

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN - TACNA**

**Escuela de Posgrado**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS  
DE LOMBRIZ COMO ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN  
SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO**

*Zea mays* L. VAR. OPACO MAL PASO EN EL  
DISTRITO DE ITE, PROVINCIA JORGE  
BASADRE, REGIÓN TACNA. 2014

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ING. ZULEIKA MACARENA ZEA ROJAS**

**Para optar el Grado Académico de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON MENCIÓN  
EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TACNA - PERÚ**

**2017**

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN – TACNA  
Escuela de Posgrado

**MAESTRÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**“EFICIENCIA DE LA APLICACIÓN DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ COMO ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DEL CULTIVO DE MAÍZ FORRAJERO *Zea mays* L. VAR. OPACO MAL PASO EN EL DISTRITO DE ITE, PROVINCIA JORGE BASADRE, REGIÓN TACNA. 2014”**

Tesis sustentada y aprobada el 30 de Diciembre del 2015; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : .....  
Dr. Alberto Basilio Quispe Cohaila

SECRETARIA : .....  
Dra. Nelly Arévalo Solsol

MIEMBRO : .....  
MSc. Pedro Mario Gálvez Briceño

ASESOR : .....  
Dr. Pablo Juan Franco León

## DEDICATORIA

- \* *A mis padres Augusto y Macarena, quienes con su ejemplo e inquebrantable apoyo, me alientan a seguir luchando, para superarme y alcanzar día a día mis sueños.*
- \* *A Xaviera, mi amada hija, por ser mi compañera incondicional y mi motivación permanente.*
- \* *A la memoria de Antonio Zea Vargas, Hermenegilda Chávez Valdez y Timotea Zapata Vargas, mis queridos abuelos, cuyo recuerdo me estimula en la búsqueda de la mejora continua.*
- \* *A mi esposo Javier por su compañía y apoyo incondicional, y por compartir mis retos y triunfos.*

## AGRADECIMIENTO

*A Dios, por su amor inagotable.*

*A mi familia, en especial a mis padres, a mi esposo y a mi hija,  
cuyo apoyo y aliento permiten mi superación.*

*A mi asesor Dr. Pablo Juan Franco León.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	01
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>08</b>
1.1 Descripción del problema .....	08
1.2 Formulación del problema .....	14
1.3 Justificación e importancia .....	19
1.4 Alcances y limitaciones .....	26
1.5 Objetivos .....	28
1.6 Hipótesis.....	29
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>31</b>
2.1 Antecedentes del estudio.....	31
2.2 Bases teóricas .....	50
2.3 Definición de términos .....	68

<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>72</b>
3.1 Tipo y diseño de la investigación .....	72
3.2 Población y muestra .....	73
3.3 Operacionalización de las variables.....	78
3.4 Técnicas e instrumentos para recolección de datos .....	87
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	100
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>102</b>
4.1 Primera fase: Producción del humus y fosfohumus de lombriz.....	102
4.2 Segunda fase: Evaluación de la eficiencia.....	127
<b>CAPÍTULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>144</b>
CONCLUSIONES .....	151
RECOMENDACIONES.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155
ANEXOS.....	170

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Grados de fertilidad potencial .....	59
Tabla 2.	Descripción de los tratamientos y sus dosificaciones .....	73
Tabla 3.	Características de la parcela experimental .....	74
Tabla 4.	Escala colorimétrica para evaluación del parámetro: Color de follaje .....	99
Tabla 5.	Coeficientes de regresión entre días vs temperatura del humus, días vs humedad de humus y días vs pH del humus, 2015 .....	105
Tabla 6.	Coeficientes de regresión entre días vs temperatura del fosfohumus, días vs humedad del fosfohumus y días vs pH del fosfohumus, 2015.....	117
Tabla 7.	Determinaciones analíticas del nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz .....	125
Tabla 8.	Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas en parámetros de desarrollo (Ho: Hay homogeneidad de varianzas, H1: No hay homogeneidad de varianzas), 2015.....	128

Tabla 9.	Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas en en parámetros productivos (Ho: Hay homogeneidad de varianzas, H1: No hay homogeneidad de varianzas), 2015.....	134
----------	--	-----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Croquis de ubicación de la parcela experimental .....	75
Figura 2.	Características de la parcela experimental .....	76
Figura 3.	Evolución de la temperatura en la elaboración del compost alimento .....	89
Figura 4.	Evolución de la humedad en la elaboración del compost – alimento .....	90
Figura 5.	Exploración de posibles correlaciones entre las variables consideradas para el humus de lombriz .....	104
Figura 6.	Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de temperatura del humus, 2015.....	107
Figura 7.	Relación entre temperatura y número de días de producción del humus.....	108
Figura 8.	Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de humedad del humus, 2015 .....	109
Figura 9.	Relación entre la humedad y número de días de producción del humus.....	110
Figura 10.	Identificación de outliers para los datos de pH del humus, 2015.....	112

Figura 11.	Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de pH de humus, prescindiendo de los datos de posición 28, 69 y 71, 2015.....	113
Figura 12.	Relación entre pH y número de días de producción del Humus .....	114
Figura 13.	Exploración de posibles correlaciones entre las variables consideradas para el fosfohumus de lombriz .....	116
Figura 14.	Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de temperatura de fosfohumus, 2015.....	119
Figura 15.	Relación entre temperatura y número de días de producción del fosfohumus .....	120
Figura 16.	Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de humedad del fosfohumus, 2015 .....	121
Figura 17.	Relación entre la humedad y número de días de producción del fosfohumus .....	122
Figura 18.	Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de pH de fosfohumus, 2015 .....	123
Figura 19.	Relación entre pH y número de días de producción del fosfohumus .....	124
Figura 20.	Determinaciones analíticas del humus y fosfohumus	

	de lombriz, 2015 .....	126
Figura 21.	Color de follaje del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) .....	130
Figura 22.	Altura de planta del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) .....	131
Figura 23.	Número de hojas del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus).....	132
Figura 24.	Diámetro de tallo del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) .....	133
Figura 25.	Peso de mazorcas en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) .....	136
Figura 26.	Concentración de fósforo (%) del suelo antes y después de la aplicación de humus .....	138
Figura 27.	Concentración de potasio (ppm) del suelo antes y después de la aplicación de humus.....	139
Figura 28.	Concentración de nitrógeno (%) del suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus .....	141
Figura 29.	Concentración de fósforo (%) del suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus.....	142
Figura 30.	Concentración de potasio (ppm) del suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus .....	143

## Resumen

La investigación comprende dos fases. Para el análisis estadístico se utilizó el *software* INFOSTAT (versión estudiantil); determinándose en la primera fase que para el humus de lombriz existe una relación positiva significativa entre el número de días con la temperatura, ya que el número de días explica en un 56.22% la variabilidad de la temperatura, y de igual forma para el fosfohumus ya que el número de días explica en un 59% la variabilidad de la temperatura; así mismo las determinaciones analíticas de las muestras de abono determinaron niveles superiores de P y K (1,36% y 268ppm) en el fosfohumus. En la segunda fase, se encontraron diferencias significativas para todas las variables evaluadas de parámetros de desarrollo alcanzados por el cultivo con aplicación de fosfohumus, mientras que para los parámetros productivos únicamente se hallaron diferencias significativas para la variable peso de mazorcas, habiendo un mayor peso de mazorcas en el tratamiento con fosfohumus respecto al grupo testigo, no habiendo diferencias entre humus y fosfohumus; por su parte, al comparar el suelo antes y después de la aplicación de cada abono, se determinaron diferencias significativas entre los niveles de P y K para el caso del humus y diferencias significativas para los niveles de N, P y K para el caso del fosfohumus, evidenciando su efecto positivo sobre las características del suelo.

**Palabras clave:** Humus de lombriz, fosfohumus de lombriz, macronutrientes primarios,

## **Abstract**

This research comprises two stages. The software used for the statistical analysis was INFOSTAT (a version for students) determining with it on the first stage that for humus by worms there is a significant positive relation between the number of days and the temperature that explains the variation of temperature with 56.22% and in a similar way for the phospho-humus since the number of days explains the variation of temperature with 59% as well as the analytical determinations of the fertilizer samples determined higher levels of P and K (1.36% and 268 ppm) in the phosphohumus. At the second stage in all variables under the assessment, significant differences of parameters were found in the whole development produced by phosphohumus while for productive parameters significant differences were just only found with the variable of weight in ears of maize. Having a greater weight of ears of maize in the treatment with phosphohumus relating to the representative group but no differences between humus and phosphohumus. Also when comparing the soil before and after the use of each fertilizer, significant differences were determined between the levels of P and K in the case of humus and significant differences for the levels of N, P and K in the case of phosphohumus which is an evidence of its positive effect on the characteristics of the soil.

**Key Words:** Humus by worms, phosphohumus by worms, primary macronutrients.

## INTRODUCCIÓN

A pesar de que el Perú tiene muy escasas tierras agrícolas y pecuarias, se produce una continua degradación por la combinación de factores naturales y las malas técnicas empleadas en la agricultura y la ganadería, que impiden o limitan el buen desarrollo de cultivos y de buenas cosechas. En este sentido, se pueden distinguir tres tipos de degradación del suelo: física, química y biológica, siendo los principales la erosión por el agua y el viento la cual cada año viene provocando la pérdida de miles de hectáreas, también llamada "el cáncer de la tierra", siendo el proceso mediante el cual el agua y el viento despojan al suelo de las capas fértiles (horizonte O y A) dejándolo improductivo. También se tiene el deterioro físico que se produce por compactación, por el uso impropio de maquinaria pesada, el sellado y encostramiento, causado por sobrepastoreo y el pisoteo de animales y finalmente el deterioro químico referido a la pérdida de nutrientes y de materia orgánica, a la salinización, y a la polución. La pérdida de nutrientes produce el agotamiento de los suelos por falta de aplicación de materia orgánica y restitución de nutrientes extraídos por las cosechas. La salinización produce el afloramiento de sales minerales por exceso de riego y mal drenaje, y es propia de las zonas áridas. La polución

o contaminación de los suelos se produce por la acumulación de basuras, sustancias tóxicas aplicadas en exceso (fitosanitarios y fertilizantes químicos), los gases de centros mineros, y la aplicación de aguas contaminadas por desechos mineros (relaves) (Brack y Mendiola, 2012).

En este contexto, actualmente el método más usado para medir la rentabilidad de una parcela es el rendimiento del producto por unidad de terreno, por ejemplo: 25 toneladas de papa por hectárea ó 75 toneladas de maíz por hectárea; pero hemos olvidado evaluar otros factores tales como: Degradación o mejoramiento del suelo, conservación o disminución del volumen del agua, aumento o reducción del bosque, inversión, costo de producción, precios de venta, etc. Si uno se detiene a pensar, planear y actuar con una proyección, no a seis meses, ni a un año sino a períodos más largos: cinco, diez, veinte o cincuenta años, tal vez se llegue a la conclusión que las fincas, parcelas o regiones son más rentables en sistemas de cultivos asociados que en los actuales modelos de monocultivo (PRONATTA, 2010).

Antes de que se usaran los fertilizantes químicos, la tierra y los animales trabajaban juntos para mejorar la fertilidad del suelo a través de la descomposición de proteínas puras y naturales tales como las de los huesos, sangre, pescado y plumas; en ese entonces el suelo recibía los

nutrientes necesarios para maximizar la fertilidad, pero luego con el crecimiento, llegó la necesidad de fertilizar en forma sintética; aunque en el mercado se ofrecen fertilizantes orgánicos, las ventas de los de origen químico superan con creces la de los naturales, obviando que agregar al suelo materia orgánica, o sea, las diversas formas de materiales procedentes de plantas y animales vivos o muertos, es la piedra angular de la fertilidad del suelo, responsable de la capacidad productiva del suelo (LA HORA, 2013).

Es así, que el impacto ecológico y socioeconómico producido por la agricultura convencional (agricultura de alto costo energético), recién está llevando a comprender sus grandes limitaciones para resolver el problema de la seguridad alimentaria, especialmente en los países con alta diversidad geográfica, ecológica y cultural. Su aplicación no solo ha provocado la degradación de los recursos naturales, sino también, es responsable de la pérdida paulatina del conocimiento campesino - es lo que se denomina ahora "transculturización tecnológica"- en el manejo de los diversos sistemas de producción, haciéndolos día con día menos sostenibles (Gomero y Velásquez, 1999).

En este contexto, surge la agricultura sostenible que no es sino la agricultura capaz de garantizar la seguridad alimentaria mundial y al

mismo tiempo promover ecosistemas saludables y apoyar la gestión sostenible de la tierra, el agua y los recursos naturales, además de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras de sus productos y servicios, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, la salud del medio ambiente y la equidad social y económica, basado en cinco principios, dos de los cuales se enfocan en mejorar la eficiencia en el uso de los recursos a través de acciones directas para conservar, proteger y mejorar los recursos naturales (FAO, 2015). En este entender, debe tenerse presente que la producción agrícola y de alimentos depende de los recursos naturales, y por ende, la sostenibilidad de la producción depende de la sostenibilidad de los propios recursos naturales; así mismo aunque la intensificación tiene efectos positivos en el medio ambiente a través de la reducción de la expansión agrícola y, por consiguiente, la limitación de su avance hacia los ecosistemas naturales, también tiene repercusiones potencialmente negativas en el medio ambiente, dado que el modelo de intensificación agrícola más difundido supone el uso intensivo de insumos agrícolas, como agua, fertilizantes y plaguicidas, siendo incompatibles con la agricultura sostenible y representando una amenaza para la producción futura (FAO, 2015).

La agricultura sostenible plantea diversos y complejos sistemas para mermar los efectos negativos que la naturaleza o el juego comercial

de la oferta y la demanda puedan afectar a los productores, empleando técnicas como la fertilización con abonos orgánicos (Condiza, 1998). Así pues, la necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles, como lo son los abonos orgánicos con los cuales se mejoran las diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, aumentando la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos (Cervantes, 2014).

Los beneficios de los abonos orgánicos son muchos entre ellos: mejora la actividad biológica del suelo, especialmente con aquellos organismos que convierten la materia orgánica en nutrientes disponibles para los cultivos; mejora la capacidad del suelo para la absorción y retención de la humedad; aumenta la porosidad de los suelos, lo que facilita el crecimiento radicular de los cultivos; mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo, ayudando a liberar nutrientes para las plantas; facilita la labranza del suelo; en su elaboración se aprovechan materiales locales que por lo general corresponden a desechos de las fincas, reduciendo por ello su costo; sus nutrientes se mantienen por más tiempo en el suelo; se genera empleo rural durante su elaboración; son amigables con el medio ambiente porque sus ingredientes son naturales;

aumenta el contenido de materia orgánica del suelo y lo mejor de todo son más baratos (Gómez y Vásquez, 2011).

Tal como se desprende de lo señalado líneas arriba, los beneficios del uso de los abonos orgánicos es por demás conocida y justificada, pero pese a ello aún no se ha masificado su uso con la extensión y frecuencia necesarias, sino muy por el contrario, en zonas como en la región costa del Perú dado el nivel tecnológico de explotación agropecuaria, este se sustenta en el uso indiscriminado de fertilizantes y fitosanitarios de origen sintético, lo cual representa un riesgo constante de degradación del suelo, en detrimento de la tan ansiada sostenibilidad. Por ello, en aras de contribuir al desarrollo de sistemas de manejo sostenible de los cultivos, es que el presente trabajo de investigación propone como interrogante general investigar **¿cuál es la eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz en la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero *Zea mays L.*, en el distrito de Ite?**, y como interrogantes específicas ¿el nivel de humedad, temperatura y pH en el proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz tiene relación con el tiempo de duración del proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz?, ¿cuál es el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz?, ¿cuáles serán los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados

por el cultivo de maíz con la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz?, y finalmente ¿cuál es el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz?

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.1.1 Antecedentes del problema**

El suelo es un recurso natural que corresponde a la capa superior de la corteza terrestre. Contiene agua y elementos nutritivos que los seres vivos utilizan. El suelo es vital, ya que el ser humano depende de él para la producción de alimentos, la crianza de animales, la plantación de árboles, la obtención de agua y de algunos recursos minerales, entre otras. En él se apoyan y nutren las plantas en su crecimiento y condiciona, por lo tanto, todo el desarrollo del ecosistema.

Todos los recursos naturales revisten para el hombre la misma importancia, ya que sin ellos sería imposible su supervivencia en el planeta. El suelo, sin embargo, es fundamental ya que constituye el asiento de las principales formas de la vida orgánica y en él radica el hombre sus mayores actividades económicas y culturales. Es el reservorio de otros recursos naturales como agua, minerales, flora, fauna, etc. (FUP, 2008).

En tal sentido, un aspecto de importancia en dicho recurso es la biodiversidad del suelo, la cual refleja la variedad de organismos vivos, pues comprende innumerables organismos no visibles a simple vista tal como los microorganismos (ej. bacterias, hongos, protozoarios y nematodos), la mesofauna (ej. ácaros, colémbolos) y la más reconocida macrofauna (ej. lombrices y termitas). Las raíces de las plantas también se pueden considerar como organismos del suelo por su relación simbiótica y su interacción con otros componentes del suelo. Estos diversos organismos interactúan entre sí y con las diversas plantas y biota del ecosistema, formando un complejo sistema de actividad biológica. Los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Estos servicios no solo son decisivos para la función de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un recurso fundamental para el manejo sostenible de los sistemas agrícolas. Ahora bien, la degradación del suelo definida como un cambio en la salud del suelo resulta en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios. Los suelos degradados contienen un estado de salud que no pueden proporcionar los bienes y servicios normales del suelo en cuestión en su ecosistema (FAO, 2014).

La degradación acelerada e irreversible del recurso suelo, considerada como uno de los mayores peligros para humanidad en el futuro, también es definida como un desbalance de algunas de las funciones del suelo que puede ser causa de su deterioro físico, químico y biológico, y hasta de su total destrucción. El problema de la degradación de los suelos es tan antiguo como la historia de la humanidad, de hecho connotados científicos e investigadores comparten la tesis de señalar que la degradación de los suelos generada por el mal manejo de las tierras, fue el causante principal de la caída y desaparición de grandes civilizaciones en el pasado. Sin embargo su extensión e impacto en el bienestar de la humanidad y en el ambiente en general alcanza hoy, más que nunca, proporciones descomunales y alarmantes, pues en el mundo actual la degradación del suelo no solo socava la capacidad productiva de los ecosistemas sino que también tiene efectos importantes sobre los cambios climáticos globales por medio de alteraciones en los balances de agua y energía, y en los ciclos de carbono, nitrógeno, azufre y de otros elementos, Es así que, a través de su impacto en la productividad agrícola y en el ambiente, la degradación del suelo da lugar a inestabilidad política, económica y social. Ello conlleva a que se considere que la degradación de los suelos amenaza y afecta la mera estructura de la humanidad, en su conquista de la tierra a través de 7 000 años (López, 2002).

### **1.1.2 Problemática de la investigación**

Uno de los problemas más serios que se presenta en la agricultura es la manifestación de diferentes procesos de degradación de los suelos, lo que trae consigo el detrimento de los rendimientos agrícolas. Entre los principales procesos de degradación, se encuentran la erosión, compactación, acidificación y salinización de los suelos.

Ante ello, se puede plantear la siguiente interrogante: ¿Quedarán en un futuro suelos suficientemente fértiles que garanticen la seguridad alimentaria para la población de habitantes que se pronostica que albergará nuestro planeta en los próximos años? Sin duda alguna esta es una pregunta sobre la cual los grandes monopolios agrícolas junto con el resto de la humanidad tendrán que reflexionar profundamente en busca de respuestas más compatibles con el medio ambiente.

Por tanto, se puede inferir que el suelo considerado como uno de los recursos más preciados del planeta se encuentra en verdadero peligro, y con él la seguridad alimentaria de una población tan creciente y necesitada. En tal sentido, la degradación del suelo es una manifestación que producen los cambios globales, definidos como aquellos vinculados con los cambios en el uso y en la cobertura de la tierra, en la diversidad biológica, en la composición de la atmósfera y en el clima. La degradación

del suelo es entonces el resultado de una relación no armónica entre el suelo y el agua, donde el factor antrópico desempeña un papel determinante, siendo el exponente más extremo de esa degradación la denominada desertificación (Urquiza, 2002).

Así pues, el capítulo 12 del Programa 21 aprobado por la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (FAO, 2015) define la desertificación como “la degradación de los suelos de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y las actividades humanas”, la cual es algo restrictiva ya que no expresa bien la interacción entre los elementos climáticos y las actividades humanas que suelen ser un factor determinante de los procesos de desertificación. Cabe recordar ante todo que la desertificación tal y como ha sido definida solamente puede ocurrir en las tierras vulnerables a los procesos de desertificación.

La vulnerabilidad de un suelo ante este fenómeno depende del clima actual, del relieve, del estado del suelo y de la vegetación natural; al respecto, las actividades humanas son el principal motivo del comienzo de un proceso de desertificación en una zona vulnerable. Las actividades humanas son muy distintas y varían según el país, el tipo de sociedad, la estrategia de aprovechamiento de la tierra y de utilización del espacio y

las tecnologías empleadas. El impacto ocasionado por las sociedades humanas no depende exclusivamente de su densidad, y la FAO considera que los conceptos como «capacidad máxima admisible» o «umbral crítico» deben ser utilizados con cuidado puesto que existen numerosos casos en que estos criterios cambiaron considerablemente según las estrategias y las tecnologías empleadas por las poblaciones (FAO, 1993).

Tal como señala Benítez, actualmente más de 306 millones de hectáreas están afectadas por una degradación del suelo de origen humano. La capa de suelo rico y fértil se está lavando rápidamente, cada día, por la erosión hídrica, y se está sedimentando en el cauce de los ríos y en las represas, los suelos se están encostrando y compactando y esto produce encharcamientos o escorrentías. En las áreas secas el proceso de desertificación avanza inexorablemente.

La causa principal de los síntomas de degradación indicados es el uso inadecuado de la tierra, que actualmente constituye la cuestión ambiental de mayor gravedad y cuyos principales efectos son: la erosión, la pérdida de fertilidad del suelo, la desertificación, la deforestación, el deterioro de los pastizales, la salinización y la alcalinización de las tierras de regadío, y la subutilización de la tierra de buena calidad.

El recurso tierra es limitado. Solo el 4% de las tierras tienen clima favorable y son fértiles y de alta productividad. El 96% restante tiene limitaciones físicas, químicas y de orden climático (Benítez, 2004).

Por ello, es de suma urgencia empezar a mejorar el manejo del suelo a través de la aplicación de tecnologías agrícolas apropiadas, es decir, acorde a las características y condiciones de los suelos; la explotación racional de los mismos, lo cual implica tener en cuenta la agro productividad y vocación de los suelos en función de la producción agrícola, pecuaria o forestal determinados y una correcta selección y rotación de cultivos, así como aplicar las técnicas y procedimientos de mejoramiento y conservación de los suelos que no es sino lo que se conoce como manejo sostenible de los suelos. Y como es de suponer, dentro de estas prácticas agrícolas entre otras, también importantes, se halla la aplicación de fertilización orgánica, productos órgano minerales y biológicos, abonos verdes, compost y humus (Urquiza, 2002).

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La demanda social respecto a la calidad, seguridad alimentaria y preservación del medio ambiente, están promoviendo cambios importantes en las formas de producción agrícola, por lo que el siguiente paso es hacia una agricultura que se ha de basar más en el manejo

inteligente de los procesos biológicos y en la utilización de los recursos renovables, que se ha denominado como Agricultura Sostenible; esta puede ser definida como: Un sistema integrado de prácticas de producción, cuya aplicación es ambiente-dependiente, que a largo plazo pueda satisfacer las necesidades de alimentos y fibras de la población mediante la utilización eficiente de insumos y tecnologías agrarias, sin comprometer la conservación de los recursos naturales, la calidad del medio ambiente y la competitividad de los productos en precios y calidades que requieren el comercio internacional (Bejarano *et al.*, 2003).

Con base en el conocimiento actual, se puede sugerir entonces que la agricultura sostenible debería al menos: tener el mínimo efecto negativo en el ambiente, y no liberar sustancias tóxicas o dañinas a la atmósfera y el agua superficial o subterránea; usar agua en forma tal que permita la recarga de los acuíferos y su uso empleo por parte de la población humana y otros elementos del ecosistema; preservar y reconstruir la fertilidad del suelo, prevenir la erosión y mantener la salud ecológica del suelo; hacer uso de los recursos dentro del agroecosistema, incluyendo las comunidades cercanas, reemplazando los insumos externos con un mejor ciclo de nutrimentos, adecuada conservación y amplio conocimiento ecológico, valorar y conservar la diversidad biológica, tanto en los paisajes silvestres como en los domesticados y

garantizar la equidad en el acceso a las prácticas agrícolas apropiadas al conocimiento y a la tecnología así como permitir el control local de los recursos agrícolas (Gleissman, 2002).

Dentro de las técnicas sostenibles para el manejo de suelos que no solo aprovecha las ventajas de los procesos naturales y de las interacciones biológicas del suelo, sino que también permite una reducción considerable en el uso de recursos externos y aumenta la eficiencia del uso de los recursos básicos del sistema predial, se halla la producción de abonos orgánicos. Los abonos orgánicos son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, químicas y biológicas, esta clase de abonos no solo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo, modificando la población de microorganismos en general; asegurando de ésta manera la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes a nivel de las raíces de las plantas (Gomero y Velásquez, 1999).

Bajo esta percepción, la transformación de la basura orgánica en compost es el primer eslabón de la reducción, reutilización y reciclado de

la basura, a partir de ello existen otros abonos orgánicos, de entre los cuales el humus de lombriz es el fertilizante orgánico por excelencia (De Sanzo *et al.*, 1999). La lombricultura dentro de la agricultura comercial y campesina es una de las experiencias más exitosas para resolver el problema de la fertilidad biológica del suelo. Sus ventajas económicas y ecológicas permiten su adopción y masificación por parte de los productores (Gomero y Velásquez, 1999). Para iniciar la producción de humus y/o fosfohumus de lombriz, se requiere destinar un área especial para la preparación del compost-alimento, el cual se utilizará en los lechos de cría de las lombrices o camas de producción de humus, en las cuales las lombrices procederán a transformar el compost en humus; durante dicho proceso los factores que afectan la producción de humus son la temperatura, siendo el rango óptimo 20 a 25°C; la humedad debiendo proveerse una inicial del 70%, llegando al 40% en la fase final; y el pH, siendo óptimo el neutro (ADEX, 2002).

Sin embargo, a pesar de que la producción de abonos orgánicos es suficientemente conocida, y de oportunidad más que justificada, todavía no ha sido puesta en práctica en la extensión y frecuencia que son necesarias; muy por el contrario la realidad común en casi todas las zonas destinadas a la explotación agropecuaria, principalmente en la costa, en la cual el nivel tecnológico es alto, se sustenta principalmente en

el uso excesivo de fitosanitarios y fertilizantes químicos tanto para cultivos temporales como perennes. Es así que, en el Fundo "San Antonio" ubicado en el Distrito de Ite, en la Región Tacna, el problema que se presenta es el permanente uso de fertilizantes químicos para la producción de cultivos tales como el maíz, cebolla y ají, hecho que viene suscitando un riesgo constante de degradación del recurso suelo, con lo cual año a año se hace más insostenible la actividad agrícola, pues es permanentemente dependiente de insumos agrícolas externos, quedando con ello clara la necesidad de implementar en el más breve plazo sistemas de producción agrícolas que tomen en cuenta, entre otros, el reciclaje de los residuos generados en las fincas; pudiendo entonces plantear y/o proponer como interrogante general: **¿Cuál es la eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz en la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero *Zea mays L.*, en el distrito de Ite?** y como interrogantes específicas: ¿El nivel de humedad, temperatura y pH en el proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz tiene relación con el tiempo de duración del proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz?, ¿cuál es el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz?, ¿cuáles serán los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz con

la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz? y finalmente ¿cuál es el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Día a día uno se puede dar cuenta de la importancia de consumir alimentos frescos, sanos e inocuos; continuas investigaciones en todo el planeta dejan claro, por un lado, los beneficios de una alimentación sana y equilibrada, con abundancia de verduras y frutas frescas, y, por otro lado, advierten de los serios peligros para la salud, a corto y largo plazo, de la presencia en los alimentos de restos de plaguicidas y de infinidad de sustancias tóxicas que se han ido añadiendo en los procesos de producción, transformación o comercialización.

Escándalos como el de las vacas locas o los pollos con dioxinas son solo la punta del “iceberg” de una industria agroalimentaria centrada en la obtención de los máximos beneficios al mínimo coste y basada en la mecanización de todos los procesos productivos y el uso y abuso de abonos químicos, herbicidas y plaguicidas, que fuerzan a la naturaleza a producir más allá de unos límites que permitirían mantener un mínimo equilibrio biológico y ecológico del entorno. A la negra marea de residuos

tóxicos, cancerígenos o alteradores hormonales, con desastrosos efectos sobre la salud de los consumidores (y de los agricultores), se está añadiendo una larga lista de plantas modificadas genéticamente (OGM), con las que se promete aumentar la producción mundial de alimentos (aunque las experiencias de cultivos a gran escala demuestran que no es así); pero de las que se ignora por completo las posibles repercusiones negativas en cuanto a desequilibrios ecológicos y más aún en lo referente a la salud de los consumidores de tales productos.

Todo ello lleva a plantear la necesidad de consumir alimentos con garantía de producción ecológica, si realmente está preocupados por la salud de los hijos y la del planeta en su conjunto. Se puede alegar que consumir productos biológicos o ecológicos resulta caro y no está al alcance de todos los bolsillos; pero hay que tener presente que los alimentos de producción convencional consiguen mantener precios bajos a base de mecanizar e industrializar los procesos de producción y, sobre todo, forzar las plantas cultivadas con infinidad de agroquímicos (Gumendi, 2010).

Valga de ejemplo una simple y cotidiana lechuga, tan familiar en la mayor parte de las mesas, cuya producción con métodos naturales (sin forzarla) suele conllevar que permanezca un mínimo de dos o tres meses

en la tierra (absorbiendo nutrientes vitales y realizando fotosíntesis a partir de la radiación solar); mientras que su homóloga de cultivo químico estará en la tienda a los 50 días, como máximo, gracias a un desarrollo acelerado forzado con nitratos, agua y fitohormonas de aceleración del crecimiento vegetal (Bueno, 2006); de manera similar sucede con el cultivo de maíz en el distrito de Ite, que durante su ciclo vegetativo por lo general es fertilizado única y exclusivamente con fertilizantes sintéticos, en algunos pocos casos los productores incorporan estiércol de vacuno en la preparación del terreno, el cual acarrea el inconveniente de la excesiva proliferación de malezas (cuyas semillas estuvieron contenidas en las deyecciones del ganado vacuno), ante lo cual el productor realiza la aplicación de herbicidas muchas veces en dosis más altas de las recomendadas, y ni qué mencionar del manejo de plagas, pues este se basa exclusivamente en el control químico.

Los desequilibrios ecológicos y biológicos a los que se ven sometidas las pobres lechugas, y desde luego también el maíz (y el resto de cultivos) se traducirán en sistemas productivos químico dependientes, pues la gran propensión a padecer toda clase de plagas y enfermedades, será controlada con plaguicidas químicos, parte de los cuales permanecerán como residuos en la planta al ser cosechada y en el momento de consumirla, la competencia de las llamadas malas hierbas se

controlará básicamente a base de herbicidas, de los que tanto se está abusando que sus residuos empiezan a detectarse en las capas freáticas subterráneas e incluso en el agua de regadío de la mayoría de zonas agrícolas (Bueno, 2006).

Por su parte, el suelo es un manto continuo sobre la superficie de todos los continentes, el cual se origina por la acción de los factores del clima (humedad, temperatura, calor, viento, etc.) y de los organismos vivientes sobre los distintos tipos de roca. El suelo puede compararse con un ser vivo: nace, se desarrolla y muere (Brack y Mendiola, 2012). Así mismo, el suelo es considerado un recurso natural, frágil y no renovable, debido a que resulta difícil y costoso recuperarlo o, incluso, mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado por las fuerzas abrasivas del agua y el viento o deteriorarlo física o químicamente. El suelo realiza un gran número de funciones clave tanto ambientales como económicas, sociales y culturales que son esenciales para la vida. Es indispensable para la producción de alimentos y el crecimiento vegetal, almacena minerales, materia orgánica, agua y otras sustancias químicas y participa en su transformación; sirve de filtro natural para las aguas subterráneas; es hábitat de una gran cantidad de organismos; proporciona materias primas para la construcción y es un elemento del paisaje y patrimonio cultural.

La creciente demanda de alimentos para una población en crecimiento con patrones de consumo más intensos, constituye una enorme fuente de presión tanto sobre los ecosistemas naturales, como sobre las tierras destinadas a éstas actividades productivas, lo que favorece el deterioro del suelo. La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana. Se estima que alrededor de 2 mil millones de hectáreas (15% de la superficie terrestre) en el mundo sufren algún tipo de degradación edáfica (SEMARNAT, 2005). Por su parte, el Perú es un país deficitario en la producción de alimentos por tener suelos muy escasos y por la orografía muy compleja, entonces, la conservación de los suelos agrícolas (clases A y C) y pecuarios (clase P) debe ser una actividad prioritaria (Brack y Mendiola, 2012).

En este contexto, la agricultura sostenible es la creación de un nuevo modelo agrícola, más complejo y más exigente en conocimientos por lo que los productores necesitarán entre otros aspectos, dedicar un período de tiempo para reflexionar sobre lo que realmente se quiere y a donde se desea llegar como empresario del campo, de modo tal que ello

le permita seleccionar la mejor manera de hacer producir su finca sin deteriorarla. Es por ello, que una de las técnicas de la agricultura sostenible es la fertilización con abonos orgánicos que pueden consistir en restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín) cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); compost, lombricompost o humus de lombriz y biol entre otros (Condiza, 1998).

Se puede entonces concluir refiriendo, que la explotación intensiva de las áreas de uso agrícola, con el uso de sistemas de abonado y tratamientos químicos sistemáticos y la amplia utilización de la mecanización agrícola ha venido provocando cambios sustanciales en el ambiente edáfico, dando como resultado de estas alteraciones ecológicas a la degradación de los suelos y a la paulatina pérdida de su fertilidad y en ocasiones acompañadas de la contaminación del medio ambiente (González, 2010); por lo que la misión de la nueva generación con visión futurista consiste en reeducar y concientizar a los agricultores veteranos y orientar a los jóvenes hacia la agricultura del presente (PRONATTA, 2010), puesto que como planteaba el teólogo Leonardo Boff en la Cumbre de la Tierra (1992), lo que necesitábamos no era un desarrollo sostenible sino sociedades sostenibles (Martínez, 2009).

Por otra parte, se tiene al cultivo de maíz que debido a su productividad y adaptabilidad, se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el planeta después de que los españoles y otros europeos exportaran la planta desde América durante los siglos XVI y XVII. El maíz es actualmente cultivado en la mayoría de los países del mundo y es la tercera cosecha en importancia (después del trigo y el arroz). Al momento, los principales productores de maíz son Estados Unidos, la República Popular de China y Brasil. Independientemente de su uso industrial, el maíz constituye un componente importante de la vida de los pueblos de América, por ser el sustento de la dieta alimenticia de los pueblos indígenas y mestizos de este continente. El cultivo de maíz ha dado lugar a una serie de sistemas agrícolas muy variados (RALLT, 2004). En el Perú en el año 2012, el cultivo de maíz representaba el 12,1% que corresponde a 502 400 hectáreas (CENAGRO, 2012), mientras que en la región Tacna para el año 2013 representó una superficie cultivada de 2 571 hectáreas; y más específicamente en el distrito de Ite, representó el 23% de la superficie cultivada, lo cual equivale a 389 ha al cultivo de maíz principalmente maíz forrajero de la Vr. Opaco Mal Paso (DRA TACNA, 2013).

Ahora bien, el Fundo San Antonio, que se ubica en el sector Pampa Baja del distrito de Ite, provincia Jorge Basadre en la región

Tacna, en el cual se cultivan ají, cebolla y maíz forrajero, posee un suelo cuyas características físico químicas lo definen como fuertemente alcalino, con contenido de materia orgánica bajo, nitrógeno medio, fósforo bajo y potasio muy alto, la explotación agrícola predominante es de tipo intensiva, bajo sistema de riego presurizado, con uso de técnicas de manejo agronómico convencional basado en el uso de insumos y fertilizantes químicos para la obtención de producciones rentables; lo cual motivó que a través de la presente investigación se plantee evaluar la eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz como alternativas para la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero, en aras de contribuir a mantener y/o mejorar la fertilidad del recurso suelo.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1 Alcances**

El presente trabajo de tesis ofrece como alcance dar a conocer una alternativa más para la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero, basada en el uso de un abono orgánico como lo es el fosfohumus de lombriz, obtenido a partir del reciclaje de residuos, el cual puede ser empleado como fuente nutricional del cultivo, contribuyendo con ello a la mejora del manejo de cultivos, con el subsecuente beneficio de obtener

productos de mejor calidad e inocuidad reduciendo los riesgos de deterioro de los recursos medioambientales.

#### **1.4.2 Limitaciones**

Durante la ejecución del trabajo de tesis se presentaron las siguientes limitaciones:

**Época o período.** El trabajo de investigación proyectó su ejecución para el período comprendido entre febrero y octubre del año 2013, dicho período en teoría comprendía una campaña de producción de abonos orgánicos y una campaña común para el cultivo de maíz en el distrito de Ite.

Los tiempos así estimados no concordaron con lo ejecutado, razón por la cual el término del trabajo de campo se dio entre los meses de agosto y septiembre del año 2014.

**Financiamiento.** Desde la fase de proyecto, se determinó que el financiamiento del presente trabajo se efectuaría de manera propia, por lo que no se presentó ninguna limitación al respecto.

**Tiempo disponible.** Respecto a ello, tampoco se tuvieron limitaciones.

**Tipo, cantidad y calidad de los datos obtenidos.** El tipo, cantidad y calidad de los datos obtenidos ha sido el previsto para realizar los análisis estadísticos planteados en la metodología de investigación, las limitaciones surgieron en que algunos de ellos requirieron ser analizados en laboratorio, lo cual implicó tiempo adicional al calculado inicialmente.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz como alternativas para la producción sostenible del cultivo de Maíz forrajero *Zea mays L.*

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Relacionar los niveles de humedad, temperatura y pH del humus y fosfohumus de lombriz con el tiempo de duración del proceso de su producción.
- Comparar el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz.

- Comparar los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz forrajero con aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.
- Comparar el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.

## **1.6 HIPÓTESIS**

### **1.6.1 Hipótesis general**

“La eficiencia de la aplicación del fosfohumus de lombriz es más significativa que la eficiencia de la aplicación del humus de lombriz en la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero *Zea mays L.*”.

### **1.6.2 Hipótesis específicas**

- Los niveles de humedad, temperatura y pH en el proceso de producción están relacionados con el tiempo de duración del proceso de producción del humus de lombriz y fosfohumus de lombriz.

- El nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del fosfohumus de lombriz es mayor que en el humus de lombriz.
- Los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz con la aplicación de fosfohumus de lombriz serán mayores que los alcanzados con el humus de lombriz.
- El nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo será mayor después de la aplicación del fosfohumus de lombriz que después de la aplicación del humus de lombriz.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Existen diversas investigaciones realizadas en diferentes países y zonas del Perú, relacionadas a la incorporación de técnicas y estrategias de manejo sostenible de cultivos. A continuación se refieren algunas de las investigaciones realizadas que guardan relación con la investigación planteada.

Con la finalidad de evaluar los contenidos nutricionales y actividad biológica de los fertilizantes orgánicos, se realizó el trabajo de investigación denominado: “Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana”, efectuándose para ello la recolección de muestras de enmiendas orgánicas en las localidades de Jarabacoa, Espaillat, La Vega y Montecristi durante el período de enero del 2005 a julio del 2006, analizándose un total de 43 muestras. Los resultados demostraron que el tipo bokashi de Jarabacoa presentó valores superiores de materia orgánica (MO) con 44%, P(6,1%), K(3,6%), Ca (21,7%) y micronutrientes

Mn, Zn que los otros bokashi evaluados, el mayor contenido de MO (52%) entre los materiales compostados se observó en el tipo Justino Peguero CJP (640 kg de estiércol, 640 kg de tierra de bosque, 640 kg de pulpa de café y 80 kg de diferentes restos vegetales), pero con contenidos de nutrientes similares a los otros compost, el contenido de MO fue superior en el humus de lombriz (76% en promedio) comparado con el bokashi y compost; concluyéndose que las características físicas-químicas y biológicas de las enmiendas orgánicas evaluadas varían con las condiciones de manejo, tipo de material utilizado en su preparación, condiciones ambientales y procesos de elaboración (Pérez *et al.*, 2008).

En Colombia se realizó un trabajo de investigación denominado “Efecto de los sistemas de producción convencional y orgánico de hortalizas en las propiedades químicas del suelo en la Sabana de Bogotá”, para lo cual se tomaron muestras de suelo en cada sistema (SPC) y (SPE), a las que se les realizó un análisis de fertilidad, encontrándose que en ambos sistemas se presentan ambientes adecuados para el cultivo de hortalizas, ya que el pH fluctuó entre 5,5 y 6,6, excesos de fósforo en el 92% de las muestras del SPE; mientras que opuestamente en el 73% de las muestras del SPC predominó la deficiencia, por otra parte en el SPE el 81% de las muestras presentaron deficientes contenidos de azufre en el suelo, mientras que en el SPC el

19% las presentó, y ambos sistemas de producción presentaron deficiencias en contenidos de manganeso reflejando el bajo aporte de estos elementos en el plan de manejo de fertilidad, ya que los contenidos naturales de la zona son deficientes (Forero y Escobar, 2010).

“Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrimentos disponibles”, es el título de un bioensayo realizado en el estado de Trujillo en Venezuela, en el cual se evaluó el efecto de diferentes fuentes de abonos orgánicos (T1=gallinaza, T2=vermicompost, T3=biofertilizante, T4=estiércol de vacuno, T5=compost y T6=estiércol de chivo) en la biomasa microbiana en una mezcla de suelo: (9:1) abono adicionando glucosa como fuente de energía para determinar el valor fertilizante de éstos abonos y correlacionarlo con el crecimiento del maíz como planta indicadora a nivel de macetas.

Como resultado, se obtuvo que la variable respiración basal ( $\text{mgCO}_2\text{.C/h}$  100 g de mezcla) fue de 27,71, 7,95, 4,89, 4,80, 9 y 9 para los tratamientos del 1 al 6, de igual forma en la evaluación de las variables en las plantas de maíz, se obtuvieron para diámetro de tallo 1,15, 0,77, 0,88, 0,95, 1,06 y 0,96 cm, mientras que para área foliar total los valores fueron 2 888, 1 753, 2 086, 2 345, 2 282 y 2 416  $\text{cm}^2$  y para biomasa seca

11,8, 5,2, 7,3, 7,9, 9,4 y 8,2 g respectivamente para los tratamientos del 1 al 6, concluyéndose que el T1 Gallinaza produjo la mejor respuesta en el incremento de la población y actividad microbiana, presentando una respuesta intermedia los T6, T5, T4 y T2 (Matheus *et al.*, 2007).

En el trabajo de investigación realizado en Famatina, La Rioja (Argentina) en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) en suelo franco arenoso, titulado “Modificación de la fertilidad por prácticas de manejo del suelo”, se dispusieron melgas con 6 tratamientos: T1=2 años consecutivos sin fertilizantes ni abono después de un año sin cultivar; T2=2 años consecutivos con fertilizantes químicos (FQ) y 1 año previo con cultivo de ajo; T3=1 año con FQ y abono caprino en 23 T/ha en suelo cultivado precedido de un cultivo de avena; T4=2 años consecutivos con FQ y abono caprino en 23 t/ha en suelo cultivado previamente con avena; T5=1 año con FQ después de 2 años cultivado con avena; y T6=1 año con FQ y 2 años previos con cultivo de alfalfa, evaluándose muestras de suelo a la siembra y en la cosecha hasta 80 cm de profundidad, obteniéndose como resultado que los contenidos de materia orgánica, N, P y K fueron favorecidos para el T3 y T4; el cultivo de alfalfa favoreció los menores valores de pH (6,2) y conductividad eléctrica asociados con valores máximos de nitratos entre 30 y 80 cm de profundidad, en esta profundidad los T3 y T4 presentaron contenidos de nitrato similares a los

de T2 y T5, en el T2 después de 2 años el pH varió de 7,2 a 6,8, el contenido de C de 0,6 a 0,4% y aumentó la CE de 1,9 a 2,8 dS/cm (Villafañe y Saluzzo, 2010).

En la Universidad Autónoma de Aguas Calientes en México, se realizó el trabajo de investigación titulado “Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental”, en el cual se realizó la evaluación de dos programas de abonado con acolchado plástico y riego por goteo en cultivo de chile ancho, evaluándose tres tratamientos: testigo absoluto, vermicompost y estiércol de bovino, obteniéndose como resultado que el estiércol de bovino fue el que expresó mayor rendimiento siendo este de 18 694 kg/ha de frutos de chile cosechados en dos fechas de corte, seguido por el testigo con el cual se obtuvo 16 232 kg/ha y vermicompost con 15 839 kg/ha (Ramos *et al.*, 2006).

Mientras que en otra investigación titulada: “Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero”, llevado a cabo en la Comarca Lagunera al norte de México, se estudiaron cuatro tipos de vermicompost generados por la acción de descomposición de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.) sobre los siguientes

materiales: estiércol de caballo, estiércol de caballo más estiércol de cabra con paja de alfalfa, estiércol de cabra con paja de alfalfa, y estiércol de cabra con paja más residuos de jardín; para lo cual la composición de las mezclas de vermicompost/arena evaluadas, tomando como base un peso de 15 kilos, fue de 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0 (% en peso). Se evaluaron 17 tratamientos obteniéndose como resultado diferencias significativas en las variables. Sólidos solubles (5,9 a 6 °Brix), número de racimos (3,25 a 4), y número de frutos (17,75 a 27,5) en los tratamientos con las mezclas de vermicompost/arena 25:75 y 50:50 (%), mientras que en las variables diámetro de fruto, altura de planta y rendimiento no presentaron diferencias significativas (Moreno *et al.*, 2005).

En Matamoros, Coahuila, México, con el propósito de alcanzar mejores rendimientos en el cultivo de tomate orgánico bajo invernadero, se realizó el trabajo de investigación denominado “Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate de invernadero”, cuyo objetivo fue elaborar sustratos elaborados con mezclas entre compostas, biocomposta y vermicomposta y sustratos inertes, arena y perlita a diferentes niveles, obteniéndose como resultado que las cuatro mezclas o tratamientos sobresalientes fueron vermicomposta tanto con arena al 50%, como perlita al 37 y 50%, así como la biocomposta al 37,5% más perlita, con una media de 91,42 t/ha<sup>-1</sup> es decir, 9,14 veces más a lo obtenido en

producciones de tomate orgánico en campo, sin demeritar la calidad (Márquez *et al.*, 2008).

“Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum spp.*) en el Valle del Cauca, Colombia”, es un estudio que evaluó el efecto de las fertilizaciones química y orgánica y biofertilización en la nutrición y rendimiento del ají, y en la producción de plántulas en vivero y campo. Se evaluaron 6 tratamientos: Testigo/T1= Fertilización de síntesis química completa (FSQC), T2=FSQC más fuente orgánica (O), T3=FSQC+O más biofertilización (*Penicillium janthinellum*), T4=FSQC+O+M más micorrizas (M), T5=FSQC+O+biofertilización 2 (*Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum sp.*) y T6= FSQC+O+biofertilización 3 (*Azotobacter chroococcum*), obteniéndose como resultado diferencias altamente significativas entre tratamientos, alcanzándose los mayores rendimientos de fruto en el T4 con 50 926 y 79 718 kg/ha, mientras que el menor rendimiento lo obtuvo el testigo (T1), concluyéndose por tanto que dado que la aplicación de micorrizas y biofertilizantes por vía fertirriego favorece la concentración de nutrientes en la fase de invernadero y campo es viable y/o factible reducir el uso de fertilizantes de síntesis química haciendo uso de la biofertilización, bajando los costos de producción y aumentando el margen de ganancia para los productores (Rodríguez *et al.*, 2010).

“La lombriz de tierra y la práctica de la lombricultura en Cuba”, fue un trabajo de investigación realizado por el Instituto de Suelos de Cuba, utilizándose tres fuentes residuales con vistas a evaluar su efectividad en la lombricultura: Estiércol de vacuno (EV), cachaza (C) y gallinaza (G) de forma individual y combinados en diferentes proporciones EV+C (1:1), EV+G (1:1), C+G (3:1); se utilizó la especie de lombriz *Eisenia foetida* y se mantuvo la humedad entre 80 y 85%. Desde los resultados iniciales se mostró la imposibilidad de utilizar la gallinaza como única fuente de sustrato para la lombriz. Así mismo, en las combinaciones EV+G (1:1) y con C+G (3:1) en proporción aún menor, su extremada acidez determina alta mortalidad, lento crecimiento, poca biomasa de las lombrices con tendencia a disminuir, ausencia de clitelo y por tanto ausencia de producción de huevos, mientras que combinar el estiércol de vacuno y la cachaza en iguales proporciones resulta altamente favorable, así como el uso de ambos de forma individual como demuestra día a día la experiencia de innumerables productores (Morales *et al.*, 2008).

Los resultados obtenidos en el trabajo de investigación antes señalado fueron complementados con la investigación titulada “Producción de humus de lombriz a partir de la cachaza”, realizado también por el Instituto de Suelos de Cuba, en el cual se evaluó el contenido de elementos solubles y composición microbiana del humus

obtenido a partir de la cachaza, obteniéndose que el Carbono soluble ( $921,50 \text{ g}\cdot\text{k}^{-1}$ ) contenido en el humus producido a partir de la cachaza es menor que el contenido de este elemento reportado para el humus de estiércol de vacuno y de residual urbano; sin embargo, los contenidos de ácidos húmicos ( $2\,340,03 \text{ mg}\cdot\text{k}^{-1}$ ) y fúlvicos ( $1\,144,43 \text{ mg}\cdot\text{k}^{-1}$ ) en ellos son similares al de vacuno y muy superiores al del residual urbano. Ello se debe a que la cachaza presenta contenidos mayores de lignina, celulosa y otros compuestos orgánicos complejos. Por su parte, en lo que concierne a la riqueza microbiana del humus de lombriz obtenido en canteros con cachaza como sustrato, se obtuvo amonificantes, amilolíticos y actinomicetos  $272, 206$  y  $3 \text{ ufc}\cdot 10^7$  y hongos  $7 \text{ ufc}\cdot 10^3$ . Confirmándose por tanto que la lombricultura resulta un excelente tratamiento para transformar la cachaza en un eficiente abono orgánico (Martínez *et al.*, 2008).

Otro trabajo de investigación realizado es el denominado “Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino”, a través del cual se evaluó la dinámica de crecimiento y producción de la lombriz roja californiana en cuatro sustratos caracterizados en base seca (BS): SO=Estiércol bovino (Eb) al 100%, S1=Eb 97% + cepa de plátano (Cp) 1% + residuo de comederos de bovinos 2%, S2=Eb 95% + cepa de caña

(Cc) 3% + Cp 1%, y S3=Eb 96% + Cc 3% + Cp1%. Los resultados obtenidos demostraron que las lombrices alimentadas con S3 a los tres y cuatro meses presentaron un mejor comportamiento; mediante el análisis de correlación se encontró una fuerte relación positiva entre la producción de biomasa con la población de lombrices totales, adultas, juveniles, bebés y cápsula de 0,82, 0,84, 0,67, 0,46 y 0,37, mientras que con relación a la calidad de las harinas solo se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de ceniza que para S2 y S3 alcanzó 16,44 y 15,45 respectivamente y para S0 Y S1 los valores alcanzados fueron 9,61 y 10,68. Como conclusión se puede afirmar que el sustrato que contenía Eb (96%) + Cc (3%) + Cp (1%) presenta los mejores resultados (Díaz *et al.*, 2009).

Un trabajo de investigación similar es el desarrollado en el Municipio de Miranda do Norte, en Brasil, denominado "Evaluación de parámetros productivos de maíz y su relación espacial con los atributos químicos del suelo", cuyo objetivo fue evaluar la variabilidad espacial de los parámetros de producción de maíz y su relación con los atributos químicos del suelo. En este sentido, se diseñó una malla de 113 puntos tomándose muestras cada 10 m, determinando pH, materia orgánica, P, K, Ca, Mg, y acidez intercambiable; mientras que los parámetros de producción evaluados fueron: peso de mazorca, peso de 100 granos y

rendimiento. Los resultados fueron analizados por medio de estadística descriptiva y técnicas geoestadísticas, pudiéndose obtener que el pH y el peso de 100 granos fueron los únicos atributos con baja variabilidad 8,6% y 5,96% respectivamente. Los otros atributos mostraron variabilidad media, destacando el hecho de que el P y el K fueron los atributos con mayor variabilidad 45,90% y 38,80% respectivamente. El rendimiento de maíz y el peso de las orejas mostraron alta correlación similar y dependencia espacial. Los parámetros de producción mostraron una influencia significativa de los atributos químicos de suelos, principalmente aquellas que definen la acidez y la presencia de cationes. Los mapas de contorno permitieron la identificación de los atributos espaciales de suelos y su relación con el rendimiento de maíz (Martins *et al.*, 2011).

Así también, se tiene el trabajo de investigación realizado en el Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia, ubicado en el Municipio de Mosquera, Cundinamarca, Colombia, denominado “Variabilidad del crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz para choclo (*Zea mays* L.) como respuesta a diferencias en las propiedades químicas del suelo en la Sabana de Bogotá, Colombia”. En la investigación se estudió el crecimiento de un cultivo de maíz mediante una red sistemática de 32 puntos, en los cuales se recolectaron muestras de suelos para determinar pH, N, Ca, K, Mg, Na,

Al, P, Cu, Fe, Mn, Zn, y B. Se utilizó el análisis de componentes principales a fin de determinar qué variables de suelos incidían sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo. Así mismo, posteriormente a través de un análisis de conglomerados se agruparon las zonas homogéneas según estas características químicas en cuatro zonas; en dichos puntos se tomaron muestras del material vegetal a los 35, 59, 91, 115, 146 y 162 días después de la siembra y se realizó el análisis de crecimiento calculando la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) e índice de área foliar (IAF), y a los 162 días se evaluó la cosecha. Los resultados obtenidos refieren que el crecimiento del cultivo presentó estructura espacial y su variabilidad fue explicada por un grupo de variables químicas relacionadas con la fertilidad del suelo. Las diferencias en las TCC (2,20; 2,07; 1,32 y 1,49 g m<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> en las zonas 1, 2, 3 y 4) se debieron a la variabilidad de las TAN y a los IAF entre las zonas durante el desarrollo del cultivo; conociéndose además que la TAN fue diferente entre las zonas de mayor y menor fertilidad en las etapas iniciales de desarrollo del cultivo; mientras que el IAF fue superior todo el ciclo del cultivo en las zonas fértiles, alcanzando durante la floración 4,33; 4,32; 2,1 y 2,12 en las zonas 1, 2, 3 y 4 respectivamente. En tal sentido, las zonas con rendimientos más altos se dieron por lo mayores contenidos en el suelo de Ca, Mg, K, N, P, Zn, Fe, B y Cu; así como su

CIC, Ce y contenido de arcilla, lo cual se reflejó en los más altos contenidos foliares de N, P, Ca, Mg, Mn, Zn, pero menores contenidos de K, Fe y Cu; variables que estuvieron relacionadas con una mayor fertilidad del suelo, comportamiento que fue un factor determinante en el mayor o menor rendimiento del cultivo (Sánchez *et al.*, 2012).

“Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L)”, es un trabajo de investigación realizado en el Laboratorio de Investigación de Suelos, Departamento de Ciencias Agrarias de la Universidad de los Andes en Monay, estado de Trujillo, con el fin de evaluar el efecto residual de tres abonos orgánicos (vermicompost, biofertilizante y fertiagro), para lo cual se estableció un ensayo en macetas en el vivero con 8 tratamientos: T1=Testigo (sin fertilizante), T2=Vermicompost ( $2\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), T3=Biofertilizante ( $5\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), T4= Fertiagro ( $3\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), T5=Vermicompost + Químico ( $1\text{ mg}\cdot\text{ha}^{-1} + \frac{1}{2}$  químico), T6=Biofertilizante + Químico ( $2,5\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1} + \frac{1}{2}$  químico), T7=Fertiagro + Químico ( $1,5\text{mg}\cdot\text{ha}^{-1} + \frac{1}{2}$  químico) y T8=Químico (15-15-15 + Urea). Se evaluaron las variables peso seco y la eficiencia agronómica relativa (E.A.R.) que expresa el comportamiento del rendimiento en biomasa de los tratamientos evaluados con respecto a la fertilización química tradicional referida en porcentaje (rendimiento relativo). El ensayo tuvo una duración de 5 ciclos

consecutivos de 21 días cada uno, usando como planta indicadora un híbrido de maíz (Sefloarca 91). Los resultados indicaron que el crecimiento de las plantas alcanzó hasta el tercer ciclo (63 días) el mayor registro respecto a mayor cantidad de biomasa, a partir de allí la producción disminuyó progresivamente alcanzando niveles de eficiencia agronómica relativa de 92,10%; 265,80%; 439,50%; 86,84%; 134,20% y 363,15% para los tratamientos del 2 al 7 respectivamente, demostrando con ello que el mayor efecto del tratamiento con fertilización química alcanzó sus máximos niveles en la fase inicial del ensayo, mientras que los tratamientos con productos orgánicos alcanzaron su mayor efecto en el tercer ciclo evidenciando por tanto su mayor acción residual (Matheus *et al.*, 2007).

Así también en Piura, región árida caliente de la costa norte del Perú, donde los suelos agrícolas son predominantemente arenosos, alcalinos, de poco contenido de materia orgánica y por lo mismo de baja fertilidad (muy pobres en nitrógeno y relativamente pobres también en fósforo), el Centro de Investigación y Promoción del Campesinado (CIPCA), ha realizado trabajos con el humus de lombriz desde el año 1990; es así que en el año 1987 estuvieron abocados a la producción y difusión del fosfocompost, un fertilizante preparado principalmente con

base en el guano de corral, rastrojos de cosecha y roca fosfórica de Bayóvar (FosfoBayovar).

En dichas circunstancias, la preocupación del CIPCA fue producir un fertilizante que aportara fundamentalmente estos dos elementos esenciales y ese fue el fosfocompost. Años adelante, al tomar auge la lombricultura, y luego de producir y promover la producción y uso del humus de lombriz en los términos ya conocidos, se plantearon investigar respecto a enriquecer el contenido en fósforo del humus de lombriz, mediante la aplicación de roca fosfórica en el proceso de producción de dicho humus; se investigaron dos factores: Dos formas de aplicación de la roca fosfórica y tres dosis de roca fosfórica en kilos/m<sup>2</sup> de cama; producto de ello se determinó que la aplicación de roca fosfórica directamente a las camas a la dosis media de 10 kg/m<sup>2</sup>, fraccionado en tres momentos de 3,33 kg cada uno, da el mejor resultado en el enriquecimiento satisfactorio del humus de lombriz, en su contenido de fósforo (hasta 2,5% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), sin afectar diferencialmente, ni el desarrollo de las lombrices, ni el de la población microbiana (Gomero y Tazza, 2001).

Posteriormente, en aras de realizar una comprobación de estos dos tipos de humus de lombriz (el normal) y el reforzado con fosfobayovar, además de evaluar el comportamiento de los mismos mezclados con úrea

en el cultivo de maíz, se realizó la investigación denominada “Evaluación comparativa de niveles de humus y fosfohumus de lombriz y su aplicación combinada con úrea en cultivo de maíz (*Zea mays*) en Piura”, la cual se llevó a cabo en la parcela experimental La Estancia, ubicada en el distrito de Castilla, provincia de Piura en un área de 1 280m<sup>2</sup>, empleándose un cultivo de maíz híbrido cultivar Marginal Tropical 28, teniendo como base un suelo franco arenoso, con 0,86% de materia orgánica, alto en fósforo (19 ppm), alto en potasio, sin problemas de sales y de reacción neutra; mientras que por su parte, las características de los abonos orgánicos fueron CE(ds/m) 19,05 y 21,43; pH 7,5 y 7,4; %N 1,4 y 2,0; %P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3,12 y 5,25 y %K<sub>2</sub>O 2,96 y 3,45 para el humus y fosfohumus de lombriz respectivamente. La investigación consideró un total de 10 tratamientos T1: 5 000 kg de HL (humus de lombriz), T2: 8 000 kg de HL, T3: 5 000 kg de HL + 45 kg de úrea al aporque, T4: 4 000 kg de HL y 22,5 kg de úrea + 1 000 kg de HL y 22,5 kg de úrea al aporque, T5: 5 000 kg de FHL (fosfohumus de lombriz), T6: 8 000 kg de FHL, T7: 5 000 kg de FHL + 45 kg de úrea al aporque, T8: 4 000 kg de FHL y 22,5 kg de úrea + 1 000 kg de FHL y 22,5 kg de úrea al aporque, T9: 109 kg de úrea + 109 kg de úrea al aporque y T10: Testigo, efectuándose la evaluación de las variables altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), materia seca y rendimiento de grano. Los resultados obtenidos revelaron diferencias estadísticas

significativas para la variable altura de planta, siendo el T8 el que mostró la mejor interacción, cuyas plantas alcanzaron 173,75 cm, seguido del T5 que alcanzó 149,25 cm; T7 que alcanzó 148,50 y T6 con el que se obtuvo la menor altura de planta que fue de 146 cm; para la variable diámetro de tallo no se encontraron diferencias estadísticas significativas dado que este alcanzó valores de 6,4; 5,8; 6,6; 6,3; 6,0; 6,1; 6,2; 6,5 cm en los tratamientos del T1 al T8 respectivamente; así mismo, no existieron diferencias significativas para la variable rendimiento de grano entre los dos tipos de humus de lombriz ensayados, pero sí entre las 4 fórmulas de abonamiento ensayadas, siendo el T8 y T4 los que obtuvieron el mayor rendimiento de grano, siendo de 6 407,92 y 6 236,74 kg/ha respectivamente, seguido de los T3 y T7 con 5 279,19 y 3 119,58 kg/ha, T6 y T2 con 2 983,06 y 2 372,95 kg/ha, y finalmente T1 y T5 con 2 264,82 y 1 742,84 kg/ha respectivamente. Respecto a la materia seca existieron diferencias estadísticas altamente significativas, entre los dos tipos de humus ensayados, siendo el mejor el fosfohumus de lombriz con 32,35; 23,78; 29,28 y 23,30 kg/parcela para los tratamientos del T8 al T5. De lo señalado se concluyó que la mejor interacción resultante fue la del fosfohumus de lombriz en dos momentos: siembra y aporque y en ambos casos reforzados por úrea, la cual produjo el mayor peso del rastrojo seco de maíz y el mayor peso de grano (Gomero y Velásquez, 1999).

Desde otra perspectiva, se tiene el trabajo de investigación titulado “Carbono orgánico y propiedades del suelo” realizado en Chile, cuyo objetivo fue relacionar el COS con la capacidad productiva del suelo mediante el estudio de la dinámica del carbono orgánico, su composición y efecto sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo; habiéndose logrado concluir que el carbono orgánico del suelo (COS) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos. El COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes. El COS asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo. La cantidad de COS no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo.

Existen prácticas de manejo que generan un detrimento del COS en el tiempo, a la vez hay prácticas que favorecen su acumulación: la

labranza de conservación que incluye a la cero labranza, es un sistema de manejo de suelos que tiene una alta capacidad potencial para secuestrar C en el suelo.

El carbono orgánico del suelo (COS) es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica del suelo (MOS), y las sustancias húmicas son el principal componente de la MOS, representando por lo menos el 50% de estas. Los principales efectos de la MOS son que: afecta la reacción del suelo (pH) debido a los diversos grupos activos que aportan grados de acidez, a las bases de cambio y al contenido de nitrógeno presente en los residuos orgánicos aportados al suelo; la capacidad de intercambio catiónico la cual está vinculada a la fertilidad del suelo y depende de los coloides inorgánicos y del contenido de MOS; la agregación del suelos, existiendo una relación entre tamaño de los agregados y contenido de COS; porosidad y retención de agua, dado que la estructura del suelo involucra la forma, grado y tamaño de los agregados, en consecuencia, la estructura del suelo afecta la porosidad y por lo tanto, la retención y disponibilidad de agua, además de su capacidad para contener aire y esencialmente en la actividad biológica del suelo, pues el COS proporciona recursos energéticos a los organismos del suelo, mayoritariamente heterótrofos y la biota del suelo representa de 1 a 3% del COS y el componente microbiano varía desde 100 hasta 1000

$\mu\text{g C g}^{-1}$  de suelo, la actividad biológica actúa en la solubilización, movilización y disponibilidad de nutrientes para las plantas y es un indicador de cambios tempranos que modifican la dinámica de nutrientes antes que estos puedan ser detectados por análisis químicos (Martínez *et al.*, 2008).

## 2.2 BASES TEÓRICAS

La **agroecología** ha llegado a significar muchas cosas, a menudo incorpora ideas sobre un enfoque de la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente, centrada no solo en la producción, sino en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción. En un sentido más restringido, la agroecología se refiere al estudio de fenómenos netamente ecológicos dentro del campo de cultivo, tales como relaciones depredador/presa, o competencia cultivo/maleza, su propósito es iluminar la forma, la dinámica y las funciones de esta relación. En algunos trabajos está implícita la idea que por medio del conocimiento de estos procesos y relaciones los sistemas agroecológicos pueden ser administrados mejor, con menores impactos negativos en el medio ambiente y en la sociedad, más sostenidamente y con menor uso de insumos externos.

Una de las contribuciones importantes de la agroecología es llegar a algunos principios básicos relacionados con la estructura y función de los agroecosistemas, siendo importante considerar que el agroecosistema es la unidad ecológica principal, la cual contiene componentes bióticos y abióticos que son interdependientes e interactivos, su función se relaciona con el flujo de energía y con el reciclaje de los materiales a través de los componentes estructurales del ecosistema, el cual se modifica mediante el manejo del nivel de insumos; la cantidad total de energía que fluye a través de él depende de la cantidad fijada por las plantas o productores y los insumos provistos mediante su administración, el volumen total de la materia viva puede ser expresado en términos de su biomasa, tienden a la maduración, su principal unidad funcional es la población del cultivo, los cambios y las fluctuaciones en el ambiente representan presiones selectivas sobre la población, la diversidad de las especies está ligada con el ambiente físico y en situaciones de cultivos que están aislados, las tasas de inmigración se tienden a equilibrar con las tasas de extinción (Altieri, 1999).

En este contexto, la **Agricultura sostenible** es la creación de un nuevo modelo agrícola, más complejo y más exigente en conocimientos, que si bien requiere mayor cantidad de mano de obra, es más productivo en calidad y menos productivo en cantidad, pudiendo referir también que

es toda actividad que realiza el hombre para la obtención de alimentos sanos y descontaminados. Con la agricultura sostenible el cultivo necesita menos cantidad de energía física y química, garantiza la conservación del suelo, del aire puro, del bosque, de los animales, del desarrollo y de la salud del hombre; así también, la agricultura sostenible plantea diversos y complejos sistemas para mermar los efectos negativos que la naturaleza o el juego comercial de la oferta y la demanda, puedan afectar a los agricultores (Condiza, 1998).

Otra denominación usada es la de **agricultura sustentable**, considerada como el sistema integrado de prácticas de producción de plantas y animales con el objetivo de satisfacer la alimentación humana, mejorar la calidad del ambiente, hacer uso eficiente de los recursos no renovables, mejorando la calidad de vida de los agricultores y de la sociedad como un todo. Para ello, considera dos aspectos relevantes para alcanzar la sustentabilidad: la cantidad de alimentos de calidad que requiere la población y los bioproductos o fertilizantes orgánicos que se utilicen para combatir plagas o malezas, o mejorar dichos alimentos, destinados a cubrir las necesidades, tanto de los hombres como de los animales. Concluyendo por tanto, que conviene a la sociedad la búsqueda de alternativas agrícolas que mejoren la calidad de los alimentos,

optimicen los costos de producción y mantengan en equilibrio el ecosistema, en la medida de lo posible (Osorio, 2008).

Ahora bien, el artículo “El problema de la sostenibilidad dentro de la complejidad de los sistemas de producción agropecuarios” señala que los sistemas de producción sostenibles son todos aquellos que combinan eficientemente tanto los factores socioeconómicos como los biológicos, dentro del contexto de un agroecosistema específico, para brindar bienestar y salud al hombre; de esta forma, los sistemas de producción sostenibles se logran obtener, cuando se estudie y comprenda la forma mediante la cual los diferentes factores de producción afectan a la agricultura, para que con esta información y un espíritu crítico se pueda decidir cuál es la tecnología más apropiada para ser utilizada en cada agroecosistema, y así poder prever y controlar los diferentes procesos tecnológicos que se desarrollan dentro de la complejidad de un sistema de producción agropecuario (Cotes y Cotes, 2005).

Así también, en la memoria del taller “Agricultura orgánica: Una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza” desarrollado por el FIDA, RUTA, CATIE Y FAO en el año 2003, en la exposición denominada **La agroecología implementada en la cadena alimentaria** realizada por Laercio Mereilles de EcoVida Brazil,

señala que la agroecología surge como resultado de dos crisis: la crisis ambiental y la crisis de la ciencia; la primera, donde al fin nos damos cuenta de que los recursos que tiene el planeta son finitos, por lo que no se puede crecer en forma infinita, sino que se debe mantener la capacidad del ecosistema de satisfacer nuestras necesidades, entra entonces el concepto de sostenibilidad y el concepto de respeto a las generaciones futuras, la problemática de la crisis ambiental presiona a los diferentes sectores para tomar acciones; la segunda, en la que el paradigma de la ciencia convencional establece que a través del método científico se puede llegar a la verdad absoluta, mientras que la nueva ciencia habla de aproximaciones, de acercamientos a la verdad, así pues la agroecología parte del concepto de que no se puede entender el todo únicamente entendiendo sus partes, el todo no es la suma de sus partes; indicando entonces que la agroecología puede definirse como un modelo de organización social y económica basada en un desarrollo equitativo y participativo, sostenible, holístico, ecológicamente equilibrado, económicamente viable y socialmente justo (Mereilles, 2003).

En concordancia con la concepción de lo que significa e implica la “agricultura sostenible”, se han realizado diversos trabajos de investigación tales como el estudio descriptivo-correlacional “Agricultura sostenible e investigación agrícola en el INIA” (2001), diseñado para

describir el nivel de aplicación de los conceptos de agricultura sostenible en la investigación agrícola por parte de los investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), anterior FONAIAP, en Venezuela. Se investigó las relaciones existentes entre nivel de participación en agricultura sostenible y orientación; aptitud y las características personales seleccionadas. Se elaboró un cuestionario con cuatro partes, en el cual se identificó: orientación, aptitud, participación hacia la agricultura sostenible y las características personales seleccionadas.

Los resultados obtenidos indicaron un bajo nivel en el uso de los componentes de la agricultura sostenible en la elaboración de las actividades de investigación agrícola, una orientación amplia hacia la agricultura sostenible, y una aptitud ligeramente positiva hacia la agricultura sostenible, concluyéndose que era necesario incrementar el nivel de participación por parte de los investigadores en actividades de agricultura sostenible y adiestrar a los investigadores noveles si se aspira promover el desarrollo de los pequeños y medianos productores y a generar tecnología sostenible apropiada (Delgado, 2002).

Así también en el artículo "*Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento*", se refiere que la Universidad Autónoma de Nuevo

León para el año 2008, consciente de la importancia y eficacia que los nuevos métodos agrícolas han tenido y tendrán en un futuro, concibieron que era trascendental familiarizarse con los nuevos modelos de producción agrícola, en el cual los insumos de origen biológico son de gran importancia, tales como los bioproductos y bioplaguicidas que son de gran ayuda para la producción agrícola, puesto que evitan el uso de plaguicidas sintéticos y fertilizantes químicos, asegurando a la población productos de consumo sanos y de buena calidad, siendo éste rubro de la biotecnología agrícola fundamental para solucionar la baja producción y pérdida económica de los cultivos, es decir, reducir la dependencia de químicos sin afectar e incluso aumentar la productividad del campo (Osorio, 2008).

Por su parte, en el libro “Fertilizantes y abonos orgánicos”, se refiere que después de los recursos humanos de un país, el capital más importante es el suelo, este es el material sobre el que se basa la producción vegetal y animal; por lo tanto, la producción de alimentos para los seres humanos depende del mismo, sin él la vida del planeta estaría limitada. No obstante los avances biotecnológicos para la producción de alimentos, incluida la hidroponía, no logran remplazarlo para tal noble fin, ni en cantidad ni en variedad de los productos que de él se deriven. En tal sentido, dado que la demanda de alimentos se duplica, surgen las

siguientes interrogantes que debieran ser contestadas: ¿Los suelos del mundo son adecuados para producir tal demanda de alimentos?, ¿cuáles son las potencialidades y limitaciones de los suelos del mundo?, ¿la tecnología disponible puede ser aplicada a condiciones específicas del suelo para lograr un manejo sustentable de los recursos suelo y agua?, ¿qué estrategias e investigación aplicada es necesaria para alcanzar el conocimiento para lograr un manejo sustentable del recurso suelo y el agua? y ¿cómo deben ser organizadas las actividades de investigación y transferencia de tecnología para reducir los costos y evitar la duplicación y redundancia? Estas preguntas son de gran importancia para los países del trópico y subtropical, en vías de desarrollo, donde el recurso suelo es pobre y se cuenta con productores de bajos ingresos, que no pueden adquirir los insumos necesarios para lograr una alta productividad (Salgado *et al.*, 2006).

En este contexto, en el modelo de agricultura convencional, el recurso suelo ha sido considerado simplemente como un soporte inerte—fuente de nutrientes—para el desarrollo de las plantas, donde se podía aplicar los agroquímicos sin ningún tipo de consideración ambiental; no se logró entender que este recurso conocido por los ancestros como Pachamama tiene vida y su dinámica está estrechamente relacionada con los ciclos de la naturaleza. Esta forma de explotación del suelo, está

acelerando su degradación y afectando su fertilidad natural, poniendo en peligro su productividad.

No debe olvidarse que la causa del deterioro de este recurso tiene su origen en factores socioeconómicos, en la sobreexplotación de la capacidad de uso de las tierras y en prácticas de manejo inadecuadas; ante ello, en los últimos años la sociedad civil viene incorporando progresivamente estas preocupaciones en su labor cotidiana; ya se están desarrollando experiencias valiosas, que están permitiendo validar algunas tecnologías ecológicas para el manejo de los suelos, en las cuales no solo se aprovechan las ventajas de los procesos naturales y de las interacciones biológicas del suelo, sino que también permite una reducción considerable en el uso de recursos externos y aumento de la eficiencia del uso de los recursos básicos del sistema predial, lo cual forma parte de una serie de estrategias de lo que se conoce como manejo ecológico de suelos (Gomero *et al.*, 1999).

Así también, se tiene lo señalado en la Guía de Lombricultura elaborada por ADEX en el Municipio Capital de La Rioja que indica que para evaluar en forma correcta la fertilidad de un suelo es menester considerar la fertilidad física, química y biológica, refiriendo que los parámetros biológicos de la fertilidad del suelo que se determinan en

relación con la productividad agrícola son básicamente tres: el contenido de materia orgánica, el contenido de ácidos húmicos y la microflora. Es así que todos los investigadores aceptan la valoración del grado de fertilidad potencial establecido por la FAO, que se basa en el contenido de materia orgánica (ADEX, 2002).

**Tabla 1.**

Grados de fertilidad potencial

<b>Fertilidad Potencial</b>		
	<b>Materia orgánica</b>	<b>Fertilidad</b>
Terrenos con bajo contenido	Inferior al 2%	Casi estériles
Terrenos con contenido medio	2% a 6%	Fertilidad normal
Terrenos con alto contenido	7% a 30%	Fertilidad elevada

Fuente: FAO

Ahora bien, Gliessmann, refiriéndose a la materia orgánica del suelo, señala que en ecosistemas naturales, los contenidos de materia orgánica del Horizonte A pueden ser del 15 a 20% o más; aunque en la mayor parte de los suelos el porcentaje se encuentra entre 1% y 5%. En la ausencia de la intervención del hombre el contenido de materia orgánica del suelo depende especialmente del clima y de la cobertura

vegetal, añadiendo que se encuentra más materia orgánica en climas fríos y húmedos, y que existe una estrecha correlación entre las cantidades de materia orgánica en el suelo y los contenidos de carbono total por dos o los contenidos de nitrógeno total por veinte. A su vez refiere que la materia orgánica está conformada por diversos componentes heterogéneos, el material vivo incluye raíces, microorganismos y fauna del suelo; el material no vivo incluye la hojarasca superficial, raíces muertas, metabolitos microbianos y sustancias húmicas, estando éste componente no vivo en mayor cantidad. Así mismo, señala que durante su vida en el suelo, la materia orgánica tiene funciones de mucha importancia, todas ellas son importantes para la agricultura sostenible (Gliessman, 2002).

También desde el punto de vista agroecológico, Scheifler señala que el suelo, además de ser el sustrato en el que se desarrolla la raíz y el soporte de la planta, es un complejo sistema en el que los organismos presentes (animales, vegetales y microorganismos) interactúan con el soporte físico y químico en el que viven. Es un medio de composición mixta, orgánica y mineral, con capacidad de retener una cierta cantidad de agua, influida por la actividad metabólica de los organismos presentes. Así pues, independientemente del tamaño de la explotación, el manejo del suelo constituye la base productiva y la garantía de la continuidad de la

explotación; por lo que la fertilización devuelve al suelo los nutrientes extraídos con cada cosecha, siendo la materia orgánica la base de los fertilizantes utilizados. Es así que, en líneas generales el manejo de la fertilidad del suelo en la agricultura ecológica se basa en tres vías complementarias: Potenciación de la biodiversidad del suelo, incremento de la disponibilidad de nutrientes y disminución de la degradación del suelo por pérdida directa, por contaminación o por eliminación de su biodiversidad (Scheifler, 2009).

En este contexto, se halla la agricultura orgánica que es un sistema productivo que propone evitar e incluso excluir totalmente los fertilizantes y pesticidas sintéticos de la producción agrícola; en lo posible reemplaza las fuentes externas tales como sustancias químicas y combustibles adquiridos comercialmente por recursos que se obtienen dentro del mismo predio o en sus alrededores; dichos recursos internos incluyen la energía solar y eólica, el control biológico de las plagas, el nitrógeno fijado biológicamente y otros nutrientes que se liberan a partir de la materia orgánica o de las reservas del suelo.

Las opciones específicas que fundamentan la agricultura orgánica son la máxima utilización de la rotación de cultivos, rastrojos vegetales, abono animal, leguminosas, abonos verdes, desechos orgánicos externos

al predio, cultivo mecanizado, rocas fosfóricas, y aspectos de control biológico de plagas con miras a la mantención de la fertilidad del suelo y su estructura; suministro de nutrientes vegetales y el control de los insectos, malezas y otras plagas (Altieri, 1999).

La agricultura orgánica tiene como un pilar importante el uso de abonos orgánicos, que son aquellos producidos con materiales de origen animal o vegetal. Un gran número de materiales orgánicos pueden ser utilizados como abono o suministros de nutrientes a las plantas, de esta forma muchos productos de desechos o subproductos de la granja se pueden utilizar como abonos reciclando los nutrientes, esto sin lugar a dudas es importante tanto desde el punto de vista económico como ecológico. Bajo esta perspectiva debemos tener presente las ventajas de este tipo de abonos sobre los químicos como son: El mayor efecto residual; aumento en la capacidad de retención de humedad a través de su efecto sobre la estructura; formación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a éstos en forma aprovechable para las plantas; reducción de la erosión de los suelos; incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo, protegiendo los nutrientes de la lixiviación; liberación de CO<sub>2</sub> que propicia la solubilización de nutrientes y abastecimiento de carbono orgánico como fuente de energía a la flora microbiana y heterótrofa (Salgado *et al.*, 2006).

Por su parte, bajo la premisa de que cualquier residuo vegetal o animal es materia orgánica, y que su descomposición lo transforma en materiales importantes en la composición del suelo y en la producción de plantas, la materia orgánica bruta es descompuesta por microorganismos y transformada en materia adecuada para el crecimiento de las plantas y que se conoce como humus. En el suelo este proceso se ejecuta lentamente; por lo tanto, se utiliza tecnologías adecuadas para acelerar el proceso de descomposición de los materiales orgánicos fuera del suelo. De esta manera es posible producir la cantidad de humus necesario para mejorar un suelo degradado. El humus de lombriz es uno de los mejores abonos orgánicos, porque posee un alto contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, además ofrece a las plantas una alimentación equilibrada con los elementos básicos utilizables y asimilables por sus raíces. Adicionalmente, una vez instalado el sistema, es una tecnología fácil de manejar y sin el uso de mucha mano de obra, la lombriz que se utiliza es *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana), estas se crían en camas de tamaño variable, siendo comunes las de 1 m de ancho, 0,4 a 0,6 m de alto y hasta 20 m de largo, pasados 3 meses en promedio, lo cual ha de variar en función de las condiciones de humedad y temperatura existentes durante el período de producción, se procede a realizar la cosecha del

humus. El humus se puede utilizar prácticamente en todos los cultivos como reconstituyente orgánico en plantas ornamentales, en horticultura, fruticultura y floricultura se usa para enriquecer y mejorar el suelo (Brechelt, 2008).

En lo que respecta a la ecología de la lombriz roja californiana Reinés en su libro “Lombricultura: Alternativa de desarrollo sustentable”, señala que la duración de los diferentes estadios de su ciclo de vida está influenciada por la acción de diferentes factores abióticos, de entre los cuales son importantes la humedad, la temperatura y el pH del sustrato. Es así que, la humedad es uno de los factores abióticos más importantes para el desarrollo de las lombrices, dado que el agua es uno de los componentes del cuerpo de las lombrices constituyendo el 70 a 75% de su peso vivo, por lo tanto una de las mayores dificultades que tiene estos organismos es la retención de agua para la supervivencia. En condiciones de sequía severa las lombrices pueden perder peso, reducirse de tamaño o formar una estructura semejante a un quiste del que saldrán cuando se restablezcan las condiciones, mientras que por el contrario pueden soportar un exceso de humedad durante unas cuantas horas, pero también el exceso resulta perjudicial, siendo la humedad óptima del sustrato para el desarrollo el 80%, que es equivalente a un medio subacuático, igual a la capacidad de campo. En lo que concierne a la

temperatura óptima del sustrato se tiene que el rango de temperatura óptimo difiere según la especie, siendo ésta aquella en la todas las funciones de vida sean mejores analizadas de conjunto (duración del desarrollo, puesta de capullos, viabilidad de los embriones, incremento en peso y crecimiento de la población), que para la lombriz roja es de 12°C, además se refiere que la temperatura óptima para puesta de capullos, viabilidad y fertilidad es de 24°C, esto no quiere decir que a otros rangos no se desarrolle la especie. Por su parte, el pH es otro de los factores considerados como de importante influencia, pues está demostrado que las lombrices son muy sensibles a las concentraciones de ion Hidrógeno (pH en solución acuosa), es así que las lombrices se clasifican en básico tolerantes, omnímodas y ácido tolerantes; las especies empleadas en la lombricultura se desarrollan en un rango de pH alrededor al neutro (Reinés, 1998).

En el artículo “Algunos aspectos sobre la lombricultura para la fertilización orgánica de los suelos”, se hace referencia de las condiciones específicas para el óptimo desarrollo de la lombriz *E. foetida*, la mayoría de las cuales puede ser controlada, siendo fundamentalmente: temperatura, humedad, pH y alimentación adecuada. Las variaciones de estos, afectan al cultivo de lombrices y su producción de humus; es así que para el parámetro pH las lombrices producen humus entre 6,8 y 8,

siendo el óptimo 7,5; a menos de 6,5 y más de 8,5 se aletargan y a menos de 5 y más de 9 estas mueren, mientras que el rango de humedad en el que las lombrices producen humus es de 80-85% siendo la óptima 82%; a menos de 50% y más de 88% se aletargan y a menos de 50% y más de 90% estas mueren; mientras que el rango de temperatura para producir humus oscila entre 14 y 27°C siendo la óptima 20°C; a menos de 7 y más de 33°C se aletargan y a 0°C y más de 42°C se produce la muerte de las lombrices (González, 2010).

Considerando otros parámetros adicionales a lo señalado, ADEX en la *Guía de lombricultura* del Municipio Capital de La Rioja refiere que los factores que afectan la producción de humus son: la temperatura, la humedad, la acidez, la aireación y el agua. En cuanto a la temperatura, las lombrices se inactivan a 0°C y mueren cuando las temperaturas llegan a congelar el protoplasma, pueden desarrollar su ciclo normalmente hasta los 15-18°C, requiriendo temperaturas más elevadas en lugares sombreados y con más humedad siendo la temperatura óptima para *E. foetida* 25°C. En lo que respecta a humedad refiere que debe proveerse a las cunas una humedad inicial del 70% hasta llegar al 40% al final para facilitar la ingestión del alimento y el deslizamiento de las lombrices a través del material. En cuanto a la aireación, la lombriz puede vivir con poco oxígeno y altas cantidades de dióxido de carbono permaneciendo un

tiempo prolongado en el agua si ella se agita para incorporarle oxígeno, pero en condiciones anaeróbicas pueden producirse sustancias tóxicas. En lo que se refiere a la acidez o alcalinidad, las lombrices pueden vivir en un rango de pH desde 4 a 8, siendo el óptimo de 7 para producciones comerciales y el agua que en el caso de alto contenido de sales no favorece la puesta de cocones necesaria, además de las de sodio que resultan fitotóxicas desvalorizando el vermicompuesto (ADEX, 2002).

Ahora bien, existen diferentes valores para los parámetros químicos del humus de lombriz. Así se tiene que la Estación Experimental ILLPA – Puno en el 2005 señala que el humus de lombriz por gramo tiene una humedad de 58,52%, sustancias orgánicas 45%, nitrógeno 2,1%, fósforo 1,42%, potasio 1,44%, calcio, 6,74%, pH entre 7,1 y 7,5 y carga bacteriana de  $2 \cdot 10^{10}$  (ILLPA, 2005).

En otras regiones de América Latina, los valores de dichos parámetros difieren de los señalados, así pues se tiene que según el Manual práctico para la lombricultura de la FAMA, el análisis físico, bacteriológico del humus de lombriz presenta un pH entre 6,8 y 7,5, humedad de 30 a 40%, nitrógeno 1,5 a 5 gramos, fósforo 1,5 a 5 gramos, potasio 1,5 a 305 gramos, CE de 3 a 4 mmhos/cm, fracción orgánica de 20 a 50% (Brechelt); mientras que en el Manual lombricultura de la

SAGARPA de México refiere que el contenido nutrimental de las lombricompostas es pH 6,8 a 7,2, nitrógeno 1,5 a 3,35%, fósforo 700 a 2 500 ppm y potasio 4 400 a 7 700 ppm (SAGARPA).

### **2.3 Definición de términos**

**2.3.1 Humus.** Es la materia que resulta de la descomposición de los restos orgánicos vegetales y animales, por la acción del agua, aire y microorganismos del suelo. El humus y la arcilla se encuentran en el suelo en estado de floculación, formando lo que se conoce como el complejo arcillo-húmico, con la propiedad de ser más estable que cualquiera de estas partículas individualmente, debido fundamentalmente a la presencia del calcio en el suelo (Salgado *et al.*, 2006).

**2.3.2 Humus de lombriz.** El humus de lombriz o lombricompuesto es un abono orgánico que contiene nutrientes disponibles para la planta y es beneficioso para la flora y fauna microbiana del suelo. Es el resultado de la ingesta y digestión de la materia orgánica descompuesta (compost) por las lombrices de tierra, es de color marrón a negruzco, granular y sin olor (Medina, 2008).

**2.3.3 Lombricultura.** También denominada **Vermicultura**, proviene del latín “vermes” que significa gusano, lombriz y cultura, conocimiento, se

deduce por tanto que es más que: “El estudio o conocimiento de los vermes”, actualmente este concepto es más amplio y comprende: “La utilización de la lombriz como agente biológico en el proceso de transformación de preparados orgánicos residuales biodegradables con fines prácticos a gran escala” (Reinés, 1998).

**2.3.4 Roca fosfórica.** Denominada así a las unidades litológicas y compuestos químicos que presentan alta concentración de minerales fosfatados por procesos naturales, usualmente de la serie apatito-francolita (**GOBERNACIÓN DEL HUILA y ZEOLITAS, 2008**).

**2.3.5 Abonamiento o fertilización.** El abonamiento o fertilización consiste en proporcionar a las plantas los elementos que estas necesitan para lograr rendimientos óptimos o un perfecto estado general de la planta, mediante esta práctica se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo. Con el abonado se pretende no solo suministrar a las plantas los elementos fertilizantes que necesitan, sino también reponer, mantener o aumentar el nivel de fertilidad del suelo (Brack y Mendiola, 2012).

**2.3.6 Fertilizantes.** Los fertilizantes son nutrientes de origen mineral y creados por la mano del hombre, los fertilizantes se componen de tres

elementos básicos, a saber: Nitrógeno, fósforo y potasio; a estos tres elementos se les denomina elementos mayores o fundamentales, porque siempre están presente alguno de los tres o los tres en cualquier fórmula de fertilizante (García *et al.*, 2012).

**2.3.7 Abonos orgánicos.** Son sustancias constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abono en verde; restos orgánicos de la explotación agropecuaria; restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos; compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (Gomero *et al.*, 1999).

**2.3.8 Agricultura sostenible.** Ubicada entre la agricultura productivista y la denominada agricultura ecológica, se define como un sistema integrado de prácticas de producción agrícola cuya aplicación es dependiente de los ambientes o localidades, que a largo plazo pueda satisfacer las necesidades de alimentos y fibras de la población mediante la utilización eficiente de insumos y tecnologías agrarias, sin comprometer la conservación de los recursos naturales, la calidad del medio ambiente y la

competitividad de los productos en precios y calidades que requiere el comercio internacional (Jiménez, 2002).

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de investigación empleado es de tipo aplicado, dado que busca resolver problemas prácticos, con un margen de generalización limitado; está orientado a conclusiones ya que engloba la metodología cuantitativa, cuasi experimental, ya que se manipulan las variables independientes, ejerciendo el máximo control, pero contempla la existencia de algunas variables que no se pueden controlar dado el ámbito en el cual se llevará a cabo la experimentación, investigación sincrónica, ya que estudia los fenómenos producto de la investigación en un período corto (producción de abonos orgánicos y campaña de cultivo de maíz).

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Fundo San Antonio ubicado en el sector Pampa Baja en el distrito de Ite, considerando dos fases:

- 1ra. Fase. **Producción de humus y fosfohumus de lombriz**, en la que se establecieron las camas de producción del humus y fosfohumus de lombriz, no habiéndose considerado repeticiones.

- 2da. Fase. **Evaluación de la eficiencia del humus y fosfohumus de lombriz**, en la cual se estableció una parcela experimental bajo el diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos (tabla 2) y 3 réplicas o repeticiones para cada tratamiento, haciendo un total de 9 unidades experimentales.

**Tabla 2.**

Descripción de los tratamientos y sus dosificaciones

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>DOSIS DE APLICACIÓN</b>
T1	Testigo	Sin aplicación
T2	Humus de lombriz	20 t/ha
T3	Fosfohumus de lombriz	20 t/ha

Fuente: Elaboración propia

### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

El área de la parcela experimental fue de 1 008 m<sup>2</sup>, con una población total de 10 080 plantas de maíz, las cuales se establecieron considerando un distanciamiento de siembra del cultivo de maíz de 1 m de distancia entre laterales de riego o líneas de cultivo, 0,20 m de distancia entre golpes de siembra y 2 plantas sembradas por golpe, con lo cual se obtuvo

una densidad de cultivo de 100 000 plantas/ha, tal como se aprecia en la tabla y figuras siguientes.

**Tabla 3.**

Características de la Parcela Experimental

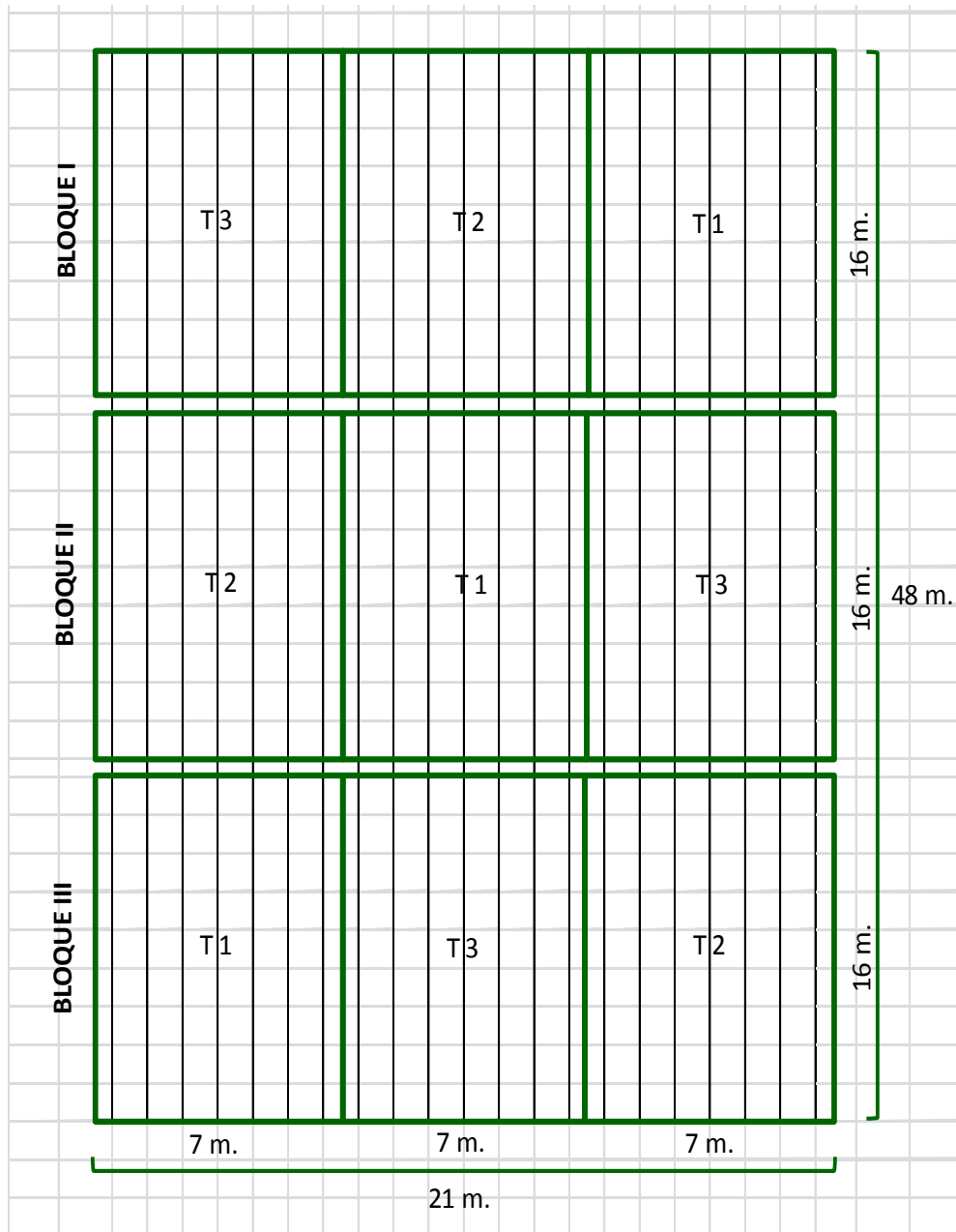
Área de la Parcela Experimental	1 008	m2
Población de plantas total	10 080	plantas
Población/tratamiento	3 360	plantas
Población/tratamiento/bloque	1 120	plantas

Fuente: Elaboración propia



**Figura 1.** Croquis de ubicación de la parcela experimental

Fuente: Elaboración propia



**Figura 2.** Características de la parcela experimental

Fuente: Elaboración propia

Dado que la población total de plantas de la parcela experimental es finita y corresponde a 10 080 plantas, el tamaño de muestra se determinó empleando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 p \cdot q \cdot N}{Ne^2 + Z^2 p \cdot q}$$

Dónde:

$Z = 1,96$  (tabla de distribución normal para el 95% de confiabilidad y 5% error)

$N = 10\ 080$  (universo)

$p = 0,50$

$q = 0,50$

Producto de ello se obtuvo que la población a muestrear correspondió a 370 plantas, determinándose por tanto 123 plantas por bloque y 41 plantas por unidad experimental.

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables fueron determinadas según los objetivos específicos enmarcados en el trabajo de investigación.

**1ra. Fase. Producción de humus y fosfohumus de lombriz.** En esta fase se consideraron dos objetivos específicos, cuya operacionalización de variables se detalla a continuación:

**Objetivo específico 1. Relacionar los niveles de humedad, temperatura y pH del humus y fosfohumus de lombriz con el tiempo de duración del proceso de producción.**

**3.3.1 Identificación de las variables.** Dado que en esta fase se relacionaron los parámetros involucrados en el proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz con el tiempo de duración del proceso de producción de cada abono, se identificaron las variables: Tiempo, humedad, temperatura, y pH.

#### 3.3.2 Caracterización de las variables

a. *Variable independiente: Tiempo*, definido por un período de 90 días.

INDICADORES

ESCALA DE MEDICIÓN

○ Días

Unidades

b. *Variables dependientes: Humedad, temperatura y pH*, a través de las cuales se midieron los efectos de las variable independiente, los mismos que se cuantificaron a través de sus indicadores que para el caso estuvieron conformados por parámetros óptimos, siendo estos:

INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
○ Humedad óptima (75-80)	% de humedad
○ Temperatura óptima (25-35)	°C
○ pH neutro (6,5-7,5)	Escala del 0 al 14

**Objetivo específico 2. Comparar el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz.**

**3.3.3 Identificación de las variables.** Dado que en esta fase de la investigación se comparó el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz, se identificaron las variables: Tipo de abono (humus y fosfohumus de lombriz), nivel de macronutrientes primarios (%nitrógeno, %fósforo y %potasio), materia orgánica y población microbiana.

**3.3.4 Caracterización de las variables**

a. *Variable independiente: Tipo de abono, siendo estos los dos tipos de abonos considerados en la investigación.*

INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
○ Humus de lombriz	Kilos
○ Fosfohumus	Kilos

b. *Variables dependientes: Nivel de macronutrientes (%nitrógeno, %fósforo y %potasio), materia orgánica y población microbiana, a través de las cuales se midieron los efectos de la variable independiente, los cuales se cuantificaron a través de sus indicadores que para el caso estuvieron conformados por parámetros promedio, siendo estos:*

INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
○ Nitrógeno (1,4-2,0)	%
○ Fósforo (3,12-5,25)	%
○ Potasio (2,96-3,45)	%
○ Materia orgánica (76)	%
○ Población microbiana	UFC/V

( $2 \cdot 10^8$ -  $12 \cdot 10^8$ )

**2da fase. Evaluación de la eficiencia del humus y fosfohumus de lombriz.** Al igual que la primera fase comprende dos objetivos específicos:

**Objetivo específico 3. Comparar los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz forrajero con la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.**

**3.3.5 Identificación de las variables.** En esta fase de la investigación se comparó y relacionó los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz forrajero con la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz, por lo que se identificaron las variables: Tipo de abono (humus y fosfohumus de lombriz), parámetros de desarrollo (color de follaje (basada en una escala colorimétrica del 1 al 4: 1=amarillo, 2=amarillo verdoso, 3=verde y 4=verde oscuro), tamaño de planta, número de hojas por planta, diámetro de tallo, número de mazorcas por planta) y parámetros productivos (peso de mazorcas por planta y rendimiento del cultivo).

### **3.3.6 Caracterización de las variables**

a. *Variable independiente:* Tipo de abono, estando definido en 20 t/ha para el humus y fosfohumus de lombriz.



macronutrientes primarios (%nitrógeno, %fósforo y %potasio), materia orgánica y población microbiana.

### 3.3.8 Caracterización de las variables

a. *Variable independiente: Tipo de abono, estando definida en 20 t/ha. para el humus y fosfohumus de lombriz.*

INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
○ Humus de lombriz	t/ha
○ Fosfohumus	t/ha

b. *Variables dependientes: Nivel de macronutrientes: Nitrógeno, fósforo y potasio, materia orgánica y población microbiana, a través de las cuales se midieron los efectos de la variable independiente, los cuales tuvieron como indicadores los valores obtenidos en la investigación, siendo estos:*

INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
○ Nitrógeno	%
○ Fósforo	%
○ Potasio	%
○ Población microbiana	UFC/V

**3.3.9 Definición operacional de las variables.** Esta se realizó tomando en consideración las dos fases que incluyó la presente investigación que como se señaló antes son: I Fase de producción de humus y fosfohumus de lombriz y Fase II de evaluación de la eficiencia del humus y fosfohumus de lombriz, considerando las hipótesis específicas, objetivos específicos, el tipo de variable, variables involucradas, indicadores, métodos y las pruebas estadísticas consideradas para la comprobación de las hipótesis planteadas en la presente investigación.

## Operacionalización de las Variables

Hipótesis Específicas	Objetivos Específicos	Tipo de variable	Caracterización de Variables		Indicador	Prueba estadística
			Variable	Caracterización		
<i>FASE PRODUCCION DE HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ</i>						
a) Los niveles de humedad, temperatura y pH en el proceso de producción están relacionados con el tiempo de duración del proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz.	Relacionar los niveles de humedad, temperatura y pH del humus y fosfohumus de lombriz con el tiempo de duración del proceso de producción.	Relacional	& Tiempo.	Independiente	Días	<b>Regresión</b> para determinar la dependencia de los niveles de humedad, temperatura y pH respecto al tiempo de duración del proceso de producción.
			& Humedad	Dependiente	75 a 80% de humedad	
			& Temperatura	Dependiente	25 a 35°C de temperatura	
			& pH	Dependiente	6,5 a 7,5 de pH	
b) El nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del fosfohumus de lombriz es mayor que en el humus de lombriz.	Comparar el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz	Relacional	& Tipo de abono	Independiente	Humus de lombriz y fosfohumus de lombriz	No corresponde dado que no se consideraron repeticiones, procediéndose a efectuar las determinaciones analíticas de las muestras de los tipos de abonos.
			& Nivel de macronutrientes primarios: nitrógeno, fósforo y potasio	Dependiente	<b>Nitrógeno:</b> Humus de lombriz 1,4% y fosfohumus de lombriz 2,0%; <b>Fósforo:</b> Humus de lombriz 3,12% y fosfohumus de lombriz 5,25%; <b>Potasio:</b> Humus de lombriz 2,96% y fosfohumus de lombriz 3,45%	
			& Materia orgánica.	Dependiente	& Materia orgánica: 76%	
			& Población microbiana.	Dependiente	Población microbiana de $2 \cdot 10^8$ - $12 \cdot 10^8$ UFC/V	

Hipótesis Específicas	Objetivos Específicos	Tipo de variable	Caracterización de Variables		Indicador	Prueba estadística
			Variable	Caracterización		
<i>FASE EVALUACION DE LA EFICIENCIA DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ</i>						
c) Los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz con la aplicación de fosfohumus de lombriz serán mayores que los alcanzados con el humus de lombriz.	Comparar los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz con la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz	Relacional	& Tipo de abono	Independiente	Humus de lombriz y fosfohumus de lombriz	ANDEVA para determinar las diferencias de los parámetros de desarrollo y parámetros productivos entre el cultivo con aplicación de humus y fosfohumus de lombriz.
			& Parámetros de desarrollo: Color de follaje, altura de planta, número de hojas/planta, diámetro de tallo, número de mazorcas/planta	Dependiente	Rendimiento del cultivo de maíz Vr. Opaco Mal Paso 38.037 k/ha. a nivel regional y a nivel distrital (lte) 41.376 k/ha.	
			& Parámetros productivos: Peso de mazorcas/planta y Rendimiento del cultivo de maíz	Dependiente		
d) El nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo será mayor después de la aplicación del fosfohumus de lombriz que después de la aplicación del humus de lombriz	Comparar el nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz	Relacional	& Tipo de abono.	Independiente	Humus de lombriz y fosfohumus de lombriz	ANDEVA para determinar las diferencias de niveles de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana entre el suelo después de la aplicación de humus y fosfohumus de lombriz.
			& Nivel de macronutrientes primarios: nitrógeno, fósforo y potasio (Dependiente)	Dependiente	Nivel de macronutrientes (%) presentes en el suelo antes y después de la aplicación de humus y fosfohumus de lombriz	
			& Materia orgánica (Dependiente)	Dependiente	Materia orgánica (%) presente en el suelo antes y después de la aplicación de humus y fosfohumus de lombriz.	
			& Población microbiana (Dependiente)	Dependiente	Población microbiana (UFC/V) presente en el suelo antes y después de la aplicación de humus y fosfohumus de lombriz.	

Fuente: Elaboración propia

### **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Dado que la presente investigación comprendió dos fases, a continuación se refieren las técnicas, instrumentos, materiales e insumos utilizados durante el proceso de ejecución del trabajo de investigación:

#### **3.4.1 TÉCNICAS**

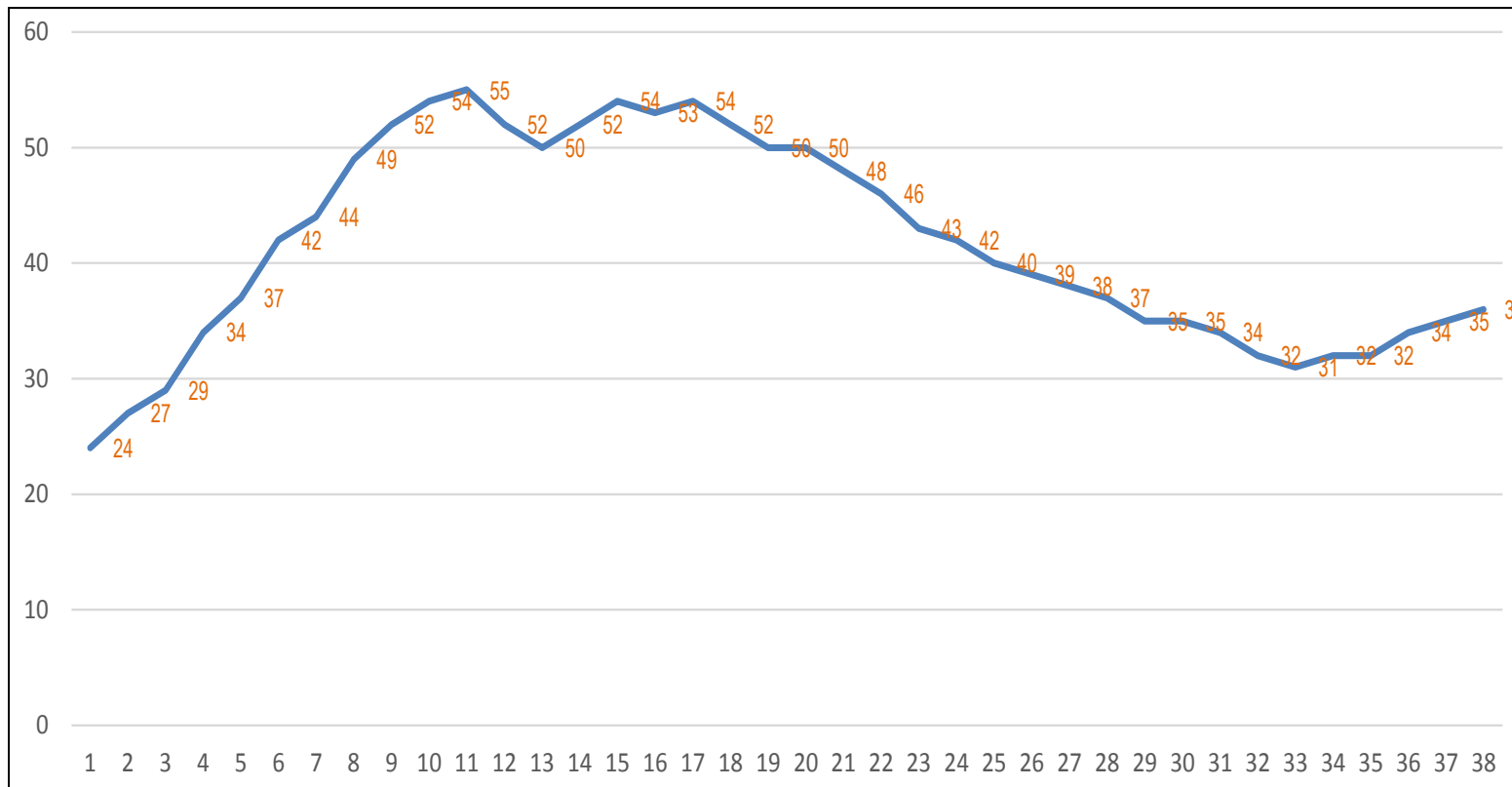
**1ra. Fase. Producción de humus y fosfohumus de lombriz.** En esta fase como podrá inferirse se llevaron a cabo tres acciones: la elaboración del compost alimento, la producción del humus y fosfohumus de lombriz, y el muestreo de humus y fosfohumus de lombriz.

***Elaboración de compost-alimento.*** Para la preparación del compost alimento se empleó residuos de origen animal (estiércol de ganado bovino) y residuos de origen vegetal (residuos de almácigo de cebolla y ají de descarte) además de agua, herramientas y materiales de uso común en las fincas como trinchas, carretillas y mantas de polietileno.

La técnica de compostaje empleada fue en pilas sobre suelo desnudo, compacto y libre de contaminantes, evaluándose el proceso en cada fase: en la fase mesofílica 1 en la que la presencia de bacterias produce la degradación de azúcares y en la que la temperatura puede

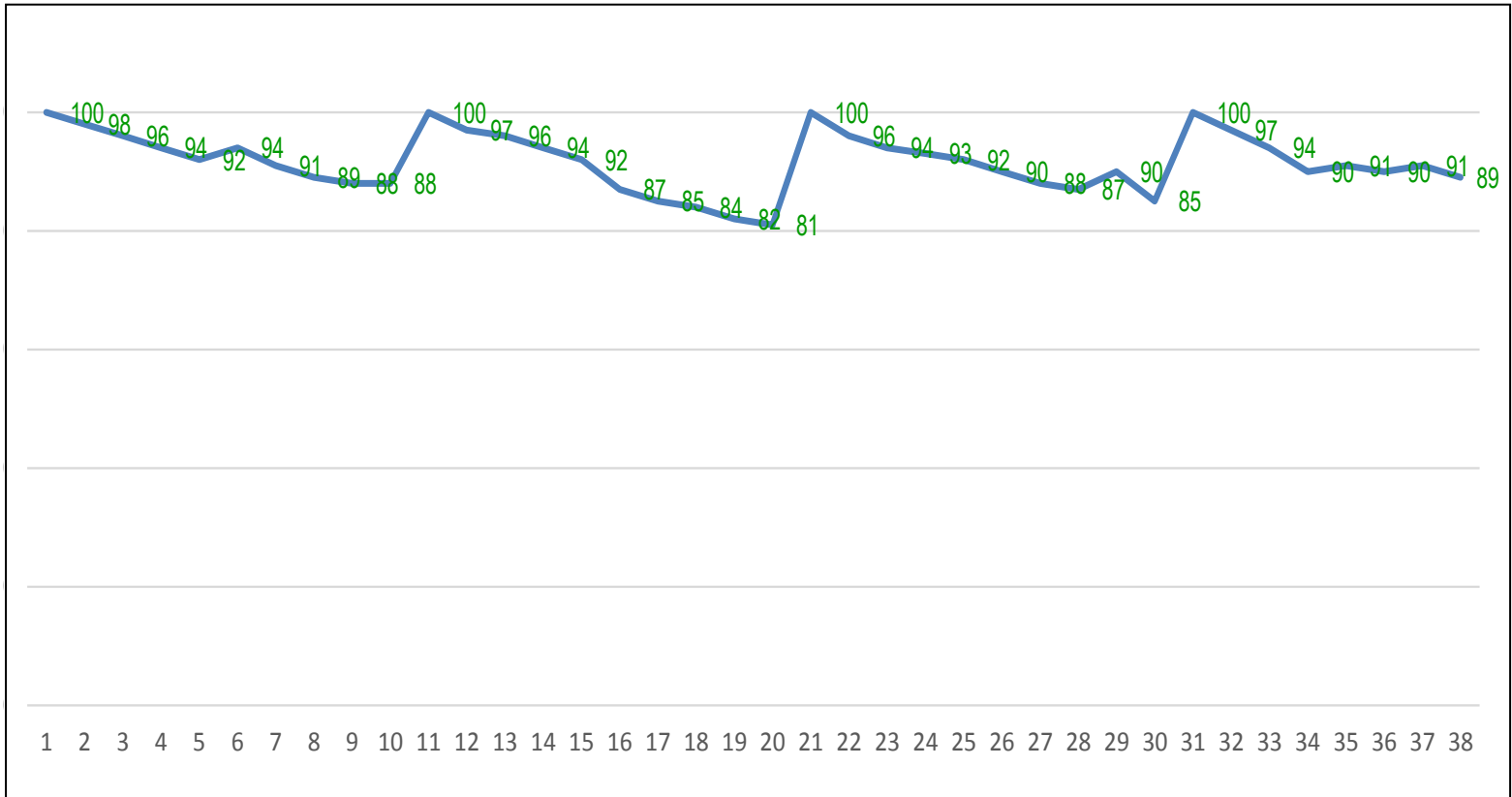
alcanzar hasta 50°C, posterior a ella en la fase termofílica en la que la presencia de hongos permite la degradación de ceras y hemicelulosas en la que la temperatura puede llegar a alcanzar hasta 65°C y finalmente en la fase mesofílica 2 en la que la intervención de las bacterias produce la degradación de polímeros y en la que la temperatura desciende desde 40 a 20°C, es en esta fase en la que el compost alimento posee las condiciones necesarias para su utilización en las camas de crianza. En tal sentido, se procedió a colocar los insumos antes referidos en capas intercaladas, los cuales se humedecieron durante el armado de la pila de compostaje; así mismo, con la finalidad de favorecer el proceso, el día del armado de la pila de compostaje se efectuó dos volteos; posterior a ello, se mantuvo la humedad de la pila para lo cual se realizaron riegos superficiales cada dos a tres días dependiendo de las condiciones del medio, mientras que los volteos se ejecutaron cada 10 días.

Cabe señalar que este proceso tuvo una duración de 38 días, en los que se realizó la evaluación de los parámetros temperatura y humedad, a fin de determinar el momento de culminación del proceso, el mismo que se dio cuando la temperatura de este alcanzó los 35 a 36°C, correspondiente a la segunda fase mesofílica del proceso de compostaje.



**Figura 3.** Evolución de la temperatura en la elaboración del compost-alimento

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4.** Evolución de la humedad en la elaboración del compost-alimento

Fuente: Elaboración propia

***Producción del humus y fosfohumus de lombriz.*** Una vez elaborado el compost alimento, este se utilizó como sustrato para el establecimiento de la crianza de lombrices y subsecuente producción de humus y fosfohumus de lombriz respectivamente; para ello, se procedió al establecimiento de dos camas de crianza con una dimensión útil de 1 m de ancho por 5 m de largo, es decir de 5 m<sup>2</sup> cada una. En ellas se colocó una primera capa de compost alimento hasta alcanzar una altura de 0,30 m, en la cual se realizó la siembra de lombrices a una densidad de 3 000 lombrices/m<sup>2</sup>, es decir, 15 000 lombrices por cama, que correspondió a la siembra total de lombrices. Adicionalmente a ello en la cama destinada a la producción del fosfohumus de lombriz se añadió la primera parte de la roca fosfórica, que correspondió a 25 kg. Transcurridos 30 días, se procedió a colocar la segunda capa de compost alimento en ambas camas y en la cama de fosfohumus adicionalmente se colocó la segunda parte de roca fosfórica (25 kg adicionales) y finalmente, habiendo transcurrido 60 días, se colocó la última capa de compost alimento en las dos camas y como corresponde en la cama de fosfohumus la tercera parte de roca fosfórica, habiéndose empleado para la producción del fosfohumus de lombriz una dosis total de 75 kg de roca fosfórica por cama de 5 m<sup>2</sup>. Como puede deducirse de lo señalado, este

proceso tuvo una duración de 90 días, en cuyo período se efectuaron evaluaciones diarias de los parámetros temperatura, humedad y pH para cada tipo de abono.

***Muestreo de humus y fosfohumus de lombriz.*** Este se realizó tomando cinco sub muestras de cada cama de producción, las cuales se uniformizaron y a partir de las mismas se obtuvo una muestra de 1 kg de humus de lombriz y una muestra de 1 kg de fosfohumus de lombriz respectivamente, las mismas que posteriormente fueron enviadas al laboratorio para la determinación analítica del nivel de macronutrientes primarios (%N, %P y %K), materia orgánica y población microbiana presentes en cada abono.

**2da. Fase. Evaluación de la eficiencia del humus y fosfohumus de lombriz.** En esta fase, se llevó a cabo la evaluación de la eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz respectivamente; comprendiendo el 1er. muestreo de suelo, instalación de la parcela experimental de cultivo de maíz, aplicación del humus y fosfohumus de lombriz, evaluación de los parámetros de desarrollo y productivos, y 2do. muestreo de suelo.

**Primer muestreo de suelo.** Este se realizó previo a la siembra o instalación del cultivo, considerando las recomendaciones de muestreo de suelo para cultivos anuales, habiéndose obtenido cinco submuestras tomadas a una profundidad de 0,30 m, las cuales fueron mezcladas y uniformizadas, y a partir de ellas se obtuvo una muestra de 1 kg de suelo, tal como lo requirió el laboratorio para su análisis.

**Instalación de parcela experimental de cultivo de maíz.** Esta parcela se instaló en un área de 1 008 m<sup>2</sup>, en un terreno en descanso, la preparación del terreno se llevó a cabo el 19 y 20 de febrero del 2014, haciendo uso de maquinaria agrícola con implementos de arado y rígido; mientras que el surqueo de la línea de siembra se realizó en forma manual, habiéndose realizado la siembra del cultivo el 21 de febrero, empleando un distanciamiento de siembra de 1 m entre líneas de cultivo, 0,2 m entre golpes y 2 plantas por golpe, con lo cual se obtuvo una densidad de cultivo de 100 000 plantas/ha, la variedad utilizada fue Opaco Mal Paso, variedad que es utilizada en más del 90% de parcelas de maíz instaladas en la zona.

**Aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.** Tal como se programó, los abonos orgánicos humus y fosfohumus de lombriz se aplicaron en la parcela experimental a la dosis de 20 t/ha, en dos momentos 10 t previo a la

siembra del cultivo y 10 t previo al aporque del cultivo. En la aplicación, previa a la siembra, se dispuso la apertura de un surco de 0,10 m de profundidad en el cual se colocaron los abonos orgánicos en línea continua a razón de 1 kg/ml, para seguidamente ser cubiertos con suelo con ayuda de rastrillos; luego se inició el primer riego y en forma paralela se realizó la siembra del cultivo, bajo los criterios antes señalados.

En el segundo momento, la aplicación de los abonos orgánicos se efectuó al aporque, también en línea continua, pero sobre la superficie del suelo, para luego ser cubiertos con el aporque, también a razón de 1 kg/ml.

***Evaluación de los parámetros de desarrollo y productivos.*** Los parámetros de desarrollo: color de follaje (según escala colorimétrica del 1 al 4), altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y número de mazorcas fueron evaluados a lo largo del desarrollo fenológico del cultivo, con una frecuencia de 15 días para cada cual y tal como se señaló, la población de plantas evaluadas correspondió a 123 plantas por tratamiento (41 plantas por unidad experimental). Por su parte, los parámetros productivos: peso de mazorcas y rendimiento del cultivo se evaluaron cuando el cultivo presentó mazorcas con grano en estado lechoso

concordante con la madurez fisiológica del forraje para ensilado, para lo cual se efectuó el corte y pesado de 3 ml de cultivo/unidad experimental.

**Segundo muestreo de suelo.** Este se realizó al finalizar el cultivo, habiéndose obtenido un total de tres submuestras/ unidad experimental, las cuales se mezclaron y uniformizaron y a partir de ellas se obtuvo una muestra de 1 kilo de suelo/unidad experimental; habiéndose por tanto obtenido tres muestras/ tratamiento, lo que hace un total de nueve muestras, las cuales fueron enviadas al laboratorio para su análisis.

### **3.4.2 INSTRUMENTOS, MATERIALES E INSUMOS**

**1ra. Fase. Producción de humus y fosfohumus de lombriz.** Tal como se mencionó, esta fase comprendió tres actividades: la elaboración del compost alimento, seguidamente el establecimiento de la crianza de lombrices a través de la cual se obtuvo el humus y fosfohumus de lombriz respectivamente, y el muestreo de ambos abonos, para lo cual se emplearon los siguientes instrumentos, materiales e insumos:

**Elaboración del compost-alimento.** Los instrumentos utilizados en este proceso correspondieron a un pH metro-termómetro digital marca Hanna HI98128, el cual fue empleado en el proceso de elaboración del compost-

alimento para medir la temperatura, a fin de determinar el momento oportuno en el cual este debiera ser empleado como sustrato para el establecimiento de la crianza de lombrices; una balanza de pie y un medidor de humedad en tierra empleados para realizar el pesado de insumos y para medir la humedad del compost-alimento durante su elaboración respectivamente; así mismo, se emplearon insumos y materiales dentro de los cuales se pueden señalar los residuos de origen animal (640 kg de estiércol de ganado bovino) y vegetal (16 kg de residuos de almácigo de cebolla y 20 kg de ají de descarte) además de agua, palas, trinchas, carretillas y mantas de polietileno.

***Producción del humus y fosfohumus de lombriz.*** Los instrumentos y equipos utilizados durante esta subfase fueron primero una balanza digital gramera en la que se pesaron las lombrices (178 lombrices/100 g) y durante el proceso de producción de los abonos se usó un pH metro-termómetro digital marca Hanna HI98128, empleado para evaluar el pH y la temperatura y un medidor de humedad en tierra con el que se evaluó la humedad. Así mismo, como insumos se usó 30 000 lombrices (17 kg), es decir 15 000 lombrices por cama de producción y 75 kg de roca fosfórica (fosfato

tricálcico) de nombre comercial Ecomaster P con una composición de 27 a 48% de  $P_2O_5$  y 40 a 42% de CaO.

***Muestreo de humus y fosfohumus de lombriz.*** Para ello se utilizó una pala de uso agrícola, para la toma de las cinco submuestras y dos recipientes de plástico limpios y libres de contaminantes en los que se colocaron dichas submuestras de humus y fosfohumus de lombriz respectivamente.

**2da. Fase. Evaluación de la eficiencia del humus y fosfohumus de lombriz.** Esta fase comprendió el 1er. muestreo de suelo, instalación de la parcela experimental de cultivo de maíz, aplicación del humus y fosfohumus de lombriz, evaluación de los parámetros de desarrollo y productivos, y 2do. muestreo de suelo, empleándose para ello los siguientes instrumentos, materiales e insumos:

***Primer muestreo de Suelo.*** Para ello se empleó una pala de uso agrícola, con la cual se obtuvieron las cinco submuestras y un saco de polietileno en el que se colocaron las submuestras, a partir de las cuales se obtuvo la muestra de 1 kg de suelo, la cual fue remitida al laboratorio en una bolsa de polietileno debidamente rotulada.

***Instalación de parcela experimental de cultivo de maíz.*** Primeramente se hizo uso de maquinaria agrícola para el labrado del terreno, empleándose los implementos de arado y rívido, además de una surcadora manual con la que se abrieron los surcos en los que se colocaron los abonos humus y fosfohumus de lombriz correspondientes al primer momento de aplicación respectivamente; así mismo, como insumos se hizo uso de 4 kg de semilla de maíz de la variedad Opaco Mal Paso, 336 kg de humus de lombriz e igualmente 336 kg de fosfohumus de lombriz.

***Aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.*** Como instrumento se usó una balanza de pie en la cual se pesaron los abonos, empleándose posteriormente materiales como sacos de polietileno para el traslado y aplicación de los abonos a la parcela experimental, y también rastrillos y palas para la incorporación de los abonos al suelo de cultivo; así mismo, se emplearon como insumos 672 kg de humus de lombriz y 672 kg de fosfohumus de lombriz, habiéndose aplicado la primera mitad en el primer momento y la segunda mitad restante en el segundo momento.

***Evaluación de los parámetros de desarrollo y productivos.*** Para la evaluación de los parámetros de desarrollo se usó instrumentos y materiales acordes a cada parámetro en evaluación, es así que para color de follaje se

empleó una escala colorimétrica con valoraciones del 1 al 4 según la coloración, tal como se aprecia en la tabla 5; para altura de planta y diámetro de tallo se empleó una wincha metálica de 5 m y un vernier respectivamente, y para número de hojas y número de mazorcas, se efectuó la evaluación o conteo visual. Por su parte, para evaluar los parámetros productivos peso de mazorcas y rendimiento del cultivo se usó una balanza de pie y sacos de polietileno para acarreo de muestras.

**Tabla 4.**

Escala colorimétrica para evaluación de Color de follaje

ESCALA COLORIMÉTRICA			
1	AMARILLO	3	VERDE
2	AMARILLO VERDOSO	4	VERDE OSCURO

Fuente: FERTITEC

**Segundo muestreo de suelo.** Al igual que para el muestreo inicial o primer muestreo, se empleó una pala para toma de submuestras y nueve sacos de polietileno para la mezcla y uniformización de sub muestras, a partir de las cuales se obtuvieron nueve muestras correspondientes a los tratamientos y

sus repeticiones, las cuales fueron remitidas al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente rotuladas.

### **3.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos obtenidos de las evaluaciones y análisis fueron procesados considerando diferentes análisis estadísticos según la fase y tipo de datos, para lo cual se usó el *software* Info Stat–Statistical Versión Estudiantil.

**1ra. Fase. Producción de humus y fosfohumus de lombriz.** En esta fase, los datos obtenidos fueron de dos tipos:

- \* Datos diarios de humedad, temperatura y pH del humus y fosfohumus de lombriz obtenidos diariamente durante sus procesos de producción, para los cuales se usó la prueba estadística de regresión para determinar la dependencia de dichos niveles respecto al tiempo de duración del proceso de producción de los mismos.

- \* Datos del nivel de macronutrientes primarios (% N, % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y ppm K<sub>2</sub>O), materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz, habiéndose obtenido un solo dato por parámetro y tipo de abono dado que no se efectuaron repeticiones.

**2da. Fase. Evaluación de la eficiencia del humus y fosfohumus de lombriz.** Los datos obtenidos en esta fase también fueron de dos tipos:

\* Datos de parámetros de desarrollo y parámetros productivos del cultivo de maíz, procedentes de evaluaciones de campo, los cuales fueron analizados utilizando el ANDEVA para determinar las diferencias de los parámetros de desarrollo y parámetros productivos entre el cultivo con aplicación de humus y fosfohumus de lombriz.

\* Datos del nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz, para los cuales se utilizó el ANDEVA para determinar las diferencias de niveles de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana entre el suelo antes y después de la aplicación de humus y fosfohumus de lombriz.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

Como se mencionó anteriormente, el presente trabajo de investigación comprendió dos fases, por lo que los resultados obtenidos tienen correspondencia a cada una de estas fases, tal como se refiere a continuación:

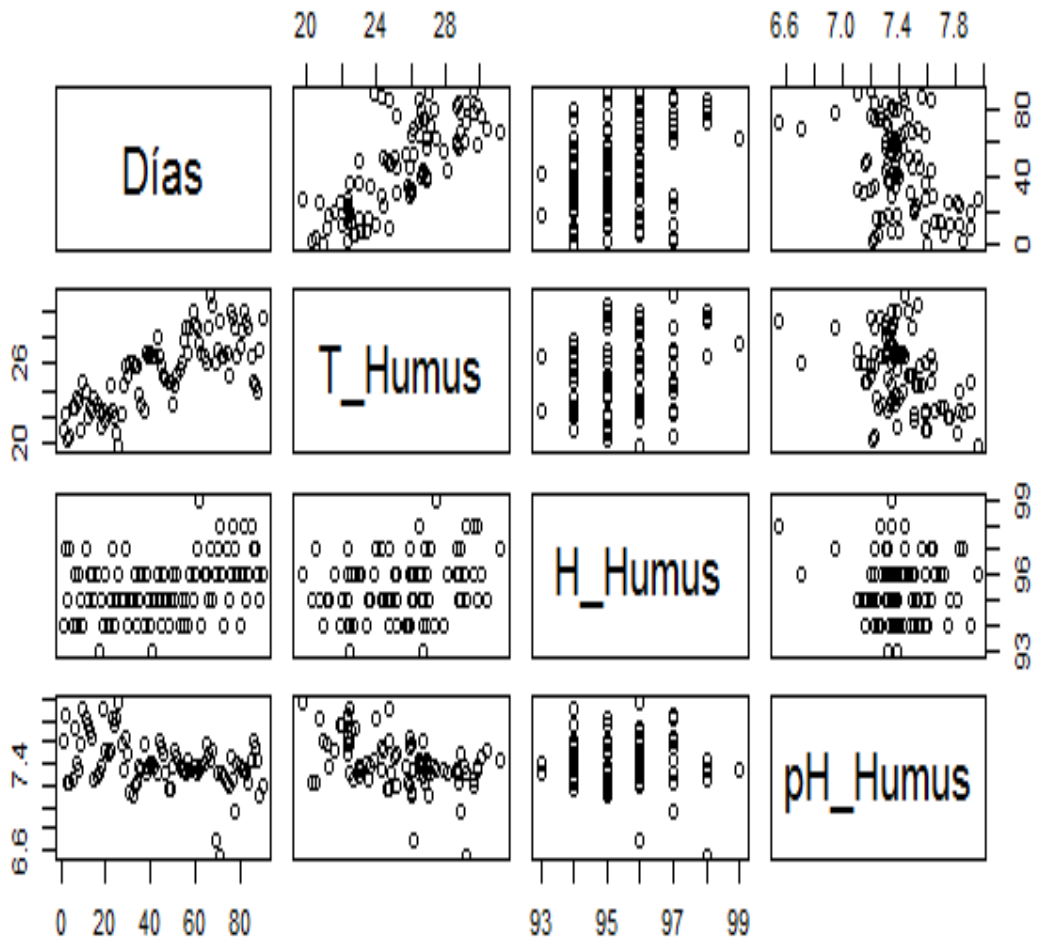
#### **4.1 1RA. FASE: PRODUCCIÓN DE HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ**

En esta primera se realizó el análisis de regresión para determinar el grado de dependencia de las variables temperatura, humedad y pH con el tiempo de duración del proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz respectivamente; así mismo se efectuaron las determinaciones analíticas del humus y fosfohumus de lombriz.

**4.1.1 Análisis de regresión.** El cual se efectuó para determinar el grado de dependencia de la humedad, temperatura y pH del humus y fosfohumus de lombriz con el tiempo de duración del proceso de producción de los mismos.

**A. Dependencia de la humedad, temperatura y pH del humus de lombriz respecto al tiempo de duración del proceso de producción.**

Primero se realizó la exploración de posibles correlaciones entre las variables consideradas para el humus de lombriz, de lo cual se determinó que existe una aparente correlación positiva importante entre el número de días del proceso con la temperatura de humus, así mismo, una correlación negativa entre el número de días y el pH de humus y temperatura con pH de humus (figura 5).



**Figura 5.** Exploración de posibles correlaciones entre las variables consideradas para el humus de lombriz

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, de acuerdo al análisis de regresión, hay una relación positiva significativa entre el número de días con la temperatura de humus ( $F_{1,89} = 53,964$ ,  $R^2 = 0,5622$ ,  $p < 0,0001$ ), una relación positiva menos significativa para el número de días con humedad de humus ( $F_{1,89} = 9,598$ ;  $R^2 = 0,08809$ ,  $p = 0,002615$ ) y número de días con pH de humus ( $F_{1,89} = 15,96$ ;  $R^2 = 0,1418$ ,  $p < 0,0001$ ), aunque en este último caso la relación sería negativa (tabla 5). En tal sentido, de acuerdo a los resultados la regresión más fuerte se presenta entre el número de días y temperatura de humus, ya que el número de días explica en un 56,22% la variabilidad de temperatura.

**Tabla 5.**

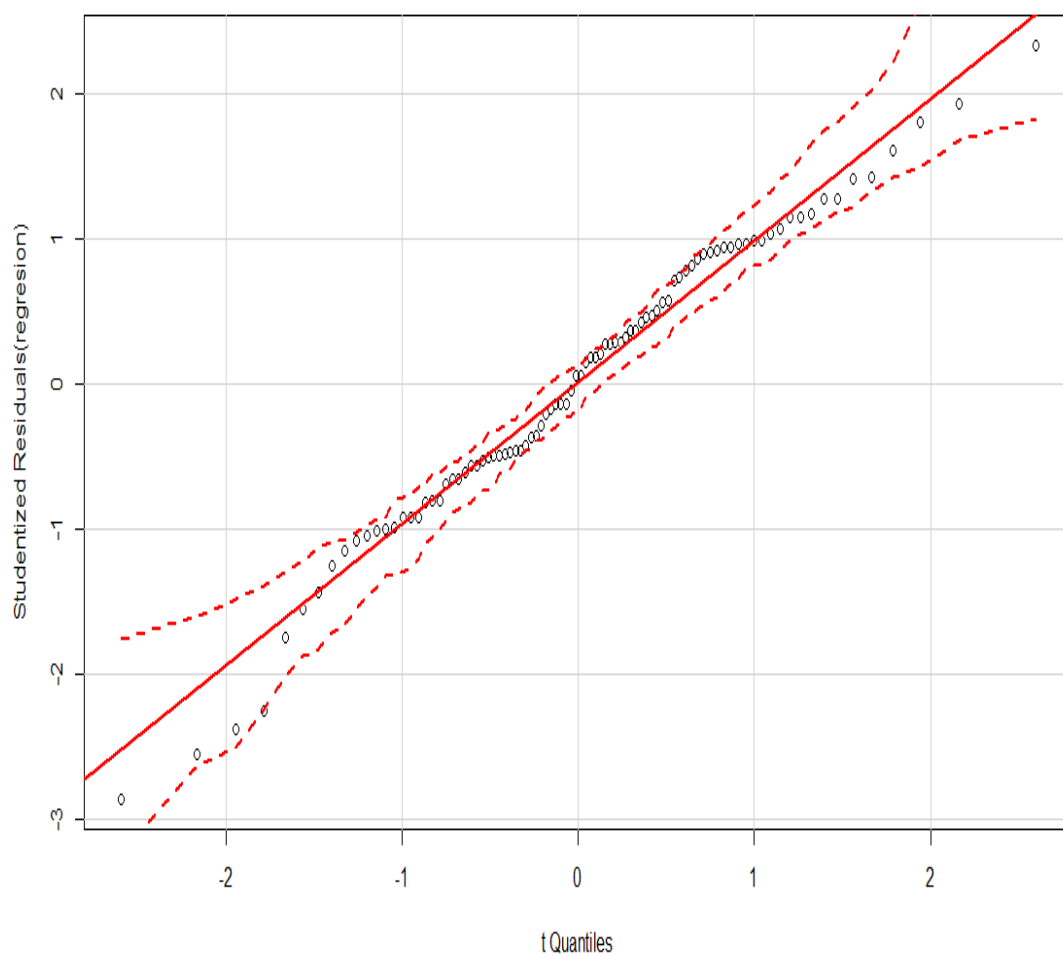
Coeficientes de regresión entre días vs temperatura del humus, días vs humedad del humus y días vs pH del humus, 2015

<b>Regresión</b>	<b>Intercepto (a)</b>	<b>Pendiente (b)</b>
Días vs T	21,818652 (p<0,0001)	0,079077 (p<0,0001)
Días vs H	94,811486 (p<0,0001)	0,014644 (p<0,001)
Días vs pH	7,5654913 (p<0,0001)	-0,0030730 (p<0,0001)

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, a fin de comprobar si el modelo se ajusta de forma adecuada, se realizó la prueba de Bonferroni para los datos de temperatura, humedad y pH.

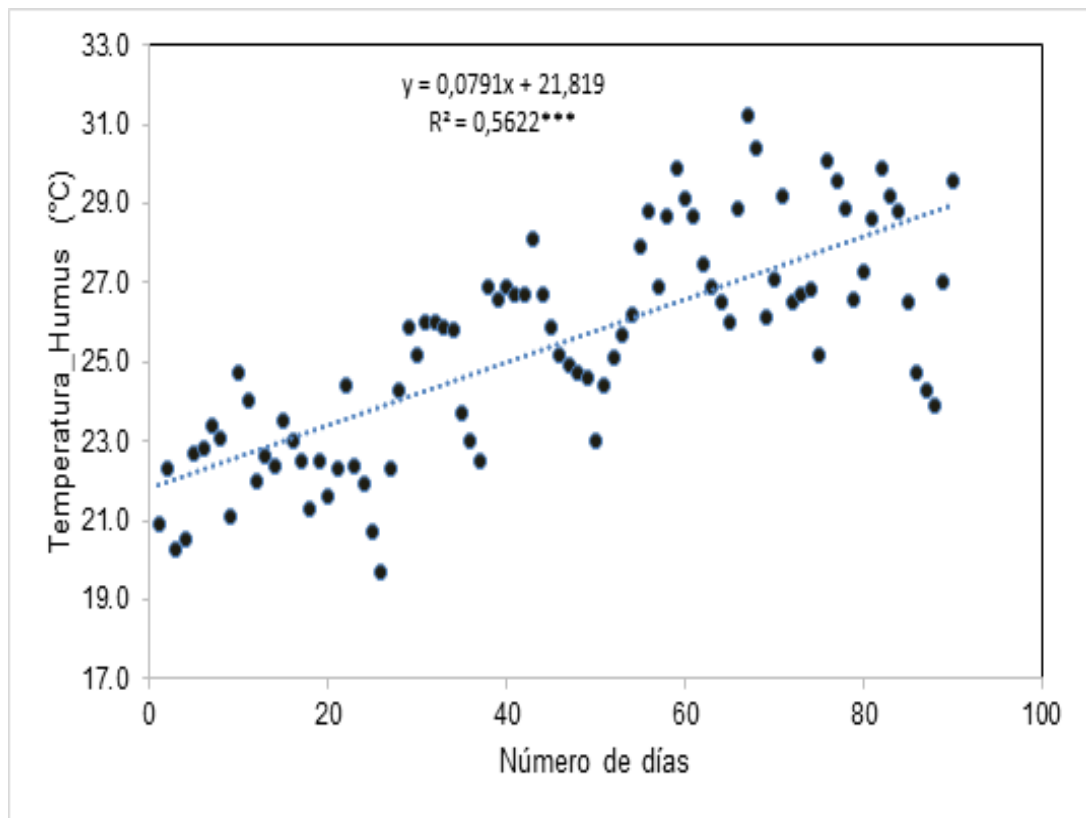
Al respecto, se obtuvo que de acuerdo a la prueba de Bonferroni no existe outliers en los datos de temperatura de humus que estarían afectando en forma significativa a los resultados ( $p=0,48715$ ), de modo que el modelo queda bien ajustado (figura 6).



**Figura 6.** Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de temperatura del humus, 2015

Fuente: Elaboración propia

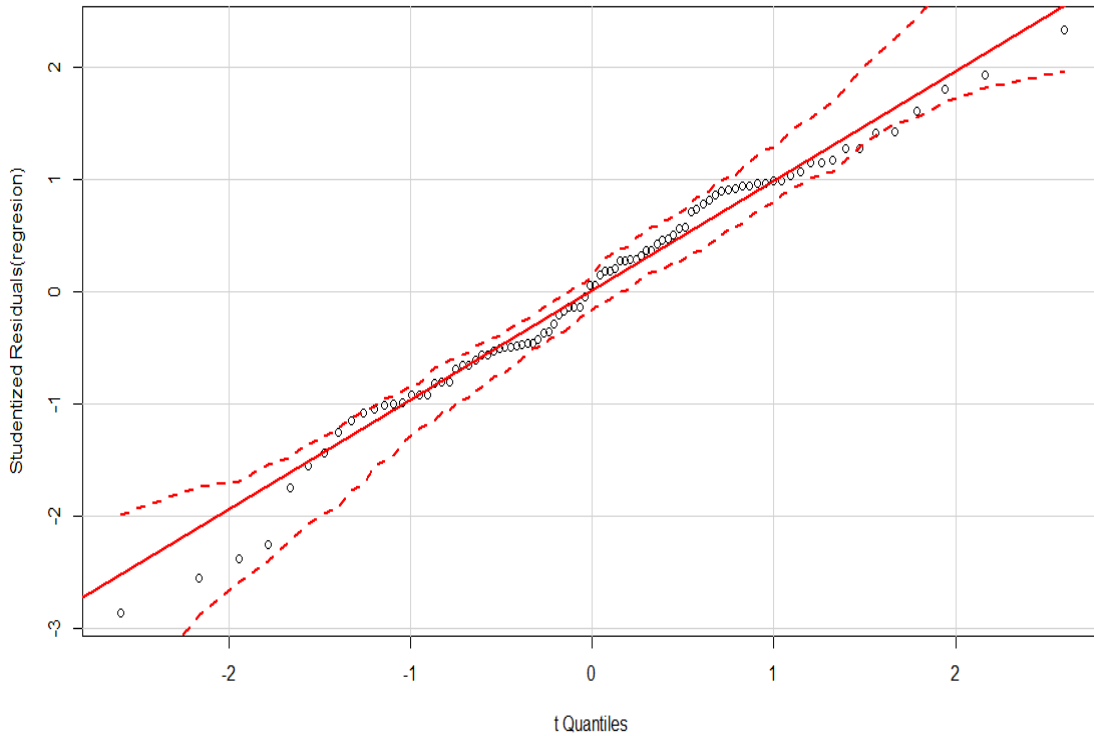
Por su parte, de acuerdo a la ecuación de regresión se espera un incremento de 0,0791°C de temperatura por cada día de incremento en la duración del proceso (figura 7).



**Figura 7.** Relación entre temperatura y número de días de producción del humus (\*\* $p < 0,0001$ )

Fuente: Elaboración propia

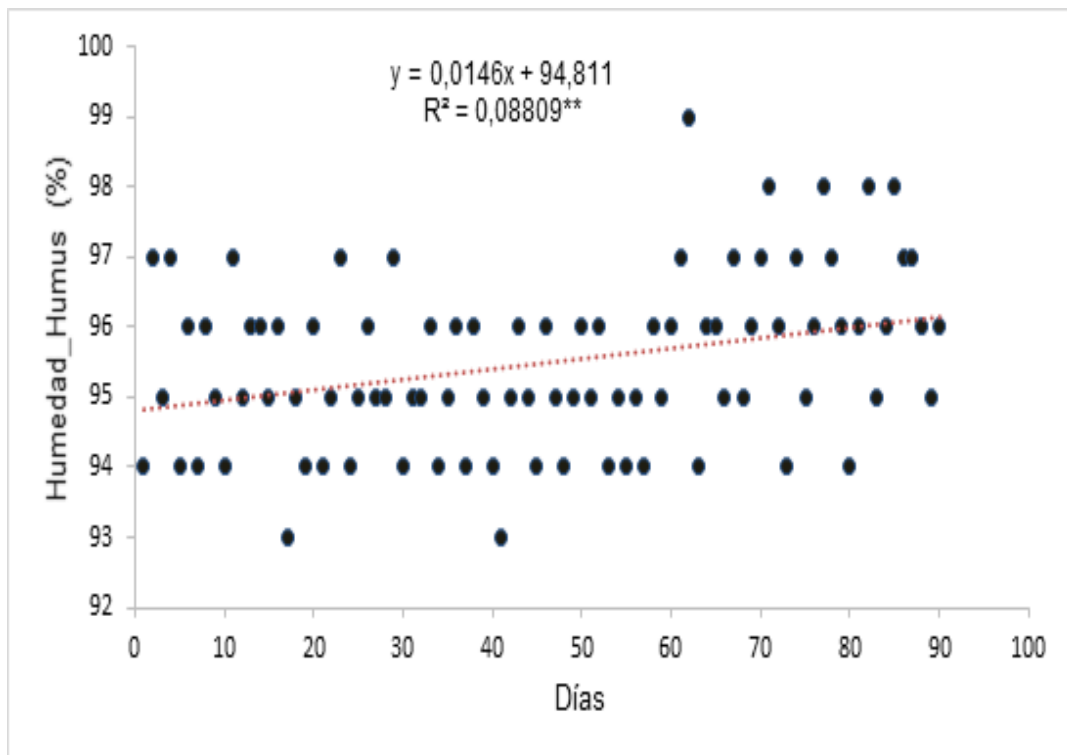
Así mismo, en lo que se refiere a los datos de humedad, de acuerdo a la prueba de Bonferroni tampoco existen outliers en dichos datos que estarían afectando en forma significativa a los resultados ( $p=0,35581$ ), de modo que el modelo también queda bien ajustado (figura 8).



**Figura 8.** Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de humedad del humus, 2015

Fuente: Elaboración propia

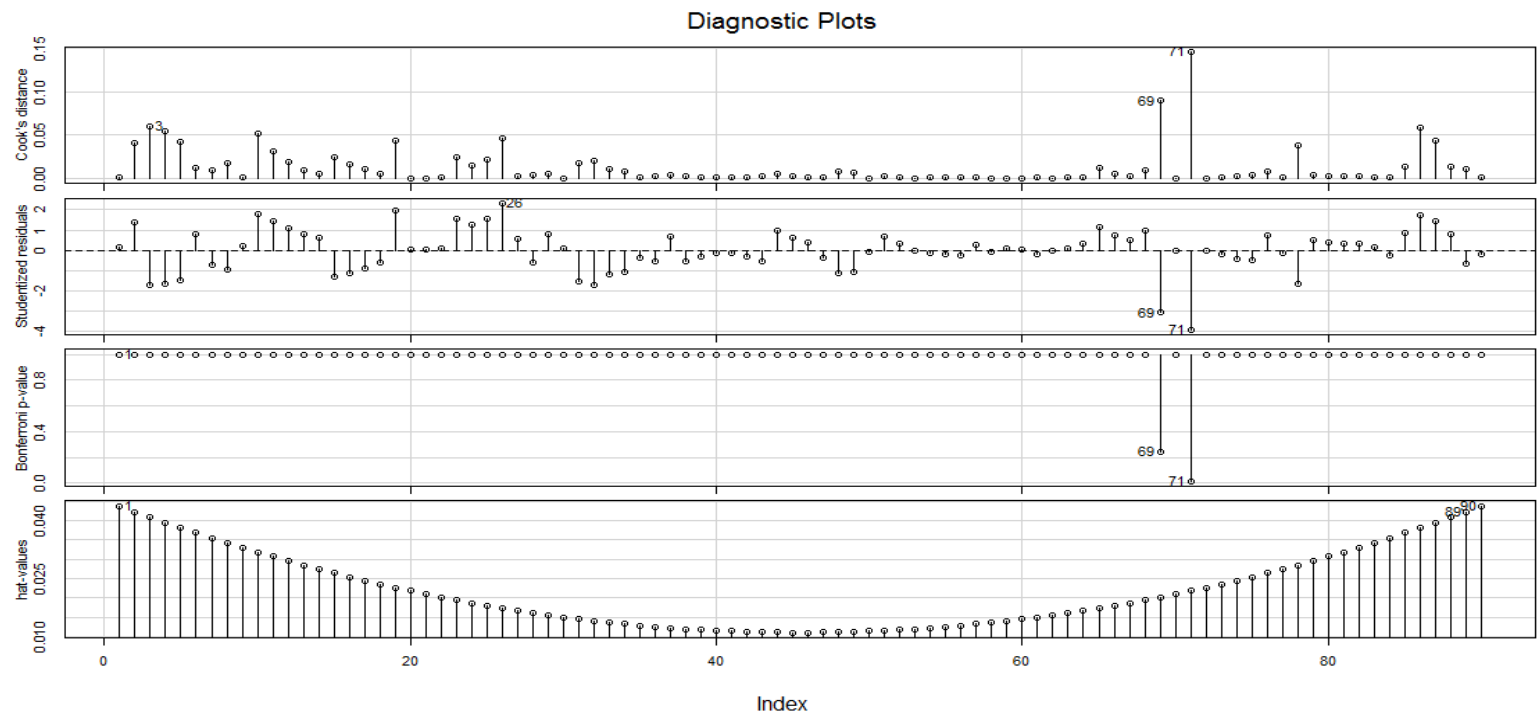
Por su parte, de acuerdo a la ecuación de regresión se espera un incremento de 0,0146 % de humedad por cada día de incremento en la duración del proceso (Figura 9).



**Figura 9.** Relación entre la humedad y número de días de producción del humus (\*\*p<0,001)

Fuente: Elaboración propia

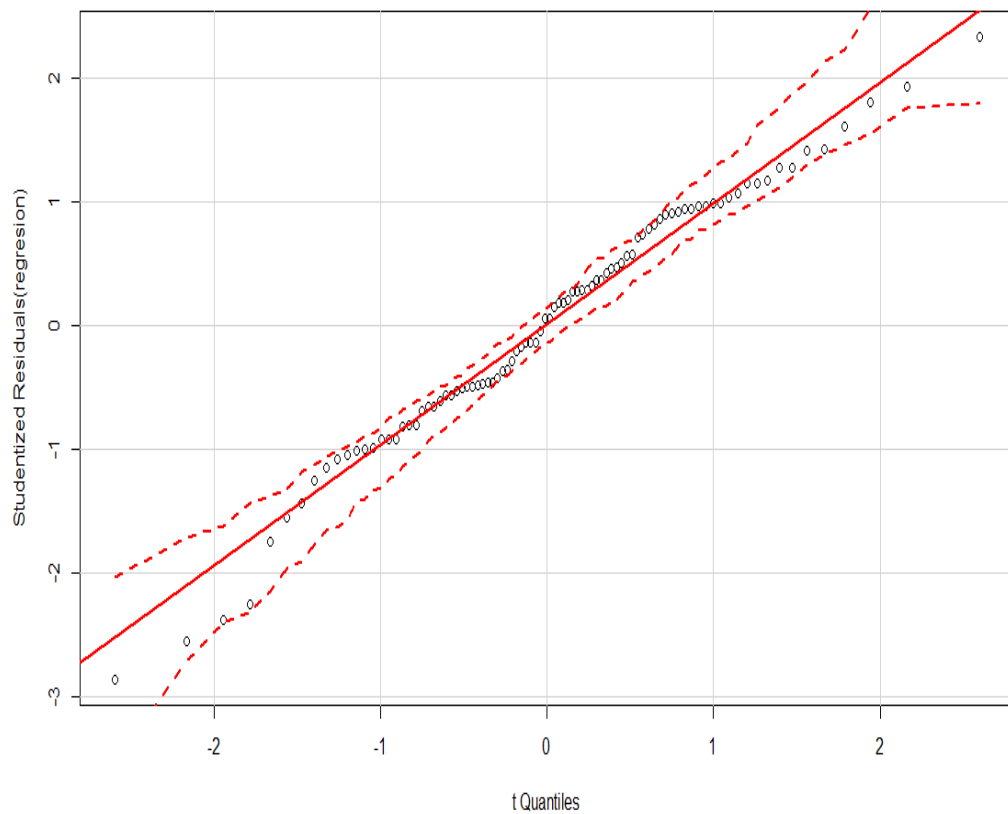
Por su parte, de acuerdo a la prueba de Bonferroni existen outliers en los datos de pH de humus que estarían afectando en forma significativa a los resultados ( $p=0,016556$ ), de modo que el modelo no estaría bien ajustado. Los outliers influyentes son los datos de posición 71, 69 y 28 (figura 10).



**Figura 10.** Identificación de outliers para los datos de pH de humus, 2015

Fuente: Elaboración propia

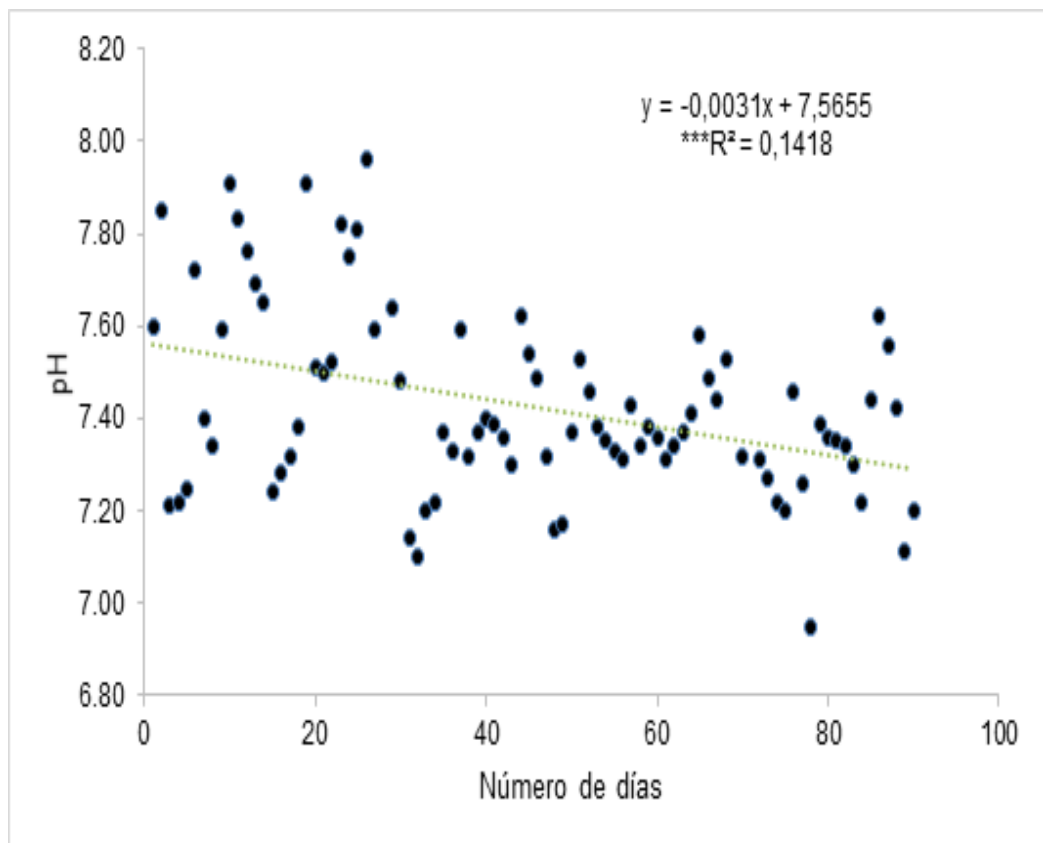
Entonces se procedió a crear un modelo en el que no se incluyó los datos anteriormente mencionados, de modo que la prueba de Bonferroni salió no significativa indicándonos la no existencia de datos influyentes significativos en el modelo (figura 11).



**Figura 11.** Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de pH del humus, prescindiendo de los datos de posición 28, 69 y 71, 2015

Fuente: Elaboración propia

Así también, se obtiene que de acuerdo a la ecuación de regresión se espera una disminución de 0,0031 del nivel de pH por cada día de incremento en la duración del proceso (figura 12).

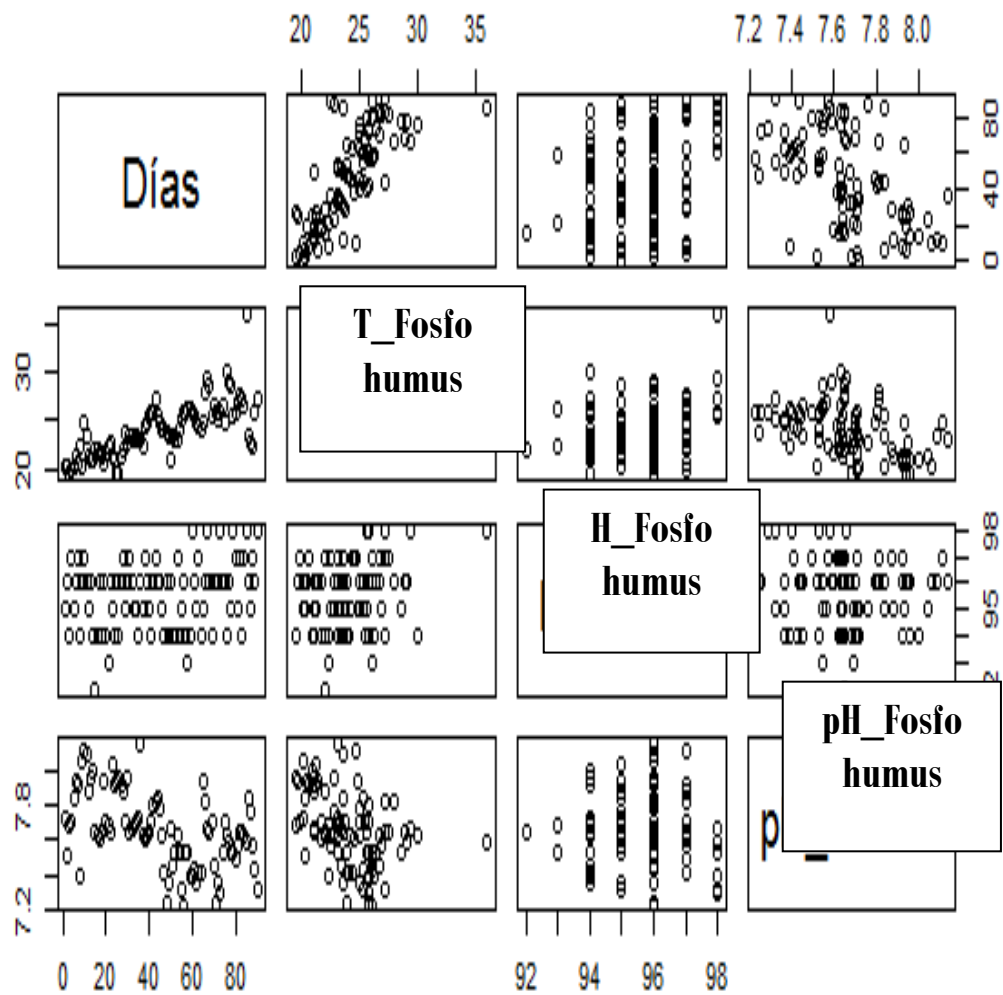


**Figura 12.** Relación entre pH y número de días de producción del humus  
(\*\*\* $p < 0,0001$ )

Fuente: Elaboración propia

**B. Dependencia de la humedad, temperatura y pH del fosfohumus de lombriz respecto al tiempo de duración del proceso.**

Inicialmente se realizó la exploración de posibles correlaciones entre las variables consideradas para el Fosfohumus de lombriz, determinándose una aparente correlación positiva importante entre el número de días del proceso con la temperatura del fosfohumus, así mismo, una correlación negativa entre el número de días y el pH del fosfohumus y entre la temperatura con el pH del fosfohumus (figura 13).



**Figura 13.** Exploración de posibles correlaciones entre las variables consideradas para el fosfohumus de lombriz

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis de regresión, hay una relación positiva significativa entre el número de días del proceso con la temperatura del fosfohumus ( $F_{1,89} = 130,90$ ,  $R^2 = 0,5934$ ,  $p < 0,0001$ ), una relación positiva menos significativa para el número de días con humedad del fosfohumus ( $F_{1,89} = 5,912$ ;  $R^2 = 0,0523$ ,  $p = 0,01707$ ) y número de días con pH de fosfohumus ( $F_{1,89} = 30,94$ ;  $R^2 = 0,2517$ ,  $p < 0,0001$ ), aunque en este último caso la relación sería negativa (tabla 6). De acuerdo a los resultados la regresión más fuerte se presenta entre el número de días y temperatura del fosfohumus, ya que el número de días explica en un 59% la variabilidad de temperatura.

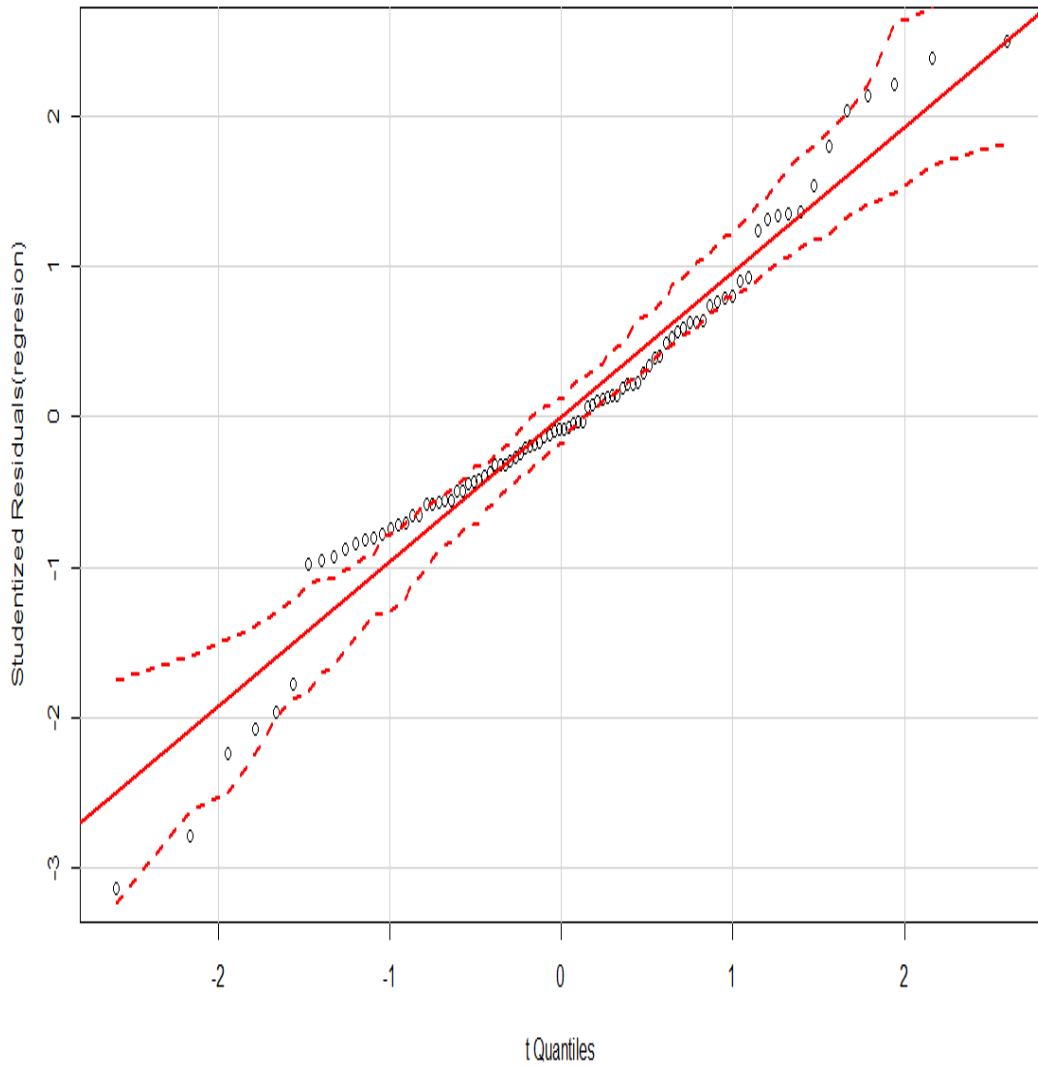
**Tabla 6.**

Coeficientes de regresión entre días vs temperatura del fosfohumus, días vs humedad del fosfohumus y días vs pH del fosfohumus, 2015

Regresión	Intercepto (a)	Pendiente (b)
Días vs T	20,53688 ( $p < 0,0001$ )	0,07460 ( $p < 0,0001$ )
Días vs H	94,954057 ( $p < 0,0001$ )	0,012487 ( $p < 0,05$ )
Días vs pH	7,8483296 ( $p < 0,0001$ )	-0,0041757 ( $p < 0,0001$ )

Fuente: Elaboración propia

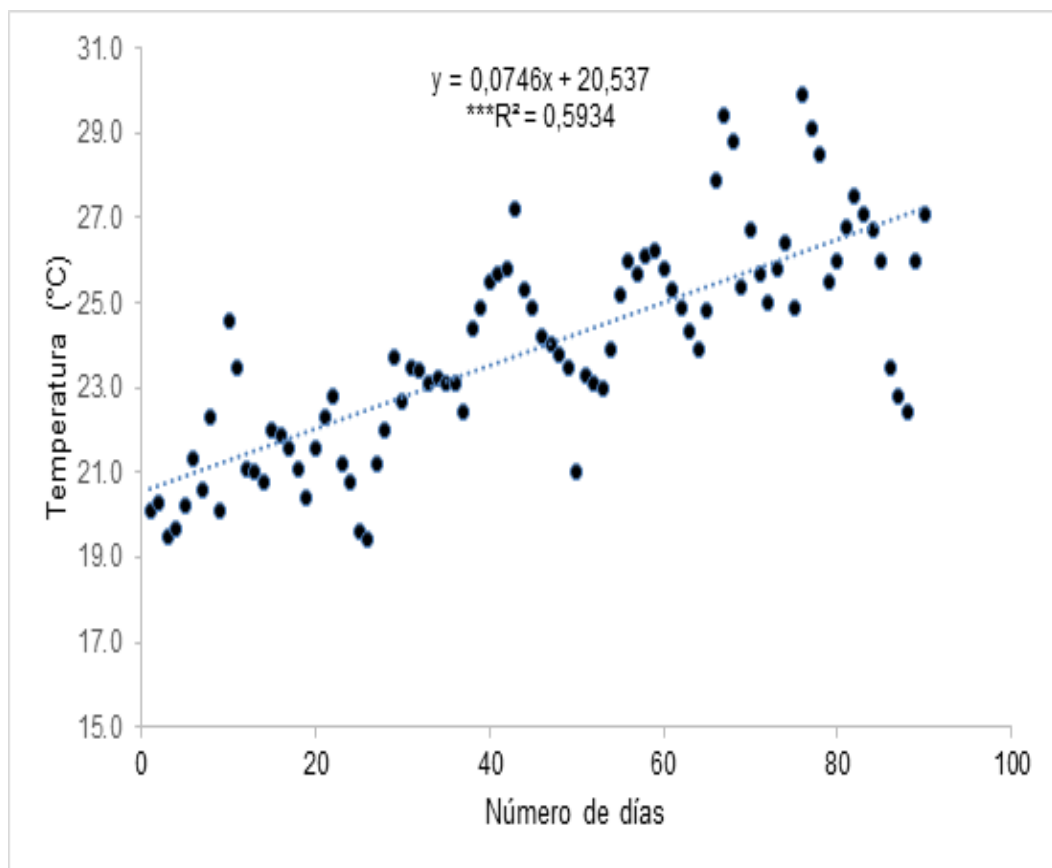
De igual forma se realizó la prueba de Bonferroni para averiguar la existencia de outliers en los datos de temperatura, humedad y pH del fosfohumus y determinar que el modelo se ajuste adecuadamente. En tal sentido, de acuerdo a la prueba de Bonferroni se determinó que no existen outliers en los datos de temperatura de fosfohumus que estarían afectando en forma significativa al modelo de regresión ( $p=0,2119$ ), de modo que el modelo queda bien ajustado (figura 14).



**Figura 14.** Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de temperatura del fosfohumus, 2015

Fuente: Elaboración propia

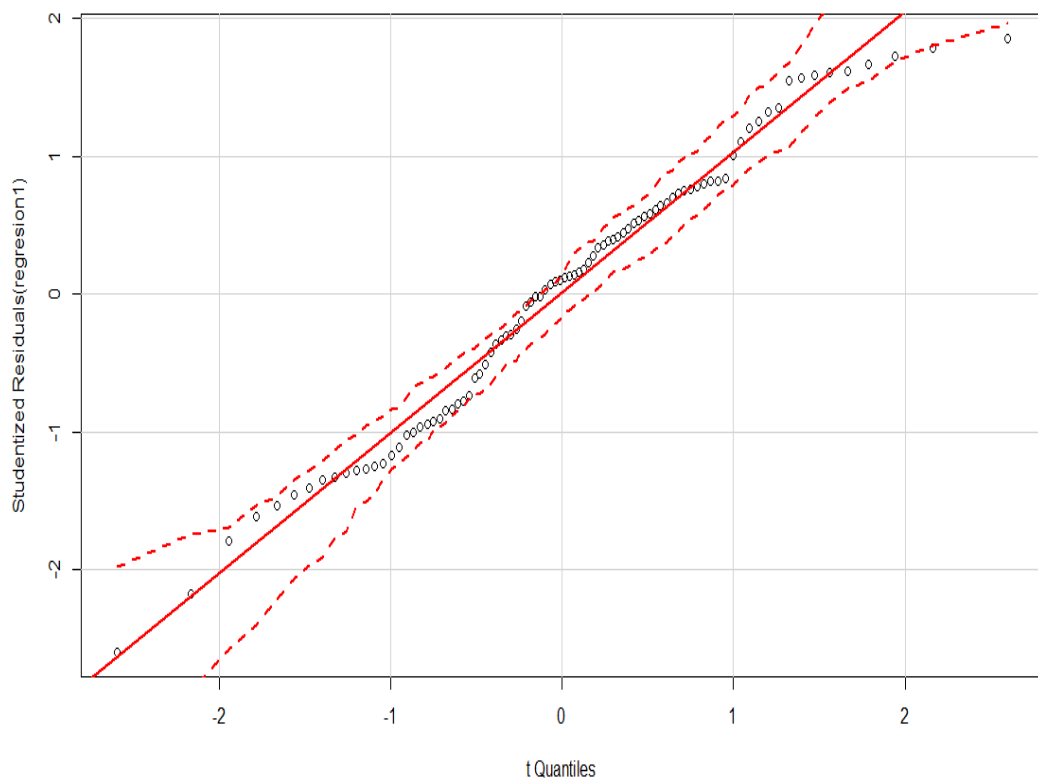
Por su parte, de acuerdo a la ecuación de regresión se espera un incremento de 0,0746 °C de temperatura por cada día de incremento en la duración del proceso de producción de fosfohumus (figura 15).



**Figura 15.** Relación entre temperatura y número de días de producción del fosfohumus (\*\*p<0,0001)

Fuente: Elaboración propia

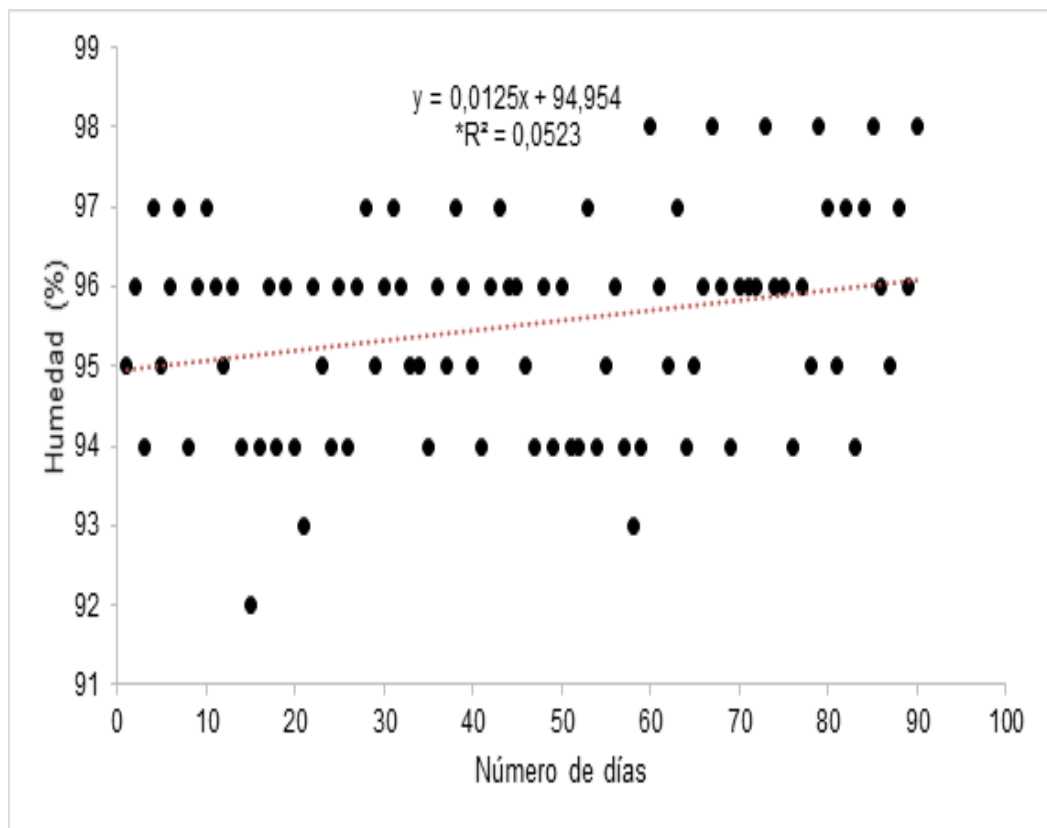
Para los datos de humedad del fosfohumus, de acuerdo a la prueba de Bonferroni se determinó que no existen outliers en dichos datos que estarían afectando en forma significativa a los resultados ( $p=0,99626$ ), de modo que el modelo queda bien ajustado (figura 16).



**Figura 16.** Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de humedad del fosfohumus, 2015

Fuente: Elaboración propia

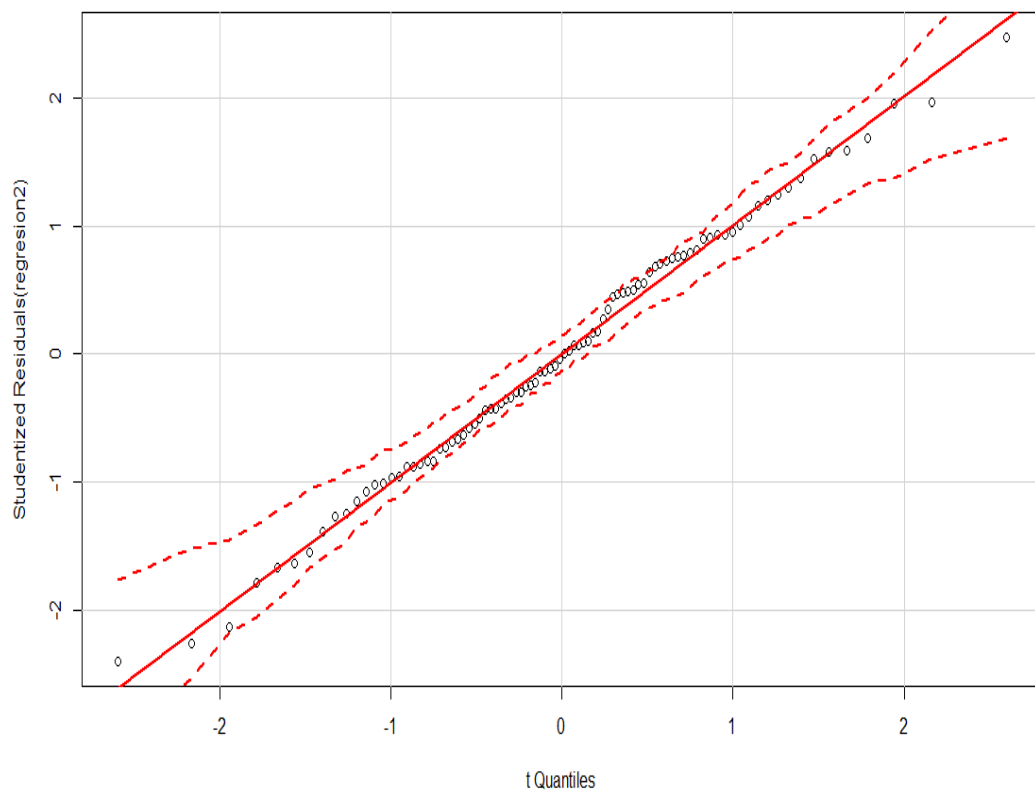
Así mismo, de acuerdo a la ecuación de regresión se espera un incremento de 0,0125 % de la humedad de fosfohumus por cada día de incremento en la duración del proceso de producción (figura 17).



**Figura 17.** Relación entre la humedad y número de días de producción de fosfohumus (\*\* $p < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

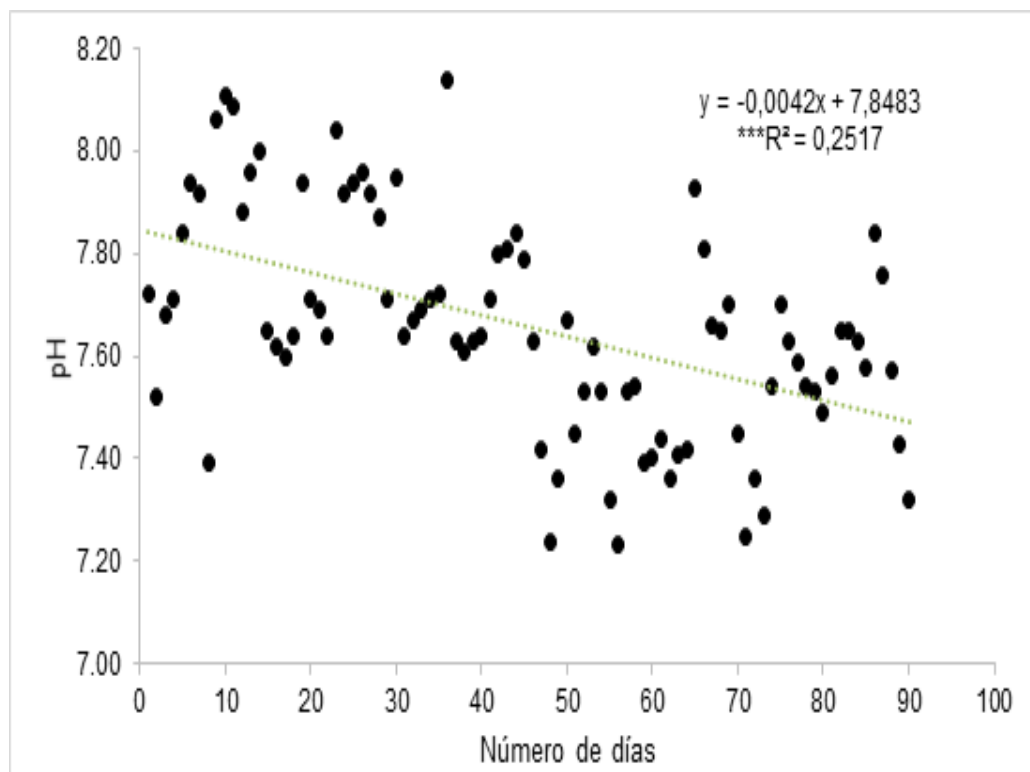
En lo que se refiere a los datos de pH del fosfohumus, de acuerdo a la prueba de Bonferroni no existen outliers en los datos de pH de fosfohumus que estarían afectando en forma significativa al modelo ( $p=0,99999$ ), de modo que el modelo estaría bien ajustado (figura 18).



**Figura 18.** Ajuste de residuales estudiantizados para prueba de normalidad de datos de pH del fosfohumus, 2015.

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, de acuerdo a la ecuación de regresión se espera una disminución de 0,0042 del nivel de pH por cada día de incremento en la duración del proceso de producción del fosfohumus (figura 19).



**Figura 19.** Relación entre pH y número de días de producción del fosfohumus (\*\*p<0,0001)

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Determinaciones analíticas del humus y fosfohumus de lombriz.

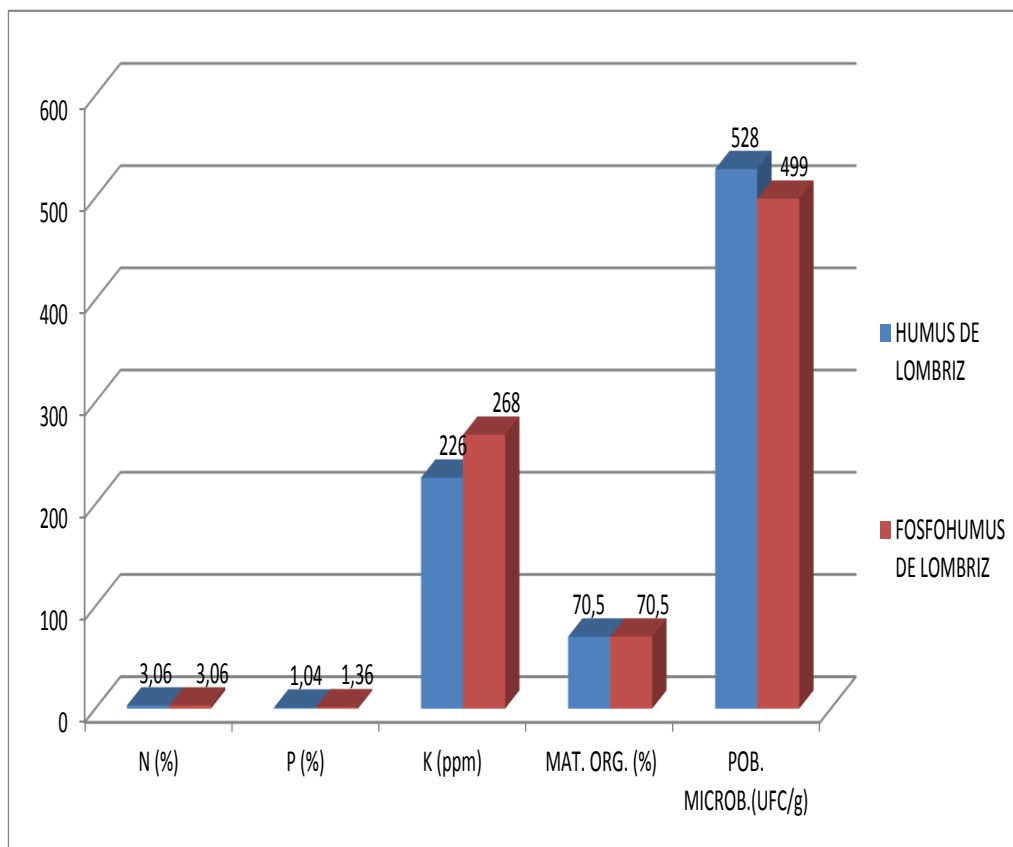
El análisis de laboratorio efectuado a las muestras de humus y fosfohumus de lombriz determinó que tanto el humus como el fosfohumus presentan un mismo nivel de N de 3,06%, mientras que para el P y K el fosfohumus alcanzó valores superiores con 1,36% de P y 268 ppm de K, mientras que por el contrario la población microbiana del fosfohumus fue menor que la del humus alcanzando 499 UFC/g (tabla 7 y figura 20).

**Tabla 7.**

Determinaciones analíticas del nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz

TIPO DE ABONO	MACRONUTRIENTES PRIMARIOS			MATERIA ORGÁNICA (%)	POBLACION MICROBIANA
	N (%)	P (%)	K (ppm)		
HUMUS DE LOMBRIZ	3.06	1.04	226	70.5	528
FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ	3.06	1.36	268	70.5	499

Fuente: Análisis de laboratorio. Laboratorio de Agua y Suelos. UNA – Puno



**Figura 20.** Determinaciones analíticas del humus y fosfohumus de lombriz, 2015

Fuente: Elaboración propia

## **4.2 2DA. FASE: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ**

En la segunda fase se realizó:

**4.2.1 Análisis de varianza de parámetros de desarrollo y parámetros productivos.** Para determinar la diferencia entre los parámetros de desarrollo y parámetros productivos del cultivo de maíz con aplicación de humus de lombriz respecto al cultivo con aplicación de fosfohumus de lombriz.

### **A. Análisis de varianza de parámetros de desarrollo**

Para todas las variables se hizo un análisis de homogeneidad de varianzas. Todas las variables (color de follaje, tamaño de planta, número de hojas, diámetro de tallo y número de mazorcas) tienen similar varianza, por lo que se procede a hacer la comparación respectiva.

**Tabla 8.**

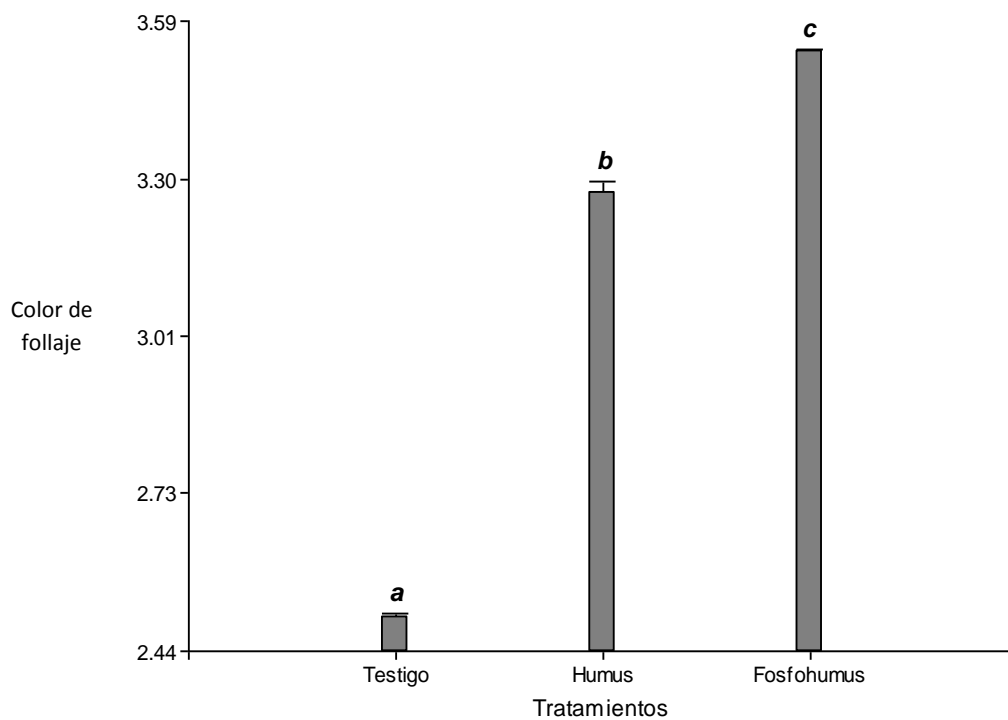
Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas (Ho: Hay homogeneidad de varianzas, H1: No hay homogeneidad de varianzas), 2015

Variable	Bartlett	gl	p
Color de follaje	4,5026	2	0,1053
Tamaño de planta	0,673	2	0,7143
Número de hojas	11,6085	2	0,003015
Diámetro de tallo	0,0252	2	0,9875
Número de mazorcas	1,8855	2	0,3896

Fuente: Elaboración propia

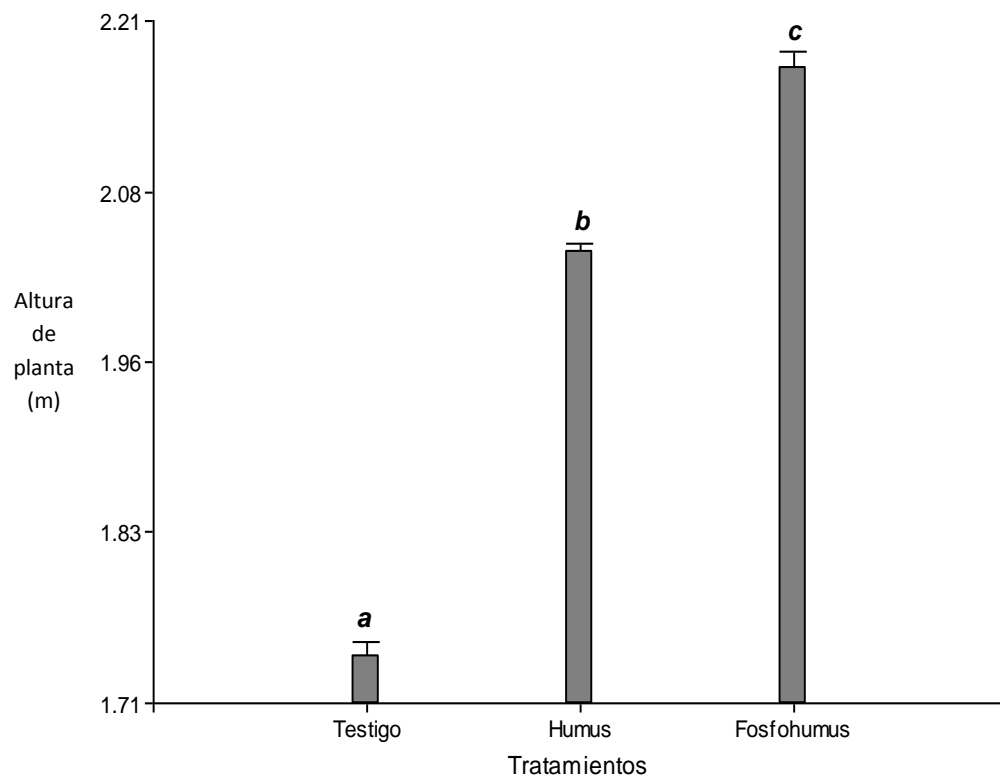
Vistos los resultados de la tabla 9, hay evidencia suficiente para aceptar la Ho de que los datos tienen homogeneidad de varianza ( $p > 0,05$ ), excepto para el caso de número de hojas, por lo que previo al análisis se le aplicará una transformación logarítmica.

Para todas las variables evaluadas color de follaje, altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo y número de mazorcas, se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ( $F_{2,6} = 4298,9$ ,  $p < 0,0001$ ;  $F_{2,6} = 1384,8$ ,  $p < 0,0001$ ;  $F_{2,6} = 444,32$ ,  $p < 0,0001$ ;  $F_{2,6} = 3160,1$ ,  $p < 0,0001$ ;  $F_{2,6} = 624,98$ ,  $p < 0,0001$  respectivamente), de modo que la aplicación de humus o fosfohumus de lombriz tiene un efecto importante en los parámetros de desarrollo evaluados. Así mismo, al aplicar la prueba de Tukey, se obtuvo que en todos los casos, el tratamiento con fosfohumus tuvo resultados estadísticamente mayores con respecto al tratamiento con humus y el grupo testigo. Así mismo, tanto el tratamiento con humus y fosfohumus fueron estadísticamente superiores con respecto al grupo testigo (figuras 21, 22, 23 y 24).



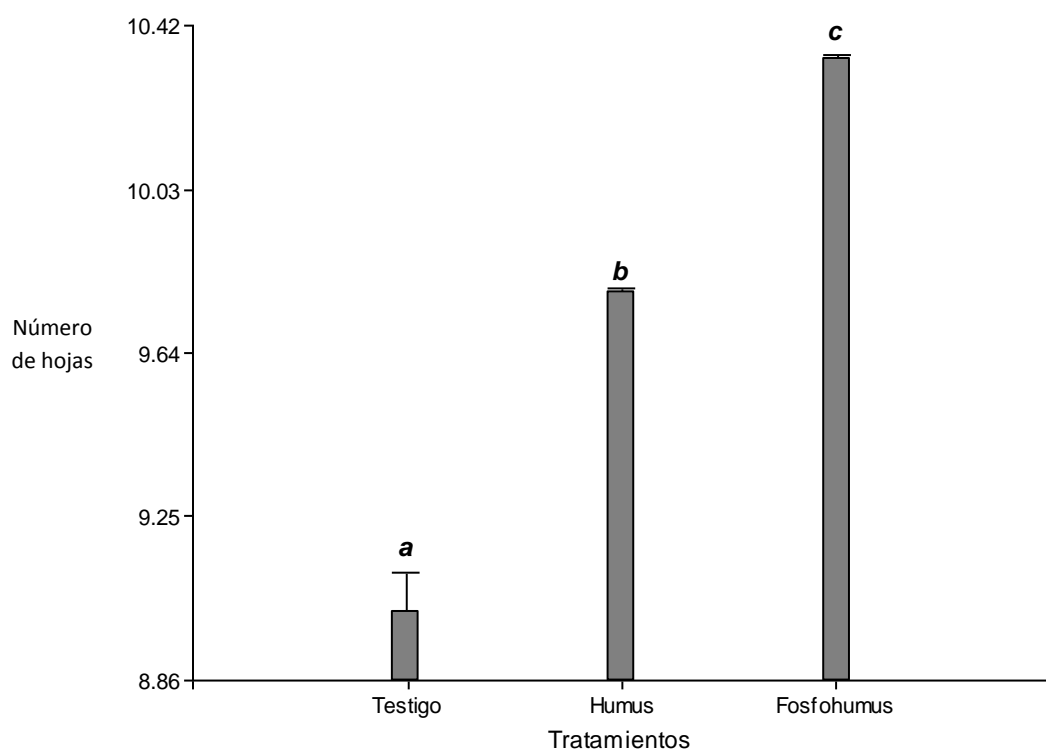
**Figura 21.** Color de follaje del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia



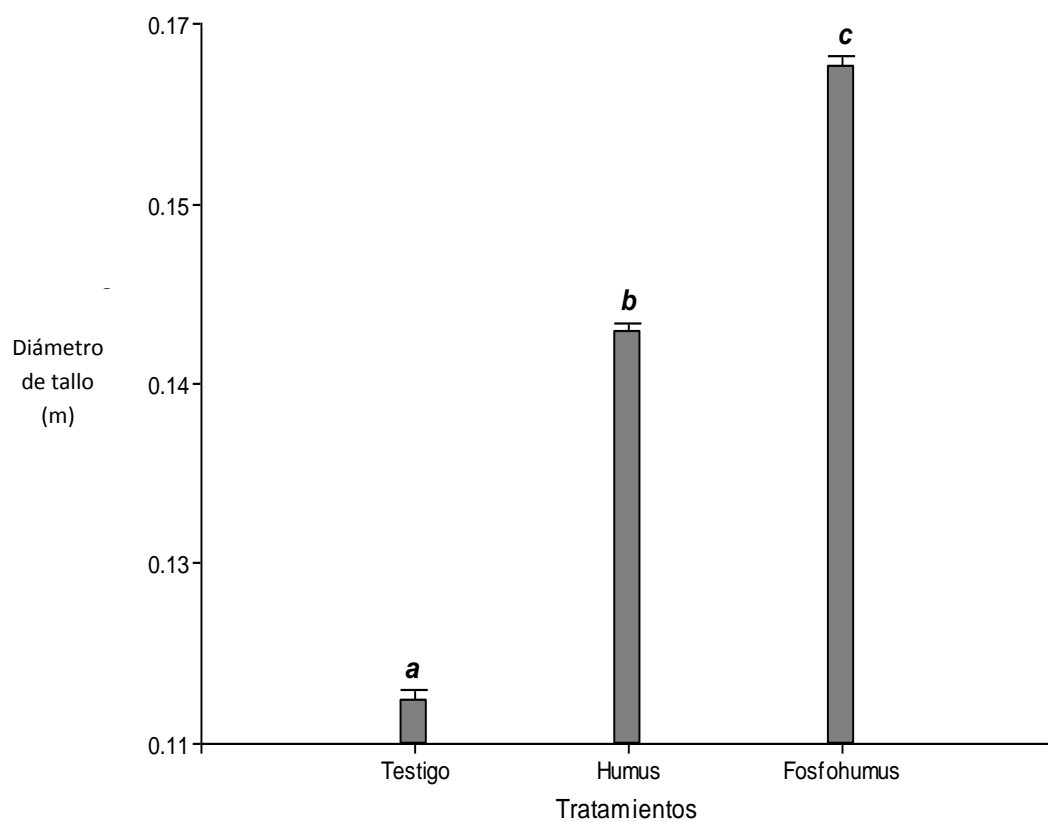
**Figura 22.** Altura de planta del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia



**Figura 23.** Número de hojas del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus). (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24.** Diámetro de tallo del maíz en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

## B. Análisis de varianza de parámetros productivos

De igual forma para todas las variables se hizo un análisis de homogeneidad de varianzas. Todas las variables (número de mazorcas, peso de mazorcas y peso total) tienen similar varianza, por lo que se procede a hacer la comparación respectiva.

### Tabla 9.

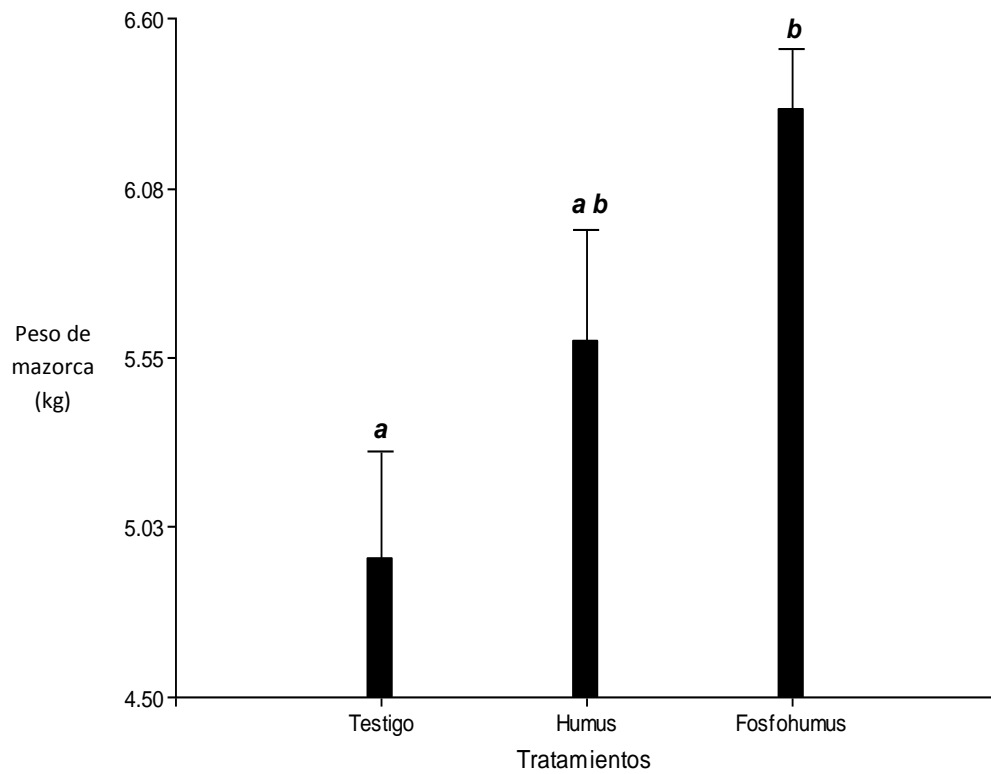
Prueba de Bartlett para homogeneidad de varianzas (Ho: Hay homogeneidad de varianzas, H1: No hay homogeneidad de varianzas), 2015

Variable	Bartlett	gl	p
Peso total	2.2821	2	0.3195
Número de mazorcas	4.2882	2	0.1172
Peso de mazorca	0.6512	2	0.7221

Fuente: Elaboración propia

Vista la tabla 10, hay evidencia suficiente para no rechazar la Ho, de modo que los datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas.

No se detectó diferencias significativas del peso total entre los tratamientos ( $F_{2,6} = 2,686$ ,  $p = 0,1469$ ), lo mismo para el caso de número de mazorcas ( $F_{2,6} = 0,1622$ ,  $p = 0,8539$ ). Por otro lado, en el caso de peso de mazorcas se detectó diferencias significativas ( $F_{2,6} = 5,3955$ ,  $p = 0,04563$ ), habiendo un mayor peso de mazorcas en el tratamiento con fosfohumus respecto al grupo testigo, no habiendo diferencias entre humus y fosfohumus ( $p < 0,05$ ) (figura 25).



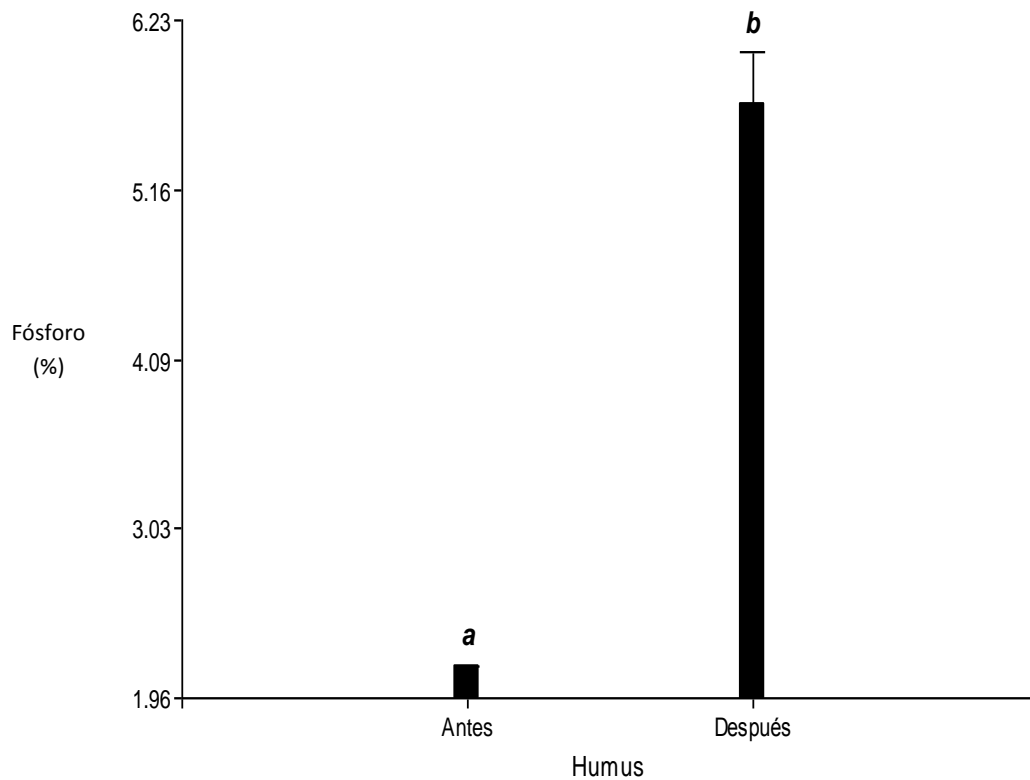
**Figura 25.** Peso de mazorcas (kg) en cada tipo de tratamiento (testigo, humus y fosfohumus) (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

**4.2.2 Análisis de varianza de los niveles de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.** Para determinar la diferencia entre los niveles de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz.

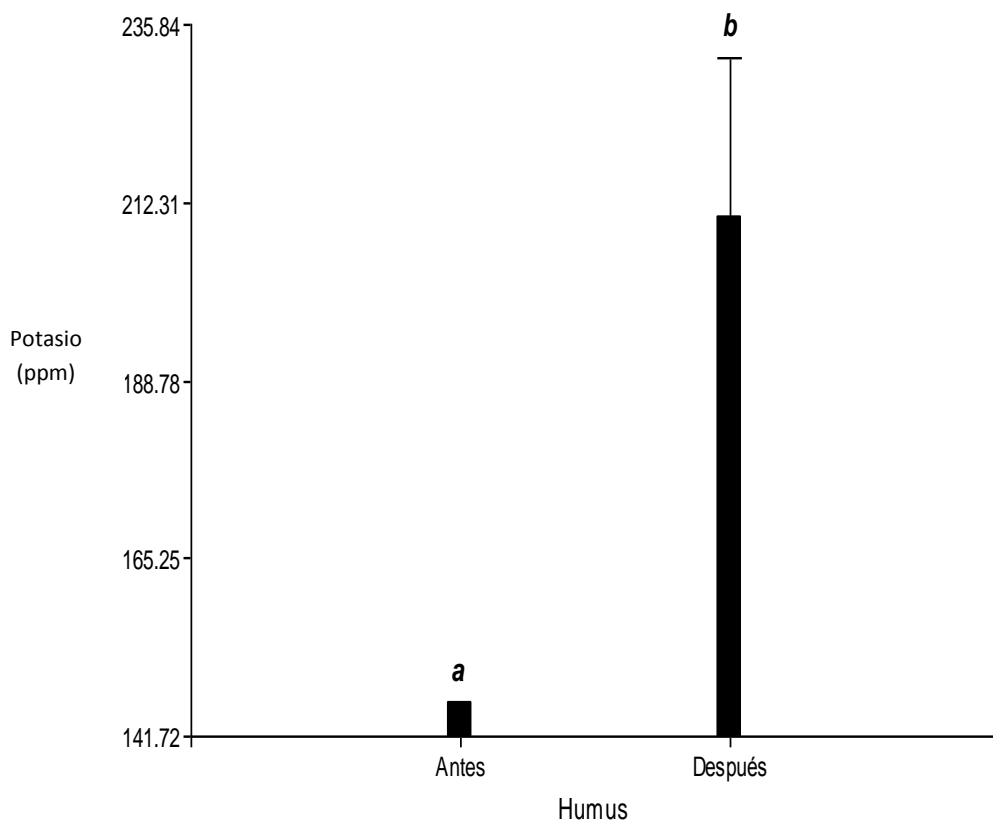
**A. Humus de lombriz**

Al aplicar la prueba de Tukey, no se detectó diferencias significativas de la concentración de nitrógeno antes y después de la aplicación de humus ( $F_{1,4} = 3,57$ ,  $P = 0,1318$ ), al igual que en el caso de la materia orgánica y población microbiana ( $F_{1,4} = 0,23$ ,  $P = 0,6560$ ,  $F_{1,4} = 1,88$ ,  $P = 0,2420$  respectivamente). Sin embargo, para el caso de fósforo y potasio si se detectó diferencias significativas ( $F_{1,4} = 117,02$ ,  $P = 0,0004$ ,  $F_{1,4} = 9.18$ ,  $P = 0,0388$  respectivamente), habiendo una mayor concentración de ambos elementos después de la aplicación del humus, evidenciando su efecto positivo sobre las características del suelo (figura 26 y 27).



**Figura 26.** Concentración de fósforo (%) del suelo antes y después de la aplicación de humus (promedio  $\pm$  1DE) (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

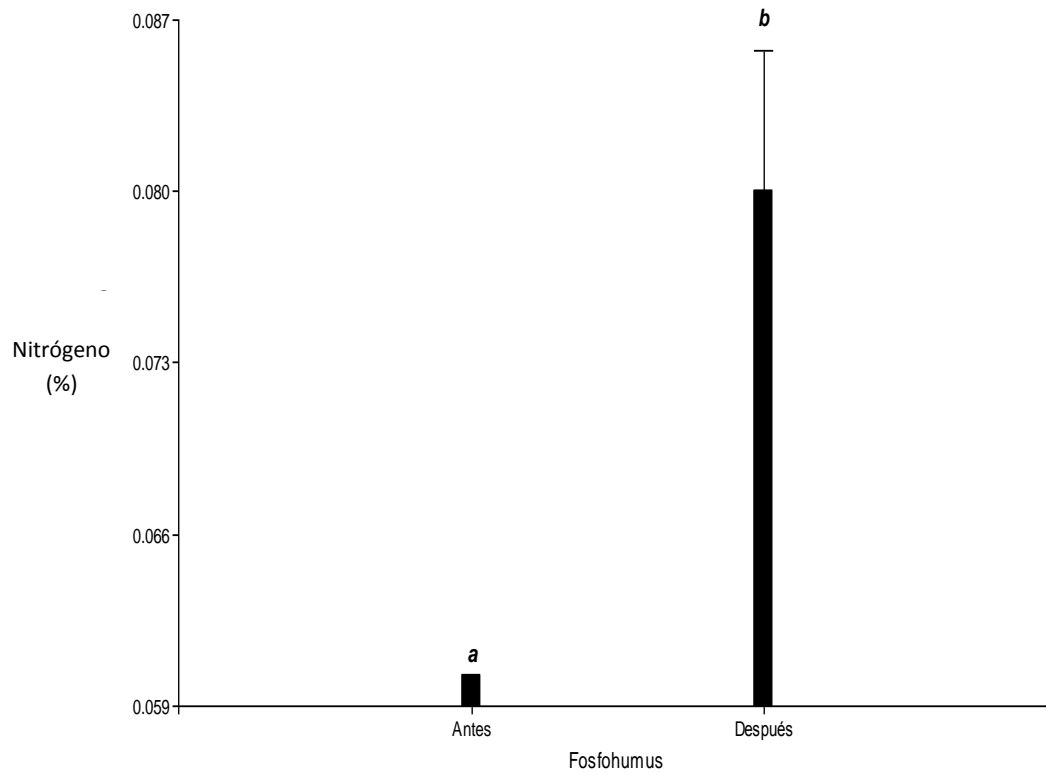


**Figura 27.** Concentración de potasio (ppm) del suelo antes y después de la aplicación de humus (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

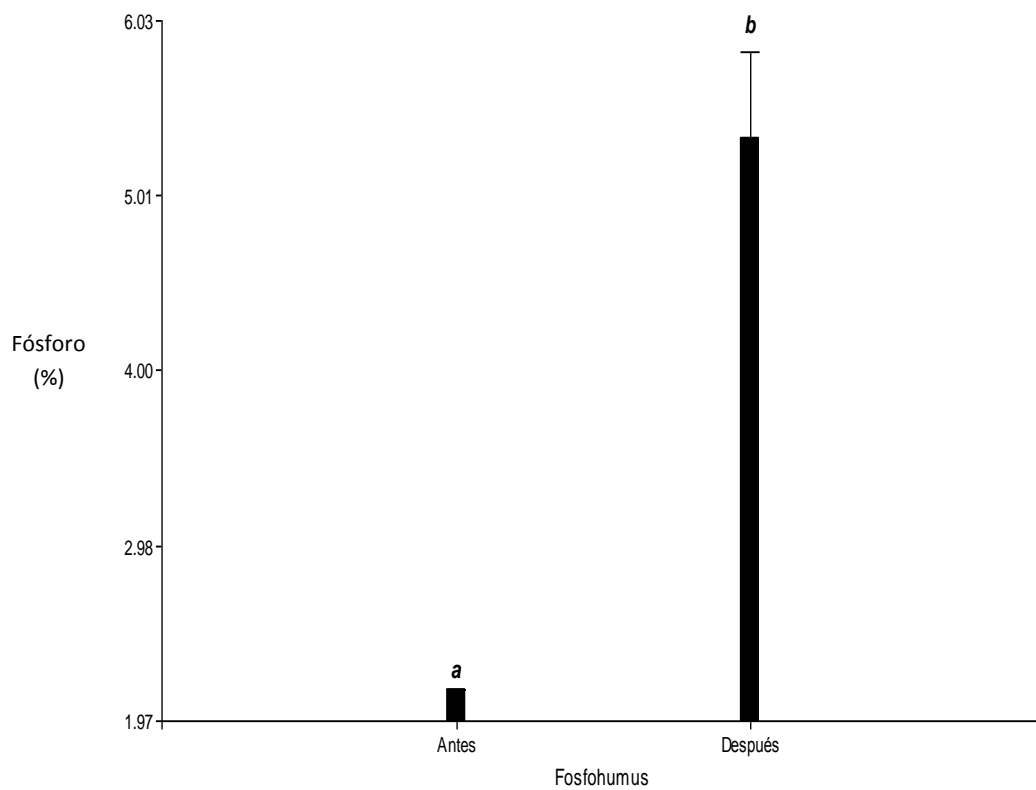
## **B. Fosfohumus de lombriz.**

De igual forma al aplicar la prueba de Tukey, para el caso de macronutrientes primarios nitrógeno, fósforo y potasio, se detectó diferencias significativas de las concentraciones en el suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus ( $F_{1,4} = 12$ ,  $P = 0,0257$ ,  $F_{1,4} = 40,45$ ,  $P = 0,0031$ ,  $F_{1,4} = 36,97$ ,  $P = 0,0037$  respectivamente), mientras que para el caso de materia orgánica y población microbiana no se detectó diferencias significativas ( $F_{1,4} = 0,48$ ,  $P = 0,5262$ ,  $F_{1,4} = 2,45$ ,  $P = 0,1929$  respectivamente) (figuras 28, 29 y 30).



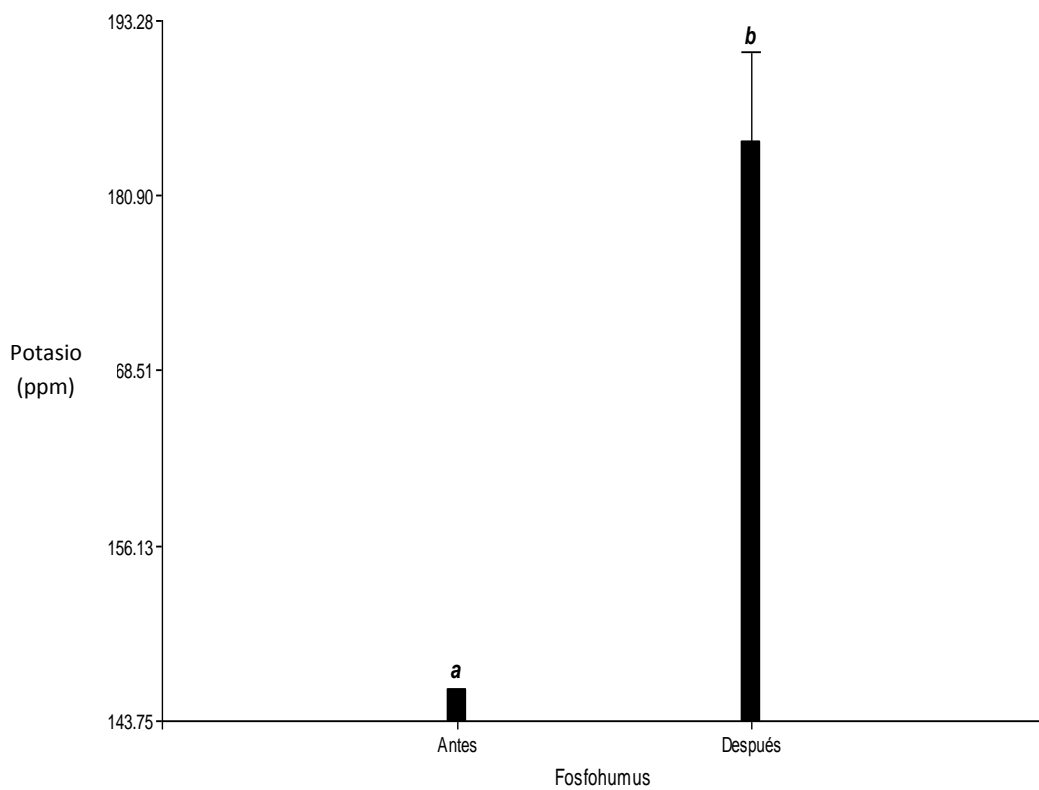
**Figura 28.** Concentración de nitrógeno (%) del suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia



**Figura 29.** Concentración de fósforo (%) del suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia



**Figura 30.** Concentración de potasio (ppm) del suelo antes y después de la aplicación de fosfohumus (Test a posteriori de Tukey  $P < 0,05$ )

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **Eficiencia de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz como alternativas para la producción sostenible del cultivo de maíz forrajero**

La aplicación del fosfohumus de lombriz mostró mayor eficiencia para la producción sostenible del cultivo de maíz dado que los parámetros de desarrollo alcanzados con dicha aplicación mostraron diferencias estadísticamente significativas con respecto a la aplicación del humus de lombriz y al testigo, de igual forma los valores alcanzados por los parámetros productivos fueron mayores para el fosfohumus de lombriz pese a no hallarse diferencias estadísticamente significativas con respecto al humus de lombriz, pero si con respecto al testigo. Así mismo, el incremento de los niveles de N, P y K en el suelo con aplicación del fosfohumus de lombriz evidencia su efecto positivo sobre las características del suelo brindando sostenibilidad a la producción agrícola; en tal sentido, puede considerarse que resulta viable reducir el uso de fertilizantes de síntesis química haciendo uso de la biofertilización, pues al favorecer la concentración de nutrientes, se baja los costos de producción y aumenta el margen de ganancia para los productores.

## **Relación de los niveles de humedad, temperatura y pH del humus y fosfohumus de lombriz con el tiempo de duración del proceso de su producción**

Se determinó que durante el proceso de producción del fosfohumus de lombriz existe una relación positiva fuerte entre el número de días con la temperatura, dado que el número de días explica en un 59,0% la variabilidad de la temperatura, esperándose un incremento de  $0,0746^{\circ}\text{C}$  de temperatura por cada día de proceso; de modo similar a lo determinado para el humus de lombriz en el que también existe una relación positiva fuerte entre el número de días con la temperatura del humus, dado que el número de días explica en un 56,22% la variabilidad de la temperatura, esperándose un incremento de  $0,0791^{\circ}\text{C}$  por cada día de duración del proceso. Así mismo, la evaluación permanente de la humedad, temperatura y pH durante el proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz refirió que durante los 90 días que duró dicho proceso los rangos de humedad se mantuvieron por encima del 90%, lo cual difiere de lo señalado por otros investigadores, quienes mencionan que la humedad óptima del sustrato para el desarrollo de las lombrices es de 80%, o que el rango de humedad en que las lombrices producen humus es de 80 a 85%. Por su parte, en lo que respecta al pH medido en las camas de producción de humus y fosfohumus de lombriz, este osciló

entre 7 y 8, valor neutro a ligeramente alcalino, con un tiempo de duración del proceso de 90 días para ambos casos tal como se estimó inicialmente, lo cual pudo concretarse debido a que el insumo empleado en mayor cantidad para la elaboración del compost-alimento fue el estiércol de vacuno, el cual es favorable para el adecuado desarrollo de las lombrices, pues el porcentaje óptimo promedio de estiércol en el compost alimento debe ser del 96%, dado que las lombrices alimentadas con éste nivel a los tres a cuatro meses presentan un mejor comportamiento.

### **Comparación del nivel de macronutrientes primarios materia orgánica y población microbiana del humus y fosfohumus de lombriz**

Los niveles de P (1,04 y 1,36%) y K (226 y 268 ppm ó 0,0226% y 0.0228%) del humus y fosfohumus de lombriz obtenidos en la presente investigación son menores a los obtenidos por el CIPCA - Piura en donde el nivel de P alcanzó 3,12% para el humus; y para el fosfohumus se elevó hasta 5,25%, mientras que el nivel de potasio llegó hasta 2,96% para el humus y 3,45% para el fosfohumus; por su parte, el nivel de N alcanzado por el humus y fosfohumus en la presente investigación fue de 3,06% para ambos abonos, superando a los valores obtenidos en el CIPCA, en donde el N alcanzó 1,4 y 2,0% para el humus y fosfohumus de lombriz respectivamente. Así mismo, el nivel de materia orgánica alcanzó el

70,5% tanto para el humus como para el fosfohumus de lombriz, valor inferior a lo obtenido en otra investigación en la que el humus alcanzó 76%, pudiendo por tanto definirse que las características físico-químicas y biológicas de las enmiendas orgánicas varían con las condiciones de manejo, tipo de material utilizado en su preparación, condiciones ambientales y procesos de elaboración; así mismo, en lo que respecta a la riqueza microbiana del humus y fosfohumus obtenido, estos alcanzaron 90 y 84 UFC/g de actinomicetos respectivamente, nivel superior al obtenido en el humus de lombriz proveniente de canteros con cachaza en el que el nivel alcanzó 3 UFC/g de actinomicetos, demostrándose con ello que la lombricultura resulta un excelente tratamiento para transformar los residuos en un eficiente abono orgánico.

### **Comparación de los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz con aplicación del humus y fosfohumus de lombriz**

Los parámetros de desarrollo alcanzados por el fosfohumus de lombriz para todas las variables evaluadas (color de follaje, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo) mostraron resultados estadísticamente superiores a los alcanzados por el humus de lombriz y el testigo, manifestando semejanza con lo obtenido en la comparación del

vermicompost junto a otros cinco abonos como la gallinaza, el estiércol de vacuno, compost y estiércol de chivo, con los cuales los parámetros diámetro de tallo, área foliar y biomasa seca resultantes fueron superiores a los obtenidos con el vermicompost.

Así también, en lo que concierne a los parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz con los tratamientos con fosfohumus de lombriz, humus de lombriz y testigo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas para las variables número de mazorcas y peso total; mientras que para la variable peso de mazorcas se detectó diferencias estadísticas significativas entre el fosfohumus de lombriz respecto al testigo, pese a no hallarse diferencias significativas entre el humus y fosfohumus de lombriz dadas las condiciones de fertilidad presente en ambos casos, inverso a lo obtenido en el cultivo de chile ancho en el que el estiércol de bovino expresó el mayor rendimiento, seguido del testigo y vermicompost; y más semejante con el rendimiento de frutos de tomate obtenido en dos tratamientos con vermicomposta en el que el rendimiento de frutos fue en promedio 9,14 veces más que el testigo, y de modo similar a la experiencia en cultivo de tomate con tratamientos de vermicompost y arena a distintas proporciones, en las que tampoco se hallaron diferencias significativas en las variables diámetro de fruto y rendimiento; lo cual pudiera deberse a que los parámetros de

producción del cultivo de maíz muestran una influencia significativa de los atributos químicos del suelo, principalmente de aquellos que definen la acidez y la presencia de cationes, dado que si la tasa de asimilación neta de un cultivo de maíz puede diferir entre las zonas de mayor y menor fertilidad en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo, el índice de masa foliar es superior durante todo el cultivo en las zonas más fértiles.

### **Comparación del nivel de macronutrientes primarios, materia orgánica y población microbiana del suelo antes y después de la aplicación del humus y fosfohumus de lombriz**

Al comparar los análisis de suelo antes y después de la aplicación tanto del fosfohumus como del humus de lombriz se comprobó que los niveles de macronutrientes primarios N, P y K para el fosfohumus de lombriz y P y K para el humus de lombriz incrementaron su nivel inicial en comparación con el testigo, concordante a los resultados del trabajo de investigación “Efecto de los sistemas de producción convencional y orgánico de hortalizas en las propiedades químicas del suelo en la Sabana de Bogotá”, en el que el 92% de muestras de suelo bajo manejo orgánico mostraron excesos de fósforo, de manera contraria a la deficiencia mostrada en las muestras de suelo con manejo convencional; de modo similar a los resultados obtenidos en La Rioja (Argentina) en la

investigación titulada “Modificación de la fertilidad por prácticas de manejo del suelo”, en el que los tratamientos con aporte de abono orgánico favorecieron los contenidos de materia orgánica, N, P y K; demostrándose que mientras el mayor efecto del tratamiento con fertilización química de un cultivo de maíz alcanza sus máximos niveles en la fase inicial, la fertilización con productos orgánicos alcanza su mayor efecto en el tercer ciclo (a los 63 días) evidenciando por tanto su mayor acción residual, lo cual se torna evidentemente más sostenible respecto a la fertilización química.

## **CONCLUSIONES**

### **Primera**

Se comprobó que existe dependencia entre la temperatura, humedad y pH con el tiempo de duración del proceso de producción del humus y fosfohumus de lombriz respectivamente; estableciéndose que el mayor nivel de dependencia existente se da entre la temperatura y el tiempo de duración del proceso de producción, existiendo para el humus de lombriz una dependencia significativa positiva, puesto que se da un incremento de  $0,0791^{\circ}\text{C}$  por cada día de duración del proceso de producción, explicando el número de días en un 56,22% la variabilidad de la temperatura; mientras que para el fosfohumus de lombriz la dependencia también es positiva dado que la temperatura incrementa en  $0,0746^{\circ}\text{C}$  por cada día de duración del proceso de producción, explicando el número de días en un 59,34% la variabilidad de la temperatura.

### **Segunda**

La incorporación de roca fosfórica en la producción del humus de lombriz en las zonas costeras del Perú representa una alternativa idónea para el incremento del nivel de  $\text{P}_2\text{O}_5$  en dicho abono orgánico y a través de

este en el suelo agrícola, además de mejorar el contenido de materia orgánica y población microbiana del mismo, reduciendo con ello la dependencia de productos químicos sin afectar e incluso aumentando la productividad de los cultivos, y por ende, del campo.

### **Tercera**

El uso de abonos orgánicos tales como el humus y fosfohumus de lombriz, constituye una alternativa fiable, sostenible y rentable para mejorar la productividad del cultivo de maíz, por cuanto los parámetros de desarrollo y parámetros productivos alcanzados por el cultivo de maíz instalado alcanzaron mayores niveles respecto al cultivo sin aplicación (tratamiento testigo).

### **Cuarta**

Según los resultados obtenidos puede concluirse que con la aplicación del fosfohumus de lombriz se mejoró el grado de fertilidad del suelo lográndose alcanzar un nivel de fertilidad cualificado como normal con un valor promedio de materia orgánica de 2,47%; lo cual lleva a señalar que la aplicación del fosfohumus de lombriz constituye una alternativa de producción sostenible por cuanto cumple con combinar eficientemente tanto los factores socioeconómicos como los biológicos a

través del reciclaje de desechos de origen animal y vegetal de las fincas, contribuyendo con ello a mejorar la calidad de la producción, optimizar los costos y mantener el equilibrio del ecosistema agrícola.

## **RECOMENDACIONES**

### **Primera**

Con la finalidad de contribuir a la disminución del deterioro del recurso suelo, se recomienda la familiarización e implementación de nuevos modelos de producción agrícola en los cuales no solo se aprovechen las ventajas de los procesos naturales y de las interacciones biológicas del suelo, sino que también permitan una reducción considerable en el uso de recursos externos y promuevan el aumento de la eficiencia del uso de los recursos básicos del sistema predial.

### **Segunda**

Dados los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda la ejecución de nuevas investigaciones que profundicen los alcances obtenidos, en aras de contribuir al fortalecimiento de sistemas de manejo agrícola sostenibles, asegurando que la población pueda proveerse de productos de consumo sanos y de buena calidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEX. (Abril del 2002). *Lombricultura: Una alternativa de producción. Guía de Lombricultura*. Municipio Capital de La Rioja, p. 13 - 24
- Altieri, M. (1999), *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable*". Montevideo: Editorial Nordan – Comunidad de España. 4ta. Edición.
- Bejarano, J. y otros. (2003). *Sanidad Vegetal y profesión fitopatológica en las formas de agricultura en el siglo XXI. Phytoma España. La Revista profesional de Sanidad Vegetal*. España, número 148, pp. 16-27. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=497909/>
- Benítez, J., (2004). *Manejo integrado del suelo y agua para un desarrollo agrícola sostenible en América Latina. LEISA Revista de Agroecología*. Italia. Recuperado de <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/4-rehabilitacion-de-tierras-degradadas/editorial-manejo-integrado-del-suelo-y-agua-para/>

Brack, A. y Mendiola, C. (2012). *Ecología del Perú*. Enciclopedia Virtual. ONG Perú Ecológico. Recuperado de [http://peruecologico.com.pe/lib\\_c18\\_t01.htm/](http://peruecologico.com.pe/lib_c18_t01.htm/)

Brechelt, A. (Ed.). (2008). *La Lombricultura en la agricultura orgánica*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Santo Domingo – República Dominicana, pp. 8.

Brechelt, A. (Ed.). *Manual Práctico para la Lombricultura*. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA) - Agro Acción Alemana – RAP-AL. Santo Domingo – República Dominicana, pp. 11.

Bueno, M. (2006). *El Huerto Ecológico*”. *Agroecología. Holistika*. Recuperado de [http://www.holistika.net/agroecologia/el\\_huerto\\_ecologico/el\\_huerto\\_ecologico.asp/](http://www.holistika.net/agroecologia/el_huerto_ecologico/el_huerto_ecologico.asp/)

CENAGRO. (2012). *Resultados Definitivos IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. Lima. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf/>

Cervantes, M. A. (2014). *Abonos orgánicos*. INFOAGRO.COM.

Recuperado de

[http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm)>

Condiza, C. A. (1998). *Agricultura Sostenible*. Programa Nacional de

Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA.

Ministerio de Agricultura. República de Colombia.

Cotes, A. y Cotes, J. M. (2005). El Problema de la Sostenibilidad dentro

de la complejidad de los Sistemas de Producción

Agropecuarios”. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*.

Medellín - Colombia, 2005, volumen 58, número 2, pp. 2813-

2825. Recuperado de

<http://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24241/>

Delgado, E. (2002). *Agricultura sostenible e investigación agrícola en el*

*INIA*. *Revista de la Facultad de Agronomía*. Caracas –

Venezuela, 2002, volumen 19, número 3, pp. 219-229.

Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-78182002000300006&script=sci_arttext/)

[78182002000300006&script=sci\\_arttext/](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-78182002000300006&script=sci_arttext/)

De Sanzo, C. A. y Ravera, A. R. (1999). *Como Criar Lombrices Rojas*

*Californianas*. Provincia de Buenos Aires – Argentina.

Recuperado de  
[http://www.bajatec.net/pdfs/manual\\_lombricultura.pdf/](http://www.bajatec.net/pdfs/manual_lombricultura.pdf/)

Díaz, D., Cova L. J. y otros. (2009). Dinámica del Crecimiento y Producción de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida* Sav.) en cuatro sustratos a base de estiércol de bovino. *Agricultura Andina*. Venezuela, 2008, volumen 15, julio – diciembre, pp. 39-55. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29378/1/articulo3.pdf/>

DIRECCIÓN REGIONAL DE AGRICULTURA TACNA (DRA TACNA). (2013). *Estadística Agropecuaria 2013*. Dirección de Estadística Agraria. Gobierno Regional de Tacna. Recuperado de [http://www.agritacna.gob.pe/sites/default/files/Estadistica/final\\_estadistica\\_2013a.pdf/](http://www.agritacna.gob.pe/sites/default/files/Estadistica/final_estadistica_2013a.pdf/)

FAO. (1993). *Desarrollo Sostenible de Tierras Áridas y Lucha contra la Desertificación. Depósito de Documentos de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/v0265s/v0265s00.htm#Contents/>

FAO. (2014). Biodiversidad y Degradación del Suelo. *Portal de Suelos de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo//biodiversidad-del-suelo/es/>

FAO. (Mayo del 2015). *Informe Temático La FAO y la Agenda de Desarrollo Post-2015*. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/mdg/doc/12.\\_agricultura\\_es-1.pdf/](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mdg/doc/12._agricultura_es-1.pdf/)

FAO. (2015). Principios para una alimentación y una agricultura sostenibles. *Portal de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/sustainability/es/>

Forero, A. F. y Escobar H. (2010). Efecto de los sistemas de producción convencional y orgánico de hortalizas en las propiedades químicas del suelo en la Sabana de Bogotá (Colombia). *Agronomía Colombiana*. Colombia, volumen 28, número 3, pp. 411-420. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/29824/1/28499-102020-1-PB.pdf/>

FUP. (Septiembre del 2008). Recurso Suelo. Blog de Derecho Ambiental. *Frente Universitario Peronista – UBA – DERECHO*.

Recuperado de  
<http://federacionuniversitaria71.blogspot.com/2008/09/recurso-suelo.html/>

García, I. y Dorronsoro, C. (2012). *Contaminación del Suelo: Contaminación por fertilizantes*. Material de enseñanza.  
Recuperado de  
<http://www.edafologia.net/conta/tema14/intro.htm>>

Gliessman, S. R. (2002). *Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*". Turrialba – Costa Rica. Pp. 320-325.

GOBERNACIÓN DEL HUILA Y ZEOLITAS AFL LTDA. (2008). *Informe Final. Selección de la Mejor alternativa para la industrialización de la Roca fosfórica en el Departamento del Huila*. Recuperado de  
[http://www.huila.gov.co/documentos/E/estudio\\_roca\\_fosforica.pdf/](http://www.huila.gov.co/documentos/E/estudio_roca_fosforica.pdf/)

Gomero, L. y Tazza M. (Ed.). (2001). *Innovación de Tecnologías Ecológicas para el Agro. Resultados del Primer Concurso Latinoamericano*. Red de Acción en Plaguicidas y su

Alternativa para América Latina. Primera Edición. Lima – Perú.  
Pp. 255-262.

Gomero, L. y Velásquez H. (Ed.). (1999). *Manejo Ecológico de Suelos. Conceptos, Experiencias y Técnicas*. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos. Primera Edición. Lima – Perú. Pp. 165-186.

Gómez, D. y Vásquez M. (2011). Abonos orgánicos. *Programa PYMERURAL y PRONAGRO*. Tegucigalpa, Honduras.

González, M. (2010). *Algunos aspectos sobre la Lombricultura para la Fertilización orgánica de suelos*. CPA Augusto César Sandino. San Antonio de los Baños. La Habana, Cuba. Recuperado de [http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com\\_mtree&task=att\\_download&link\\_id=87&cf\\_id=24/](http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=87&cf_id=24/)

GUMENDI ALIMENTOS ECOLÓGICOS. (2010). *Agricultura ecológica. El Huerto Ecológico*. Lodosa – Navarra. Recuperado de <http://www.gumendi.es/contenidos.asp?id=11/>

ILLPA. (2005). Instalación y Manejo de una Granja de Lombrices para Producción de humus. *Estación Experimental ILLPA*. Puno – Perú, pp. 8.

Jiménez, R. M. (18 de julio del 2002). Agricultura sostenible para satisfacer el reto medioambiental de la Producción agrícola. *Jornada Temática Aspectos Medioambientales de la Agricultura*. Recuperado de <http://ftp.cgiar.org/cip/CIP-QUITO/Jorge%20Andrade/Literatura%20SAS-M/agricultura%20sos/Agricultura%20sostenible%20para%20satisfacer%20el%20reto%20medio%20ambiental%20de%20la%20produccion%20agricola.pdf/>

LA HORA. (11 de mayo del 2013). *Orgánicos, alternativa a los sintéticos*. *Diario La Hora. Agro*. Los Ríos, Ecuador, pp.12.

López, R. (2002). *Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*. Mérida: Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial Universidad de los Andes de Venezuela. Segunda Edición. Recuperado de [http://www.researchgate.net/profile/Roberto\\_Lopez-Falcon/publication/264311522\\_Degradacin\\_del\\_Suelo\\_causas\\_procesos\\_evaluacin\\_e\\_investigacin/links/53d85a490cf2e38c63317361.pdf/](http://www.researchgate.net/profile/Roberto_Lopez-Falcon/publication/264311522_Degradacin_del_Suelo_causas_procesos_evaluacin_e_investigacin/links/53d85a490cf2e38c63317361.pdf/)

Márquez, C., Cano P. y Rodríguez N. (2008). Uso de Sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Revista*

*Agricultura Técnica en México*. Durango, 2008, volumen 34, número 1, pp. 69-74. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_pdf&pid=S0568-25172008000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es/](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0568-25172008000100008&lng=es&nrm=iso&tlng=es/)

Martínez, E., Fuentes, J. P. y Acevedo E. (2008). Carbono Orgánico y Propiedades del suelo. *Revista Científica Suelo y Nutrición Vegetal*. Santiago de Chile, 2008, volumen 8, número 1, pp. 68-96. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-27912008000100006/](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-27912008000100006/)

Martínez, F., García, C. y Forbes, T. (2008). Producción de Humus de lombriz a partir de la Cachaza. *Revista Agricultura Orgánica*. Cuba, 2008, No. 1, pp. 47-48. Recuperado de [http://www.actaf.co.cu/revistas/revista\\_ao\\_95-2010/Rev%202008-1/22-humus%20de%20lombriz.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202008-1/22-humus%20de%20lombriz.pdf)>

Martínez, R. (2009). Sistemas de Producción Sostenible. *Tecnología en Marcha*. 2009, volumen 22, Número 2, pp. 23-39. Recuperado de <http://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEwiQsYycydjGAhUHMogKH>

fKACcY&url=http%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga  
%2Farticulo%2F4835851.pdf&ei=Su2jVZDkEofkoATygaawDA&  
usg=AFQjCNERwKEk1gzoj0KenzTg3fj9qy0X8w/

Martins, A. L., De Moura., E. y Camacho J. H. (2011). Evaluación de Parámetros Productivos de Maíz y su relación espacial con atributos químicos del suelo. *Revista Agronomía Colombiana*. Brasil, 2011, volumen 29, n.1, pp. 99-106. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/28640/37470/>

Matheus, J., Graterol G. y otros. (2007). Efecto de diferentes abonos orgánicos y su correlación con bioensayos para estimar nutrientes disponibles. *Agricultura Andina*. Venezuela, 2007, volumen 13, Julio-Diciembre, pp. 19-26. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27872/1/articulo2.pdf/>

Matheus, J., Caracas J. y otros. (2007) "Eficiencia Agronómica Relativa de tres Abonos orgánicos (vermicompost, compost y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays L.*). *Agricultura Andina*. Venezuela, 2007, volumen 13, Julio-Diciembre, pp. 27-38. Recuperado de

[http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27873/1/articulo3.pdf/](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27873/1/articulo3.pdf)

Medina, T. (2008). Producción y Uso del Humus de lombriz. *Folleto - INIA*. Lima, 2008, pp. 11.

Mereilles, L. (2003). La agroecología implementada en la cadena alimentaria. Memoria del Taller Agricultura Orgánica: Una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba – Costa Rica.

Morales, A. y Calero B. (2008). La lombriz de tierra y la práctica de la lombricultura en Cuba. *Revista Agricultura Orgánica*. Cuba, 2008, número 1, pp. 37-38. Recuperada de [http://www.actaf.co.cu/revistas/revista\\_ao\\_95-2010/Rev%202008-1/17-lombrizdetierra.pdf/](http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202008-1/17-lombrizdetierra.pdf)

Moreno, A., Valdés M. T. y Zarate T. (2005). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Revista Agricultura Técnica*. Chile, 2005, volumen 65, pp. 26-34. Recuperado de [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-072005000100003&script=sci\\_arttext/](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-072005000100003&script=sci_arttext/)

Osorio, G. (2008). Agricultura sustentable. Una alternativa de alto rendimiento. *Revista Ciencia de la Universidad Autónoma de León*. León - Chile, 2008, volumen XI, número 001, pp. 77-81. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/402/40211113.pdf/>

Pérez, A., Céspedes C. y Núñez P. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república Dominicana. *Ciencia del Suelo y Nutrición vegetal*. Temuco – Chile, 2008, volumen 8, número 3, pp. 10-29. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/rcsuelo/v8n3/art02.pdf/>

PRONATTA. (2010). *La agricultura Sostenible*". Agricultura orgánica. Palmira, Colombia. Recuperado de <http://www.controlbiologico.com/agricultura-sostenible-ecologica.htm/>

Ramos, F., Aguilar J. A. y otros. (2006). Efecto de los abonos orgánicos en el rendimiento del cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L), y sobre las características químicas del suelo de la parcela experimental. *Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguas Calientes-México*. Número 51, pp. 3-9.

Recuperado de  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67418397001/>

RED POR UNA AMÉRICA LATINA LIBRE DE TRANSGÉNICOS (RALLT).

(2004). *Maíz, de alimento sagrado a negocio del hambre*. Acción Ecológica, Red por una América Latina libre de transgénicos, Quito, Ecuador. Recuperado de [http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz\\_alimento%20sagrado.pdf.pdf/](http://www.rallt.org/PUBLICACIONES/maiz_alimento%20sagrado.pdf.pdf/)

Reinés, M. (1998). *Lombricultura. Alternativa del Desarrollo Sustentable*. Primera edición. Jalisco – México: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Recuperado de <http://documents.mx/documents/lombricultura-alternativa-del-desarrollo-sustentable.html/>

Rodríguez, E., Bolanos M. y Menjivar J. C. (2010). Efecto de la fertilización en la nutrición y rendimiento de ají (*Capsicum spp.*) en el Valle del Cauca, Colombia. *Acta agronómica*. Colombia, volumen 59, número 1, pp. 55-64. Recuperado de [http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/rt/pinterFriendly/14032/14936/](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/pinterFriendly/14032/14936/)

SAGARPA Subsecretaría de Desarrollo Rural. Lombricultura. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación*. México, pp. 8.

Salgado, S., Palma D. y otros. (2006). *Manejo de Fertilizantes y Abonos orgánicos*. Primera Reedición. Villa Hermosa, Tabasco, México: Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Pp. 5-19.

Sánchez, D., Ligarreto, G. y otros. (2012). Variabilidad del Crecimiento y rendimiento del Cultivo de Maíz para choclo (*Zea mays* L.) como Respuesta a Diferencias en las Propiedades Químicas del Suelo en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*. 2012, volumen 65, número 2, pp. 6579-6590. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179925831001/>

Scheifler, M. de R. (2009). *Alimentos más Sostenibles: Las semillas transgénicas en la Agricultura Ecológica*. Edición no venal. Gijón – España: Junta General del Principado de Asturias y Sociedad Internacional de Bioética. pp. 12-32.

SEMARNAT. (2005). *Degradación de Suelos*. Capítulo de Suelos. Dirección General de Estadística e Información Ambiental.

Talplan, México. Recuperado de  
[http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_04/03\\_suelos/cap3\\_1.html/](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/03_suelos/cap3_1.html/)

Urquiza, M. N. (2002). *Manejo Sostenible de los Suelos*. Camagüey: Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental. Recuperado de  
[http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com\\_mtree&task=att\\_download&link\\_id=122&cf\\_id=24/](http://www.actaf.co.cu/index.php?option=com_mtree&task=att_download&link_id=122&cf_id=24/)

Villafane, N. y Saluzzo J. A. (2010). Modificación de la fertilidad por prácticas de manejo del suelo en Famatina, la Rioja, Argentina. *Acta Agronómica*. Colombia, volumen 59, número 2, pp. 188-196. Recuperado de  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169916224008/>

## **ANEXOS O APÉNDICES**

## ANEXO 1.

### FICHA TECNICA DE ROCA FOSFORICA



## ESPECIFICACIONES TECNICAS

Nombre Comercial	:	<b>ECOMASTER P</b>
Fórmula Comercial	:	<b>Fosfato Tricálcico</b>
Categoría	:	<b>Fertilizante Fosfatado</b>

Composición Garantizada:

<u>Elemento</u>	<u>Nominal</u>
<b>Fósforo (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	<b>27 – 28</b>
<b>Calcio (%CaO)</b>	<b>40 – 42</b>

### Características:

Forma	Fósforo presente es en forma tricálcica.
Aplicación	Fuente fosfatada para aplicación directa en suelos ácidos
Empaque	Bolsa x 50 kg

## **ANEXO 2.**

### **INSUMOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL COMPOST ALIMENTO.**

Estiércol de  
ganado



Residuos de  
almácigo de

Ají de  
descarte



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

### **ANEXO 3.**

#### **PILA DE COMPOST – ALIMENTO**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

#### **ANEXO 4.**

#### **CAMAS DE PRODUCCIÓN DE HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 5.**

**HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ PRODUCIDOS**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 6.**

**PARCELA EXPERIMENTAL - TRATAMIENTO 1 (TESTIGO)**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 7.**

**PARCELA EXPERIMENTAL - TRATAMIENTO 2 (HUMUS DE LOMBRIZ)**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 8.**

PARCELA EXPERIMENTAL - TRATAMIENTO 3 (FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ)



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 09.**

PARCELA EXPERIMENTAL - PRIMERA APLICACIÓN DE HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ (Previo a la siembra)



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

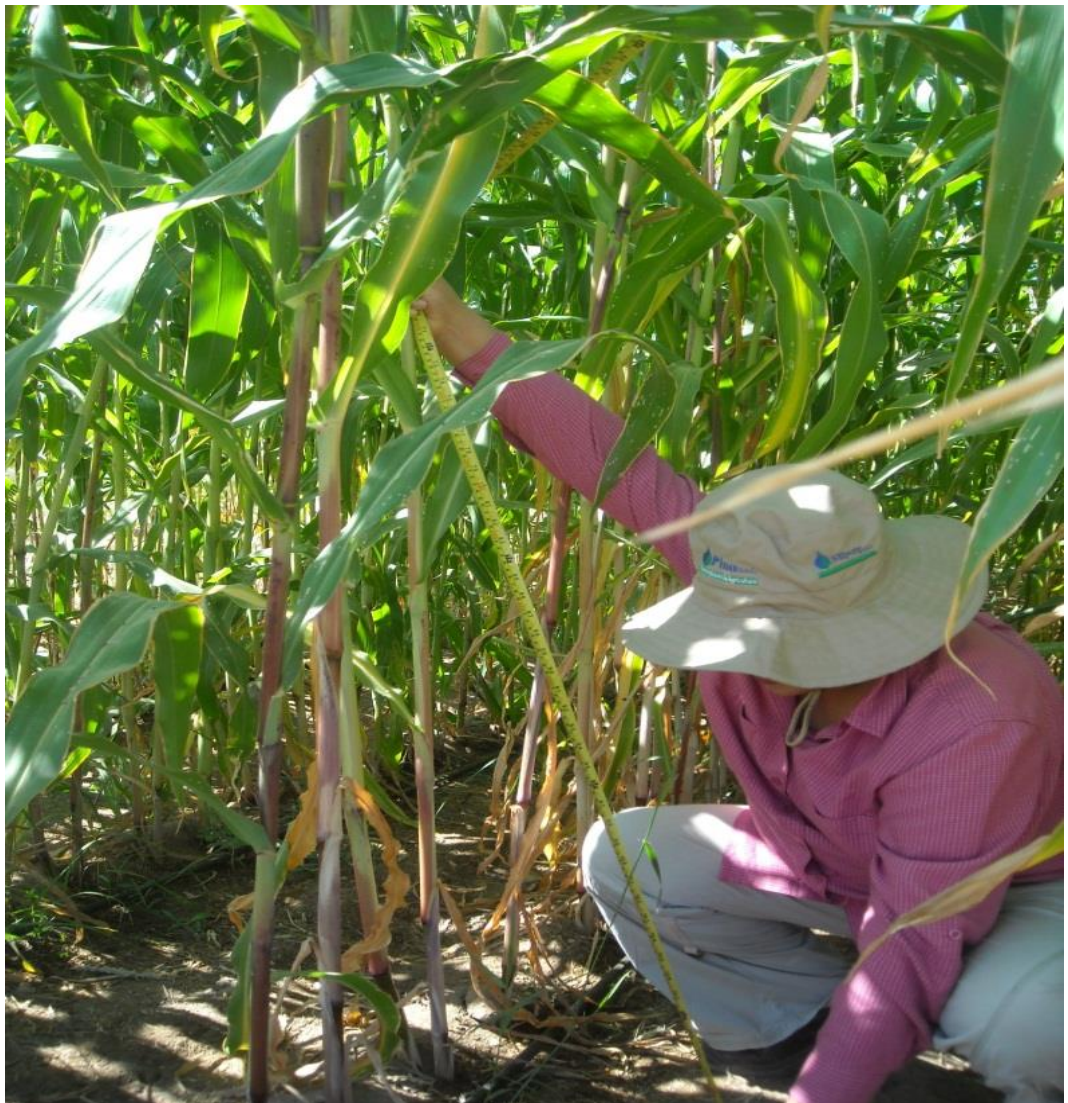
**ANEXO 10.**

PARCELA EXPERIMENTAL - SEGUNDA APLICACIÓN DE HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ (Previo al aporque)



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 11.**  
**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DE DESARROLLO EN LA PARCELA**  
**EXPERIMENTAL**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

## **ANEXO 12.**

### **EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN PARCELA EXPERIMENTAL**

Evaluación de  
parámetros productivos  
– Tratamiento 1 –  
Bloque I



Evaluación de  
parámetros productivos  
– Tratamiento 2 –  
Bloque II



Evaluación de  
parámetros productivos  
– Tratamiento 3 –  
Bloque III



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 13.**

**MUESTREO DE SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ (Segundo muestreo)**



Fuente: Imágenes de trabajo de campo

**ANEXO 14.****PARAMETROS EVALUADOS EN LA ELABORACIÓN DEL COMPOST –  
ALIMENTO**

DÍA	FECHA	PARAMETROS EVALUADOS		OBSERVACIONES
		T°	H°	
1	02/09/2013	24	100	1er. y 2do. Volteo
2	03/09/2013	27	98	
3	04/09/2013	29	96	
4	05/09/2013	34	94	
5	06/09/2013	37	92	
6	07/09/2013	42	94	
7	08/09/2013	44	91	
8	09/09/2013	49	89	
9	10/09/2013	52	88	
10	11/09/2013	54	88	
11	12/09/2013	55	100	3er. Volteo
12	13/09/2013	52	97	
13	14/09/2013	50	96	
14	15/09/2013	52	94	
15	16/09/2013	54	92	
16	17/09/2013	53	87	
17	18/09/2013	54	85	
18	19/09/2013	52	84	
19	20/09/2013	50	82	

DÍA	FECHA	PARAMETROS EVALUADOS		OBSERVACIONES
		T°	H°	
20	21/09/2013	50	81	
21	22/09/2013	48	100	4to. Volteo
22	23/09/2013	46	96	
23	24/09/2013	43	94	
24	25/09/2013	42	93	
25	26/09/2013	40	92	
26	27/09/2013	39	90	
27	28/09/2013	38	88	
28	29/09/2013	37	87	
29	30/09/2013	35	90	
30	01/10/2013	35	85	
31	02/10/2013	34	100	5to. Volteo
32	03/10/2013	32	97	
33	04/10/2013	31	94	
34	05/10/2013	32	90	
35	06/10/2013	32	91	
36	07/10/2013	34	90	
37	08/10/2013	35	91	
38	09/10/2013	36	89	

Fuente: Evaluaciones de Campo

## ANEXO 15.

### EVALUACIONES DE HUMEDAD, TEMPERATURA Y pH EN LA FASE DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ

PRODUCCION DE HUMUS DE LOMBRIZ							
N°	T (°C)	H (%)	pH	N°	T (°C)	H (%)	pH
1	20.9	94	7.60	46	25.2	96	7.49
2	22.3	97	7.85	47	24.9	95	7.32
3	20.3	95	7.21	48	24.7	94	7.16
4	20.5	97	7.22	49	24.6	95	7.17
5	22.7	94	7.25	50	23.0	96	7.37
6	22.8	96	7.72	51	24.4	95	7.53
7	23.4	94	7.40	52	25.1	96	7.46
8	23.1	96	7.34	53	25.7	94	7.38
9	21.1	95	7.59	54	26.2	95	7.35
10	24.7	94	7.91	55	27.9	94	7.33
11	24.0	97	7.83	56	28.8	95	7.31
12	22.0	95	7.76	57	26.9	94	7.43
13	22.6	96	7.69	58	28.7	96	7.34
14	22.4	96	7.65	59	29.9	95	7.38
15	23.5	95	7.24	60	29.1	96	7.36
16	23.0	96	7.28	61	28.7	97	7.31
17	22.5	93	7.32	62	27.5	99	7.34
18	21.3	95	7.38	63	26.9	94	7.37
19	22.5	94	7.91	64	26.5	96	7.41
20	21.6	96	7.51	65	26.0	96	7.58
21	22.3	94	7.50	66	28.9	95	7.49
22	24.4	95	7.52	67	31.2	97	7.44
23	22.4	97	7.82	68	30.4	95	7.53
24	21.9	94	7.75	69	26.1	96	6.70
25	20.7	95	7.81	70	27.1	97	7.32
26	19.7	96	7.96	71	29.2	98	6.55
27	22.3	95	7.59	72	26.5	96	7.31
28	24.3	95	7.34	73	26.7	94	7.27
29	25.9	97	7.64	74	26.8	97	7.22
30	25.2	94	7.48	75	25.2	95	7.20
31	26.0	95	7.14	76	30.1	96	7.46
32	26.0	95	7.10	77	29.6	98	7.26
33	25.9	96	7.20	78	28.9	97	6.95
34	25.8	94	7.22	79	26.6	96	7.39
35	23.7	95	7.37	80	27.3	94	7.36
36	23.0	96	7.33	81	28.6	96	7.35
37	22.5	94	7.59	82	29.9	98	7.34
38	26.9	96	7.32	83	29.2	95	7.30
39	26.6	95	7.37	84	28.8	96	7.22
40	26.9	94	7.40	85	26.5	98	7.44
41	26.7	93	7.39	86	24.7	97	7.62
42	26.7	95	7.36	87	24.3	97	7.56
43	28.1	96	7.30	88	23.9	96	7.42
44	26.7	95	7.62	89	27.0	95	7.11
45	25.9	94	7.54	90	29.6	96	7.20

Fuente: Evaluaciones de Campo

## ANEXO 16.

### EVALUACIONES DE HUMEDAD, TEMPERATURA Y pH EN LA FASE DE PRODUCCIÓN DE FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ

PRODUCCION DE FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ							
N°	T (°C)	H	pH	N°	T (°C)	H (%) Fosfohumus de	pH
1	20.1	95	7.72	46	24.2	95	7.63
2	20.3	96	7.52	47	24.0	94	7.42
3	19.5	94	7.68	48	23.8	96	7.24
4	19.7	97	7.71	49	23.5	94	7.36
5	20.2	95	7.84	50	21.0	96	7.67
6	21.3	96	7.94	51	23.3	94	7.45
7	20.6	97	7.92	52	23.1	94	7.53
8	22.3	94	7.39	53	23.0	97	7.62
9	20.1	96	8.06	54	23.9	94	7.53
10	24.6	97	8.11	55	25.2	95	7.32
11	23.5	96	8.09	56	26.0	96	7.23
12	21.1	95	7.88	57	25.7	94	7.53
13	21.0	96	7.96	58	26.1	93	7.54
14	20.8	94	8.00	59	26.2	94	7.39
15	22.0	92	7.65	60	25.8	98	7.40
16	21.9	94	7.62	61	25.3	96	7.44
17	21.6	96	7.60	62	24.9	95	7.36
18	21.1	94	7.64	63	24.3	97	7.41
19	20.4	96	7.94	64	23.9	94	7.42
20	21.6	94	7.71	65	24.8	95	7.93
21	22.3	93	7.69	66	27.9	96	7.81
22	22.8	96	7.64	67	29.4	98	7.66
23	21.2	95	8.04	68	28.8	96	7.65
24	20.8	94	7.92	69	25.4	94	7.70
25	19.6	96	7.94	70	26.7	96	7.45
26	19.4	94	7.96	71	25.7	96	7.25
27	21.2	96	7.92	72	25.0	96	7.36
28	22.0	97	7.87	73	25.8	98	7.29
29	23.7	95	7.71	74	26.4	96	7.54
30	22.7	96	7.95	75	24.9	96	7.70
31	23.5	97	7.64	76	29.9	94	7.63
32	23.4	96	7.67	77	29.1	96	7.59
33	23.1	95	7.69	78	28.5	95	7.54
34	23.2	95	7.71	79	25.5	98	7.53
35	23.1	94	7.72	80	26.0	97	7.49
36	23.1	96	8.14	81	26.8	95	7.56
37	22.4	95	7.63	82	27.5	97	7.65
38	24.4	97	7.61	83	27.1	94	7.65
39	24.9	96	7.63	84	26.7	97	7.63
40	25.5	95	7.64	85	36.0	98	7.58
41	25.7	94	7.71	86	23.5	96	7.84
42	25.8	96	7.80	87	22.8	95	7.76
43	27.2	97	7.81	88	22.4	97	7.57
44	25.3	96	7.84	89	26.0	96	7.43
45	24.9	96	7.79	90	27.1	98	7.32

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 17.****EVALUACIONES DEL PARÁMETRO DE DESARROLLO: COLOR DE FOLLAJE**

N° EVAL	COLOR DE FOLLAJE								
	T1			T2			T3		
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	3.0000	2.9512	2.9024	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
2	3.0244	3.0488	3.0244	3.8537	3.7073	3.8537	4.0000	4.0000	4.0000
3	3.0244	3.0488	3.0244	3.9512	3.7561	3.9024	4.0000	4.0000	4.0000
4	2.0732	2.0488	2.0976	2.9756	2.9756	2.9268	3.0000	3.0000	3.0000
5	2.1463	2.0732	2.1220	3.1463	3.1707	3.0732	3.8049	3.8293	3.8049
6	2.1463	2.1463	2.1463	3.1951	3.1951	3.0976	3.8049	3.7317	3.8293
7	2.1429	2.1429	2.1190	2.9762	2.9762	3.0714	3.1429	3.1667	3.1429

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 18.****EVALUACIONES DEL PARÁMETRO DE DESARROLLO ALTURA DE PLANTA (m)**

N° EVAL	ALTURA DE PLANTA								
	T1			T2			T3		
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	0.15	0.15	0.15	0.19	0.18	0.20	0.21	0.21	0.21
2	0.51	0.53	0.54	0.64	0.62	0.66	0.68	0.66	0.68
3	0.86	0.89	0.92	1.08	1.06	1.12	1.15	1.12	1.15
4	1.77	1.77	1.75	2.25	2.20	2.17	2.38	2.36	2.39
5	2.46	2.49	2.39	3.01	3.05	3.02	3.47	3.42	3.40
6	3.11	3.11	3.08	3.43	3.38	3.39	3.60	3.59	3.61
7	3.28	3.34	3.33	3.70	3.72	3.71	3.79	3.76	3.78

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 19.****EVALUACIONES DEL PARÁMETRO DE DESARROLLO: NÚMERO DE HOJAS**

N° EVAL	NUMERO DE HOJAS								
	T1			T2			T3		
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	3.1707	3.1951	3.2927	4.0732	4.1707	4.0488	4.2195	4.2683	4.2439
2	6.1463	5.9268	6.1220	6.9268	6.9024	6.8537	7.3415	7.4146	7.3171
3	9.6341	9.3171	9.2439	9.8049	9.8780	9.8293	10.1220	10.1463	10.0732
4	11.0244	10.4390	10.6341	11.6341	11.5122	11.5366	12.2439	12.0732	12.2439
5	11.3415	11.2195	11.5610	12.2195	12.0976	12.2439	12.9756	13.0000	12.8780
6	11.2927	11.1951	11.1951	12.0976	12.0732	12.1220	12.8537	12.9024	12.9268
7	11.1905	11.1905	11.1190	11.7857	11.8810	11.8095	12.6190	12.6667	12.7381

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 20.****EVALUACIONES DEL PARÁMETRO DE DESARROLLO DIÁMETRO DE TALLO (m)**

N° EVAL	DIAMETRO DE TALLO								
	T1			T2			T3		
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	0.0032	0.0031	0.0031	0.0043	0.0042	0.0045	0.0047	0.0045	0.0044
2	0.0778	0.0768	0.0837	0.1110	0.1124	0.1146	0.1230	0.1254	0.1273
3	0.1273	0.1305	0.1329	0.1424	0.1451	0.1420	0.1507	0.1529	0.1498
4	0.1415	0.1422	0.1439	0.1685	0.1676	0.1663	0.1927	0.1941	0.1924
5	0.1510	0.1502	0.1505	0.1927	0.1873	0.1871	0.2327	0.2334	0.2324
6	0.1488	0.1473	0.1480	0.1924	0.1959	0.1924	0.2215	0.2210	0.2241
7	0.1469	0.1464	0.1443	0.1902	0.1967	0.1926	0.2190	0.2217	0.2238

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 21.****EVALUACIONES DEL PARÁMETRO DE DESARROLLO NÚMERO DE MAZORCAS**

N° EVAL	NUMERO DE MAZORCAS (en formación)								
	T1			T2			T3		
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1									
2									
3									
4									
5	0.0976	0.0488	0.2195	0.2195	0.1707	0.1707	0.2683	0.3902	0.4146
6	0.8293	0.7561	0.8293	1.1951	1.2439	1.2195	1.3171	1.1951	1.2683
7	0.7619	0.8333	0.6190	1.1905	1.1905	1.2619	1.1905	1.2143	1.2143

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 22.**

EVALUACIONES DEL PARÁMETRO PRODUCTIVO: PESO TOTAL DE PLANTAS (kg)

Nº EVAL.	PESO TOTAL								
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	5.30	6.05	4.85	6.40	6.40	5.15	6.40	6.45	6.90
2	5.50	6.20	5.15	6.25	6.15	5.25	6.70	6.30	6.55
3	5.40	6.15	5.00	6.55	6.35	5.00	6.30	6.35	6.75

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 23.**

EVALUACIONES DEL PARÁMETRO PRODUCTIVO: NÚMERO DE MAZORCAS

Nº EVAL.	NUMERO DE MAZORCAS								
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	8	9	10	11	9	8	9	8	9
2	7	12	7	8	11	9	9	10	8
3	9	11	9	10	10	8	8	9	10

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 24.**

EVALUACIONES DEL PARÁMETRO PRODUCTIVO: PESO DE MAZORCAS (kg)

Nº EVAL.	PESO DE MAZORCAS								
	I-1	II-1	III-1	I-2	II-2	III-2	I-3	II-3	III-3
1	1.56	1.85	1.40	1.90	2.10	1.70	2.20	2.10	2.10
2	1.60	2.00	1.70	1.70	2.15	1.80	1.70	2.35	1.95
3	1.44	1.75	1.50	2.00	1.95	1.50	2.10	2.20	2.25

Fuente: Evaluaciones de Campo

**ANEXO 25.**

DETERMINACIONES ANALÍTICAS DEL NIVEL DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS, MATERIA ORGÁNICA Y POBLACIÓN MICROBIANA DEL SUELO ANTES DE LA APLICACIÓN DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ

EVALUACIONES	MACRONUTRIENTES PRIMARIOS			MATERIA ORGÁNICA	POBLACION MICROBIANA
	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	MAT. ORG. (%)	POB. MICROB.(UFC/g)
SUELO INICIAL	0.06	2.15	146	2.30	192

Fuente: Análisis de laboratorio. Laboratorio de Agua y Suelos. UNA – Puno.

**ANEXO 26.**

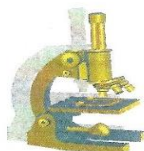
DETERMINACIONES ANALÍTICAS DEL NIVEL DE MACRONUTRIENTES PRIMARIOS, MATERIA ORGÁNICA Y POBLACIÓN MICROBIANA DEL SUELO DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL HUMUS Y FOSFOHUMUS DE LOMBRIZ

EVALUACIONES	MACRONUTRIENTES PRIMARIOS			MATERIA ORGÁNICA	POBLACION MICROBIANA
	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	MAT. ORG. (%)	POB. MICROB.(UFC/g)
I-1	0.07	4.58	218	1.98	323
II-1	0.08	2.60	171	1.80	170
III-1	0.06	6.26	192	2.15	147
I-2	0.09	5.14	170	2.60	146
II-2	0.08	5.71	242	2.90	348
III-2	0.06	6.28	219	1.85	458
I-3	0.07	6.29	172	2.00	240
II-3	0.09	5.16	190	2.80	255
III-3	0.08	4.58	192	2.60	542

Fuente: Análisis de laboratorio. Laboratorio de Agua y Suelos. UNA – Puno.

## ANEXO 27.

### ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA  
 LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



### ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

NOMBRE : Zuleika M. Zea Rojas  
 PROCEDENCIA : Jorge Basadre – Ite - Tacna  
 FECHA ANALISIS : 01/08/2014  
 LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	I – T1	79.40	8.50	12.10	ARENA FRANCA	0.00	1.98	0.07
02	II – T2	80.10	7.96	11.94	ARENA FRANCA	0.00	2.90	0.08
03	I – T2	76.40	8.20	15.60	ARENA FRANCA	0.00	2.60	0.09
04	II – T3	79.60	8.40	12.00	ARENA FRANCA	0.00	2.80	0.09
05	I – T3	81.10	7.20	11.70	ARENA FRANCA	0.00	2.00	0.07
06	Humus	NC	NC	NC	NC	0.00	70.50	3.06

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					Humedad (%)	Materia Seca (%)
				P (ppm)	K (ppm)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
						me/100 g suelo						
01	9.04	3.19	9.38	4.58	218	NC	NC	NC	NC	0.00	7.70	92.30
02	9.24	3.00	9.15	5.71	242	NC	NC	NC	NC	0.00	7.82	92.18
03	8.78	2.90	9.00	5.14	170	NC	NC	NC	NC	0.00	7.90	92.10
04	9.40	1.02	4.17	5.16	190	NC	NC	NC	NC	0.00	7.85	92.15
05	9.41	0.99	4.03	6.29	172	NC	NC	NC	NC	0.00	18.20	81.80
06	8.45	8.50	27.42	1.04 %	226 %	NC	NC	NC	NC	0.00	23.20	76.80

FArA = Franco arcillo arenoso  
 AF = Arena Franca  
 FArA = Franco arcillo arenoso  
 CIC= Capacidad Intercambio Cationico  
 N = Nitrógeno total  
 K<sup>+</sup> = Potasio cambiabile  
 A= Arena  
 Ca<sup>2+</sup>= Calcio cambiabile  
 Na<sup>+</sup>= Sodio cambiabile  
 CO<sub>3</sub><sup>=</sup> = Carbonatos  
 me = miliequivalente

FAr = Franco arcilloso  
 M.O.=Materia orgánica  
 P = Fósforo disponible  
 K = Potasio disponible  
 C.E. = Conductividad eléctrica  
 SB = Saturación de bases  
 Mg<sup>2+</sup> = Magnesio cambiabile  
 mS/cm = milsiemens por centímetro  
 C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto  
 Al<sup>3+</sup> = Aluminio cambiabile  
 NC = No corresponde al tipo de análisis solicitado

Puno, 09 de Diciembre del 2014





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA**  
**LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS**



**ANALISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS**

NOMBRE : Zuleika M. Zea Rojas  
 PROCEDENCIA : Jorge Basadre – Ite - Tacna  
 FECHA ANALISIS : 01/08/2014  
 LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup> %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILL A %	LIMO %				
07	Fosfohumus	NC	NC	NC	NC	0.00	70.50	3.06
08	III – T2	80.40	7.96	11.64	ARENA FRANCA	0.00	1.85	0.06
09	III – T3	79.90	8.60	11.50	ARENA FRANCA	0.00	2.60	0.08
10	III – T1	82.10	9.20	8.70	ARENA FRANCA	0.00	2.15	0.06
11	Suelo	92.60	4.14	2.96	ARENA	0.00	2.30	0.06
12	II – T1	91.60	5.15	3.25	ARENA	0.00	1.80	0.08

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					Humedad (%)	Materia Seca (%)
				P (ppm)	K (ppm)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
07	8.51	9.40	28.06	1.36 %	268 %	NC	NC	NC	NC	0.00	21.60	78.40
08	9.15	1.95	8.04	6.28	219	NC	NC	NC	NC	0.00	20.47	79.53
09	9.12	2.15	8.12	4.58	192	NC	NC	NC	NC	0.00	9.60	90.40
10	9.25	3.50	10.00	6.26	192	NC	NC	NC	NC	0.00	12.15	87.85
11	8.95	2.25	7.87	2.15	146	NC	NC	NC	NC	0.00	0.69	99.31
12	9.30	1.55	5.26	2.60	171	NC	NC	NC	NC	0.00	10.97	89.03

FAR = Franco arcillo arenoso  
 AF= Arena Franca  
 FARa = Franco arcillo arenoso  
 CIC= Capacidad Intercambio Cationico  
 N = Nitrógeno total  
 K<sup>+</sup> = Potasio cambiabile  
 A= Arena  
 Ca<sup>2+</sup>= Calcio cambiabile  
 Na<sup>+</sup>= Sodio cambiabile  
 CO<sub>3</sub><sup>=</sup> = Carbonatos  
 me = miliequivalente

FAR = Franco arcilloso  
 M.O.=Materia orgánica  
 P = Fósforo disponible  
 K = Potasio disponible  
 C.E. = Conductividad eléctrica  
 SB = Saturación de bases  
 Mg<sup>2+</sup> = Magnesio cambiabile  
 mS/cm = milisiemens por centimetro  
 C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto  
 Al<sup>3+</sup> = Aluminio cambiabile  
 NC = No corresponde al tipo de análisis solicitado

Puno, 09 de Diciembre del 2014

Zuleika M. Zea Rojas  
 ANALISTA EN ANALISIS FISICO QUIMICO Y OTROS  
 PUNO PERU

Ing. M.Sc. Angel Cazi Choquehuanca  
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS PLANTAS  
 PUNO PERU

## ANEXO 28.

### ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE SUELOS



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



#### ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE SUELOS

MUESTRA : Suelo de cultivo de maíz  
PROCEDENCIA : Jorge Basadre- Ite- Tacna  
SOLICITANTE : Zuleika M. Zea Rojas  
REFERENCIA : Control de calidad  
ANALISIS SOLICITADO : Microbiológico

#### RESULTADOS

Microorganismos	I-T1	II-T1	I-T2	II-T3	I-T3	Humus
Recuento de aerobios psicófilos	234	142	121	196	188	366
Recuento de Mohos	12	6	4	8	7	36
Recuento levaduras	22	5	4	7	6	32
Actinomycetos spp	52	17	13	35	33	90
Rhizobium sp	3	0	4	9	6	4

Microorganismos	Fosfohumus	III-T2	III-T3	III-T1	Suelo	II-T2
Recuento de aerobios psicófilos	346	287	298	122	146	186
Recuento de Mohos	27	36	42	11	8	28
Recuento levaduras	38	25	26	6	6	32
Actinomycetos spp	84	104	152	8	22	84
Rhizobium sp	4	6	24	0	10	18

**Observacion.** La muestra fue recepcionada en el laboratorio.

Los resultados son en UFC/g y una dilución de  $10^{-3}$

Puno, 09 de diciembre del 2014



Dr. Alberto Ccama Sulca  
Jefe del Laboratorio de Microbiología FMVZ