnanalisis.com.co



### ANEXO 3. tratamientos en campo

Fuente: Presente investigación.

