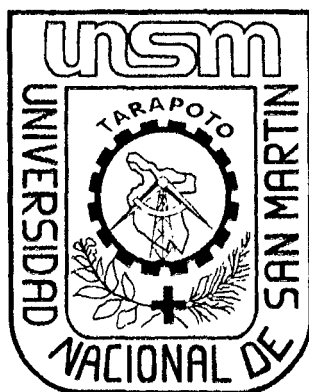


UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ Y SU RESPUESTA EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO
DE SOYA (*Glycine max* L.) BAJO CONDICIONES DE RIEGO
BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN - PERÚ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

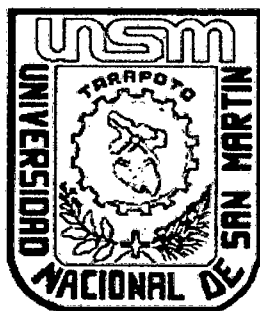
PRESENTADO POR EL BACHILLER:

OSWALDO VILLACORTA TRIGOZO

TARAPOTO - PERÚ

2014

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



TESIS

**DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ Y SU RESPUESTA EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE SOYA (*Glycine max L.*) BAJO CONDICIONES
DE RIEGO BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN - PERÚ**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
OSWALDO VILLACORTA TRIGOZO**

**TARAPOTO - PERÚ
2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA ACADÉMICO-PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
ÁREA DE MEJORAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CULTIVOS

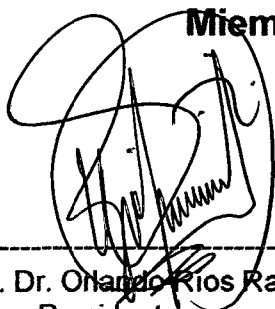
TESIS

**DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ Y SU RESPUESTA EN LA
PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE SOYA (*Glycine max L.*) BAJO CONDICIONES
DE RIEGO BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN - PERÚ**

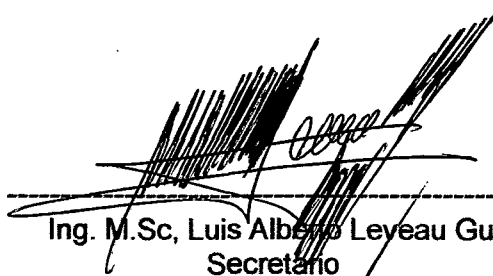
**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRONOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
OSWALDO VILLACORTA TRIGOZO**

Miembros del Comité de Tesis



Ing. M.Sc. Dr. Orlando Rios Ramirez
Presidente



Ing. M.Sc. Luis Alberto Leyeau Guerra
Secretario



Ing. M.Sc. Elías Torres Flores
Miembro



Ing. M.Sc. Cesar E. Chappa Santa María
Asesor

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
3.1. Del cultivo de la soja (<i>Glycine max</i> L.)	4
3.2. Manejo del cultivo de soja	8
3.3. Investigaciones realizadas en variedades y cultivares de soja	9
3.4. La Fotosíntesis	12
3.5. Ciclo del Carbono	13
3.6. Síntesis de Biomasa	16
3.7. Humus de lombriz	19
3.8. El carbono	27
3.9. Resultados de investigaciones con abonos orgánicos y químicos	30
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	35
4.1. Materiales y equipos	35
4.2. Metodología	36
4.2.1. Conducción del experimento	36
4.2.2. Características del Campo Experimental	36
4.2.3. Variables evaluadas	37
4.2.4. Diseño experimental	40
V. RESULTADOS	41
5.1. Porcentaje de emergencia	41
5.2. Altura de planta a la cosecha	41
5.3. Número de granos por vaina	42
5.4. Número de vainas por planta	42
5.5. Número de granos por planta	43
5.6. Peso de 100 semillas	43
5.7. Rendimiento	44
5.8. Regresión y Coeficiente de determinación para la fijación de Carbono en Kg.ha ⁻¹	44
5.9. Regresión y Coeficiente de determinación para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha ⁻¹	45
5.10. Regresión y Coeficiente de determinación para el Contenido de CO ₂ en Kg.ha ⁻¹	46
VI. DISCUSIONES	48
6.1. Del porcentaje de emergencia de las semillas	48

6.2.	De la altura de planta a la cosecha	50
6.3.	Del número de granos por vaina	53
6.4.	Del Número de vainas por planta	56
6.5.	Del Número de granos por planta	57
6.6.	Del Peso promedio de 100 semillas	58
6.7.	Del Rendimiento de grano en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$	60
6.8.	Del valor de la regresión y Coeficiente de determinación para la fijación de Carbono, Materia Seca y CO_2 en $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ por tratamiento	62
VII.	CONCLUSIONES	65
VIII	RECOMENDACIONES	67
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
	RESUMEN	
	SUMMARY	
	ANEXOS	

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1	Análisis de Varianza para el porcentaje de emergencia (datos transformados por \sqrt{x})	41
Cuadro 2	Duncan al 5% para los promedios del Porcentaje de emergencia	41
Cuadro 3	Análisis de Varianza para la Altura de planta a la cosecha (cm)	41
Cuadro 4	Duncan al 5% para los promedios de Altura de planta a la cosecha (cm)	41
Cuadro 5	Análisis de Varianza para el Número de granos por vaina	42
Cuadro 6	Duncan al 5% para los promedios del Número de granos por vaina	42
Cuadro 7	Análisis de Varianza para el Número de vainas por planta	42
Cuadro 8	Duncan al 5% para los promedios del Número de vainas por planta	42
Cuadro 9	Análisis de Varianza para el Número de granos por planta	43
Cuadro 10	Duncan al 5% para los promedios del Número de granos por planta	43
Cuadro 11	Análisis de Varianza para el peso de 100 semillas por tratamiento (g)	43
Cuadro 12	Duncan al 5% para los promedios del peso de 100 semillas (g)	43
Cuadro 13	Análisis de Varianza para el Rendimiento de grano en Kg.ha^{-1}	44
Cuadro 14	Duncan al 5% para los promedios el Rendimiento de grano en Kg.ha^{-1}	44
Cuadro 15	Valor de la regresión y coeficiente de determinación para la fijación de Carbono en Kg.ha^{-1} por unidad de tiempo	44
Cuadro 16	Valor de la regresión y coeficiente de determinación para el contenido de Materia Seca en Kg.ha^{-1} por unidad de tiempo	45
Cuadro 17	Valor de la regresión y coeficiente de determinación para el contenido de CO_2 en Kg.ha^{-1} por unidad de tiempo	46

INDICE DE GRÁFICOS

Página

Grafico 1	Distribución de frecuencias para el Contenido de Carbono en Kg.ha ⁻¹ por tratamiento estudiado	45
Grafico 2	Distribución de frecuencias para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha ⁻¹ por tratamiento estudiado	46
Grafico 3	Distribución de frecuencias para el Contenido de CO ₂ en Kg.ha ⁻¹ por tratamiento estudiado	47

I. INTRODUCCIÓN

La soya es una leguminosa anual que es tá presente en la cadena alimenticia desde hace más de 5.000 años. Por muchos años, ha sido un producto básico de la dieta asiática. Es una planta fijadora de nitrógeno gracias a la simbiosis que tiene con las bacterias del género *Rhizobium* en sus raíces, se considera como un cultivo mejorador del suelo. La cantidad de carbono fijado por la fotosíntesis es espectacular, como lo demuestran las cifras de la producción anual de materia orgánica seca, estimada en $1,55 \times 10^{11}$ toneladas, con aproximadamente 60% formada en la tierra, el resto en océanos y aguas continentales.

Una alternativa que reduciría la cantidad de anhídrido carbónico atmosférico sería capturando el CO₂ al plantar bosques que actúen como sumideros de CO₂ reduciendo las concentraciones de éste gas mediante su fijación en la fotosíntesis y su conversión en materia orgánica.

Actualmente, este mismo producto ha sido modernizado tecnológicamente de diversas formas para atraer a los consumidores interesados en la salud. Las plantas capturan el dióxido de carbono de la atmósfera y de los océanos, fijándolo en compuestos orgánicos (son consumidoras de CO₂). Las plantas producen también CO₂ mediante la respiración, el cual es rápidamente usado por la fotosíntesis. Las plantas convierten la energía del sol en energía química, almacenada en los enlaces C-C, de los compuestos orgánicos. La vida en la tierra depende fundamentalmente de la energía solar, la cual es atrapada mediante el proceso fotosintético, que es responsable de la producción de toda la materia orgánica que conocemos.

El carbono es elemento básico en la formación de las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, pues todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbonos enlazados entre sí.

II. OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de la fertilización con humus de lombriz para la fijación de CO₂ en el cultivo de soya (*Glicine max* L.).
- Determinar la curva de fijación de CO₂ y el punto máximo de producción de biomasa en el cultivo de soya (*Glicine max* L.).

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Del cultivo de la soja (*Glycine max* L.)

3.1.1. Taxonomía de la soja

Clase	:	Dicotiledonea
Orden	:	Rosales
Familia	:	Fabaceae (Leguminosae)
Sub familia	:	Papilionidae
Género	:	<i>Glycine</i>
Especie	:	<i>Glycine max.</i>

Fuente: Gonzales, 2008

3.1.2 Origen

Gonzales (2008), menciona que la soja es nativa del norte y centro de China, aproximadamente en el siglo XI AC. En América fue introducida por Estados Unidos en 1765, sin embargo su gran expansión se inicio en 1840. En Brasil fue introducida en 1882, pero su difusión se produjo a principios del siglo XX.

3.1.3 Morfología

Guerrero (1987), refiere que como leguminosa, la soya tiene las siguientes características:

- a) **Planta:** Herbácea anual, cuyo ciclo vegetativo oscila de tres a siete meses y de 40 a 100 cm de envergadura. Las hojas, los tallos y las vainas son pubescentes, variando el color de los pelos de rubio a pardo más o menos grisáceo.

- b) **Tallo:** Rígido y erecto, adquiere alturas variables, de 0,4 a 1,5 metros, según variedades y condiciones de cultivo. Suele ser ramificado. Tiene tendencia a encamarse, aunque existen variedades resistentes al vuelco.
- c) **Sistema radicular:** La raíz principal puede alcanzar hasta un metro de profundidad, aunque lo normal es que no sobrepase los 40-50 cm. En la raíz principal o en las secundarias se encuentran los nódulos, en número variable.
- d) **Hojas:** Son alternas, compuestas, excepto las basales, que son simples. Son trifoliadas, con los folíolos oval-lanceolados. Color verde característico que se torna amarillo en la madurez, quedando las plantas sin hojas.
- e) **Flores:** Se encuentran en inflorescencias racimosas axilares en número variable. Son amariposadas y de color blanquecino o púrpura, según la variedad.
- f) **Fruto:** Es una vaina dehiscente por ambas suturas. La longitud de la vaina es de dos a siete centímetros. Cada fruto contiene de tres a cuatro semillas.
- g) **Semilla:** La semilla generalmente es esférica, del tamaño de un guisante y de color amarillo. Su tamaño es mediano (100 semillas pesan de 5 a 40 gramos, aunque en las variedades comerciales oscila de 10 a 20 gramos).

A. Otros reportes sobre morfología y comportamiento del cultivo

Mateo (1991), menciona que la germinación ocurre entre cuatro a seis días después de la siembra, siendo susceptible al fotoperíodo, determinando la adaptación y la maduración de las variedades comerciales.

Casini (1997), menciona que la calidad de la semilla es uno de los requerimientos esenciales para lograr una buena implantación del cultivo. La misma no es fácilmente cuantificable en el rendimiento final del cultivo debido a los factores agronómicos, ambientales y patológicos involucrados que pueden afectar la germinación, así como la emergencia, el vigor y el desarrollo de las plántulas.

Pandey (1990), menciona que la aparición de la primera flor en la soya depende de la variedad, la duración del día y la temperatura. Camarena y Montalvo (1994), sostiene que las variedades precoces florecen entre los 25 a 30 días después de la siembra. Gispert (1990), menciona que las variaciones de altura de inserción a la primera vaina pueden atribuirse a condiciones genéticas del cultivo.

López (2003), afirma que el componente de rendimiento asociado en respuesta al déficit hídrico, varía con el estado de crecimiento; el número de granos y vainas es afectado por el estrés durante la floración y el estado precoz de llenado de vaina; además el tamaño de la semilla es afectado por estrés durante el llenado de grano. Así mismo menciona que las diferencias es una muestra, es debido a que el número de granos por vaina es una característica regida por genes, la cual se manifiesta de diferente modo según las condiciones del medio ambiente y la latitud donde se siembra.

Cregan y Hartwig (1984), el fotoperíodo o duración de la luz solar determina el número de días de la emergencia a la floración en muchas especies

vegetales. Este factor ambiental influye en el desarrollo de la soya desde el momento de la emergencia hasta el período de liberación del polen y es determinante en la adaptación de los cultivares de esta especie a las diferentes latitudes. Esto representa una seria limitante para la explotación comercial exitosa de la soya en áreas bajo condiciones de fotoperíodo corto.

3.1.4 Condiciones edafoclimáticas

La Dirección general de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería – Costa Rica (1991), menciona que actualmente toda la producción comercial de soya en el país, depende del agua de lluvia. Se considera que entre 400 a 600 mm de agua bien distribuida durante el ciclo del cultivo es suficiente. Es conveniente contar con riego suplementario por si se presenta una época seca durante el período de llenado de grano (entre 60 a 80 días después de la siembra) para realizar uno o dos riegos auxiliares. Los rendimientos máximos de este cultivo se alcanzan cuando las temperaturas diurnas son de 25 a 30 °C y las nocturnas entre 18 a 25 °C. Por lo que se recomiendan que los suelos sean preferiblemente profundos, con pH entre 5,7 a 6,5; fértiles; con no menos de 1,5 % ni más de 4 % de materia orgánica; planos o ligeramente ondulados; entre livianos a ligeramente pesados (no más de 40 % de arcilla) y con excelentes características de drenaje.

Mateo (1991), menciona que se puede cultivar en una amplia variedad de condiciones de temperatura, de suelos, inclusive en los de baja fertilidad, prefiriéndose los de textura ligera a los demasiados compactos, además la producción comercial depende de las lluvias. Maldonado (1988), menciona

que la precipitación adecuada para el cultivo de soja (*Glycine max* (L) Marri), es de 500 a 700 mm durante su ciclo o 1500 mm / año. Requiere luz de 12 horas diarias y temperaturas de 20 a 30°C con un promedio de 25°C.

3.2 Manejo del cultivo de soja

Biblioteca de la Agricultura (1997), manifiesta que la soja se propaga por semillas. El suelo para la siembra debe estar nivelado y bien mullido. La siembra a máquina se efectúa en líneas simples situadas encima y al centro de cada camellón y distanciadas, entre 60 y 70 cm. Se emplea de 60-80 kilos de semilla por hectárea, pero luego se realiza el raleo. El período vegetativo es de 95 a 125 días. Sin embargo cuando la siembra es manual es de 1.20 m. colocando 5 semillas por golpe, siendo el distanciamiento entre golpes de 20 cm. y ubicados en ambas costillas de un mismo surco. Luego del raleo se deja una planta cada 10-15 cm. En relación al abonamiento, la soja por ser una planta que sintetiza nutrimentos complejos, necesita cultivarse en terrenos fértiles bien provistos de nitrógeno, fósforo, potasa y calcáreo. Los requerimientos de agua son mayores durante la floración y formación de vainas y semillas. En la costa se recomienda regar cada 15 días.

Asociación Participación para el Desarrollo (2004), menciona que la cosecha se realiza antes de que comiencen a abrirse las vainas. En el Perú se hace generalmente a mano, cortando las plantas en el campo hasta que se sequen y el contenido de humedad del grano sea del 14% en el caso que sea usada para semilla y de 12% si es para industria. La cosecha se realiza todo el año pero el 59% se realiza entre noviembre y enero. Luego de la cosecha, viene la

fase de trilla, la cual se efectúa con las mismas máquinas combinadas que se usan para el trigo, cebada o arroz.

3.3 Investigaciones realizadas en variedades y cultivares de soya

a. Diferencias de características agronómicas

San Fernando S.A. (2002), reporta que en el distrito de Buenos Aires, provincia de Picota, departamento de San Martín, obtuvo que la variedad V26 tardó 130 días en madurar y fue la que se comportó como la más tardía, mientras que la variedad V54 con 81 días en promedio fue la más precoz; esto podría ser por motivo de que en la zona de este distrito las precipitaciones fueron más escasas, y además por que el pH del suelo, es altamente alcalino.

Camarena y Montalvo (1994), sostienen que las variedades precoces maduran entre los 75 y 90 días después de la siembra y no alcanzan buen desarrollo vegetativo, por lo que sus rendimientos son bajos.

López (2003), la variación en la maduración del ciclo vegetativo de variedades de soya, tiene su explicación en la sensibilidad que presentan las plantas al reaccionar según las condiciones de fotoperíodo y este está ligado a la latitud, según el lugar de siembra. Zegarra (2003), menciona que el número de ramas reproductivas en la variedad IAC – 8 fue de 7,74 en promedio, y que la de menor número de ramas fue la variedad EMGOPA – 308 con 4,22 en promedio. El mismo autor reporta que las variedades que sobresalieron en número de vainas por planta fueron

OCEPAR – 9, CRISTALINA – T y CRISTALINA con 82,63; 80,28 y 79,03 vainas por planta respectivamente, atribuyéndose esta característica a aspectos genéticos restringida por el lugar o medio incidiendo en el rendimiento. También menciona que la variedad EMGOPA – 308 tuvo el mayor número de granos por vaina que fue de 2,5 como promedio.

b. Resistencia al acame

Zegarra (2003), sostiene que el volcamiento acame, en el cultivo de soya, no sucede debido a que las plantas alcanzan mayor diámetro de tallo y así mismo mayor área radicular. López (2003), menciona que para la resistencia al acame en el cultivo de soya, la practica más común es seleccionar entre genotipos indeterminados del grupo de madurez IV o más precoces para las altitudes norte y entre genotipos determinados del grupo de madurez V o más tardíos para las latitudes sur.

c. Dehiscencia

Zegarra (2003), menciona que en trabajos de investigación en la localidad de Caspizapa, provincia de Picota (San Martín – Perú), la variedad de soya IAC – 8 obtuvo el primer lugar en cuanto a dehiscencia de vainas, ocupando la escala 1,75.

d. Rendimientos

San Fernando S.A. (2003), reporta que en el distrito de Buenos Aires, provincia de Picota y Departamento de San Martín; obtuvo en una área de 12 m² del cultivo de soya 3.92 Kg con la variedad V26. López (2003),

menciona que un déficit hídrico de 10 días en el periodo de R1 a R6 reduce el rendimiento en el 30%, si el tiempo de limitación hídrica es de 20 días el rendimiento disminuye el 50%. El mismo autor añade que un déficit de humedad durante el periodo de llenado de vainas es más perjudicial para la producción que el déficit durante la floración.

Ushiñahua (1999), da a conocer resultados de trabajos de investigación de dos líneas promisorias en la Estación Experimental el Porvenir, en el distrito de Juan Guerra (Tarapoto); donde el de mayor rendimiento fue de la línea Total I con 4,0 Tm/ha, seguida de Cristalina con 3,85 Tm/ha. El mismo autor reporta resultados de rendimiento de las mismas líneas, en la localidad de Bellavista de 3,50 tm/ha para Cristalina y 2,64 Tm/ha para la línea Total I.

Díaz (2004), realizó una prueba regional de veinte (20), variedades promisorias de soya en el Huallaga central del departamento de San Martín. Las variedades en estudio fueron de la Universidad Federal de Visosa Brasil donde la V26 mostró mayor porcentaje de emergencia de 83%. Mayor número de vainas con las variedades V24 y V33, con 139,6 y 132,1 vainas, atribuyéndose a su genética y al medio en que se cultivaron. Según los análisis económicos la variedad V26 tuvo mayor beneficio económico de 3,48, puesto que los rendimientos fueron sobresalientes (6 107,9 Kg /Ha).

3.4 La Fotosíntesis

La fotosíntesis es un proceso complejo por el cual las plantas capturan la energía luminosa del sol y la transforman en energía química. Es el mecanismo a través del cual ingresa toda la energía requerida en los sistemas vivos del planeta. El proceso fotosintético se representa con la siguiente ecuación química:



Las características del H_2O y del CO_2 , como materia prima de esta reacción, son de particular importancia en el proceso fotosintético. Ambos compuestos abundan en la naturaleza y están presentes, en grandes cantidades, en la mayoría de los hábitats. Las plantas pueden obtenerlas sin gasto de energía, pues dichas sustancias se difunden hacia ellas desde el aire, el suelo y el agua (Hernández, 2001).

Todos los resultados experimentales demuestran que un aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera induce un incremento de la biomasa o de la red primaria de producción por medio de la fertilización con carbono, con un papel muy importante sobre la fotosíntesis y el crecimiento de las plantas. La ganancia en la fijación de CO_2 podría ser importante. El incremento en la productividad medido a causa de la duplicación de la concentración del CO_2 , predicha para el año 2100 es de cerca del 30 por ciento para las plantas C_3 . Otro efecto importante del aumento del CO_2 es la disminución de la transpiración de las plantas a través de los estomas lo cual redundará en una mayor eficiencia en el uso del agua, sobre todo en las plantas C_4 . En lo que

se refiere al agua, hay un efecto neto favorable del CO₂ sobre la reducción de la transpiración de las plantas (Robert, 1991).

3.5 Ciclo del carbono

La atmósfera que rodea el globo terráqueo suministra el CO₂ a las plantas y el oxígeno a todos los organismos vivos. La atmósfera primitiva contenía grandes cantidades de dióxido de carbono, amonio, y metano, en otras palabras era fuertemente anóxica (carente de O₂). Actualmente, los componentes principales de la troposfera son: 78 Vol. % nitrógeno; 21 Vol. % oxígeno; 0,95 Vol. % gases raros y 0,035 Vol. % anhídrido carbónico. Las plantas capturan el dióxido de carbono de la atmósfera y de los océanos, fijándolo en compuestos orgánicos (son consumidoras de CO₂). Las plantas producen también CO₂ mediante la respiración, el cual es rápidamente usado por la fotosíntesis. Las plantas convierten la energía del sol en energía química, almacenada en los enlaces C-C, de los compuestos orgánicos. Los animales liberan CO₂ como producto final de la respiración, en la que se degradan carbohidratos sintetizados en la fotosíntesis. El balance entre el CO₂ fijado y el CO₂ producido es mantenido por la formación de carbonatos en los océanos. Lo que remueve el exceso de CO₂ del aire y del agua que están en equilibrio en relación al CO₂ (Buyanovski y Wagner, 1998).

Desde mediados del siglo XVIII, el contenido del CO₂ atmosférico ha ido aumentando, primero lentamente, pero desde mediados del siglo XX el incremento ha sido rápido (en promedio de 1,3 µl x L⁻¹ por año). Durante ese lapso de tiempo se han destruido extensas regiones boscosas tanto en

Norteamérica, como en las regiones tropicales de la tierra, dando paso a grandes urbes humanas. Así mismo, se han quemado cantidades apreciables de madera, de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo (Buyanovski y Wagner, 1998).

Las actividades industriales, así como las guerras han destruido enormes cantidades de materia orgánica. Todos estos acontecimientos han reducido las reservas de carbono en la biomasa y el suelo; y han incorporado cantidades excesivas de CO₂ a la atmósfera. El dióxido de carbono en la atmósfera, al lado del vapor de agua, metano, ozono y óxido de nitrógeno (N₂O), ejercen una influencia negativa en el clima, produciendo un calentamiento global de la atmósfera, que se conoce como efecto invernadero. Así mismo, como resultado de la actividad humana se han agregado a la atmósfera, hidrocarburos halogenados (cloro-fluoro-carbonos) y otros gases en pequeñas cantidades, que destruyen la capa de ozono, que protegen a los seres vivos de los efectos dañinos de la radiación ultravioleta (Buyanovski y Wagner, 1998).

Como resultado de la combustión de los vehículos automotores, se liberan a la atmósfera dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y CO₂, que al combinarse con el vapor de agua de la atmósfera, generan ácidos, que al ser lavados por las aguas de lluvia, nieve producen las lluvias ácidas o precipitaciones ácidas, con valores de pH que están entre 3 y 4. Esta lluvia es causante de grandes daños a los bosques cercanos a áreas industrializadas y de enfermedades crónicas de la vegetación. Los daños antropogénicos a los bosques son el

resultado de la actividad contaminante de los seres humanos (Buyanovski y Wagner, 1998).

La lluvia ácida produce alteraciones en los suelos y en las aguas, afectando la microflora, la macro y micro fauna; así como los procesos de nitrificación y disponibilidad de cationes básicos. Al lado del efecto tóxico de sus componentes químicos, el depósito de lluvia ácida, puede causar efectos directos a los órganos fotosintéticos, tales como necrosis de los bordes foliares, destrucción de la cutícula, y de las ceras cuticulares de las acículas de las coníferas (Buyanovski y Wagner, 1998).

Una alternativa que reduciría la cantidad de anhídrido carbónico atmosférico sería capturando el CO₂ al plantar bosques que actúen como sumideros de CO₂ reduciendo las concentraciones de éste gas mediante su fijación en la fotosíntesis y su conversión en materia orgánica. El problema del calentamiento global de la atmósfera puede producir que se derritan los casquetes polares de Groenlandia y del polo sur, elevando el nivel del mar a una altura hasta de 120 metros. Los cambios en temperatura y en el nivel de los mares, podrá afectar el clima, alterando la producción de cultivos alimenticios, así como los regímenes de lluvias, ocasionando inundaciones, pérdida de vidas humanas, de cultivos agrícolas y dejando grandes masas de población desamparadas y sin hogares (Buyanovski y WAgner, 1998).

3.6 Síntesis de biomasa

Los procesos metabólicos responsables de la síntesis de los diferentes constituyentes de la materia seca son fundamentalmente la fotosíntesis y la respiración. La fotosíntesis es el proceso mediante el cual la energía luminosa es transformada en energía química. Esto ocurre en los cloroplastos y para lo cual el vegetal debe absorber desde el medio la radiación y el CO₂. La radiación solar que llega a nivel de un cultivo, puede ser reflejada, transmitida al suelo (lo que produce calentamiento del suelo) o absorbida por las plantas. De la radiación absorbida, una parte va a ser atrapada como energía de enlaces químicos y otra parte va a ser transformada en calor. Ésta última es la responsable del calentamiento de las hojas (Pinto, 1994).

La transformación de la energía radiante en energía química, se efectúa en los cloroplastos mediante la participación de las reacciones fotoquímicas. A partir de estas reacciones se genera el ATP y el NADPH₂ necesarios para la reducción del CO₂ atmosférico en glucosa. Esta glucosa constituirá el substrato orgánico que es el origen de toda síntesis en la planta.

Otro factor importante en la producción de biomasa es el inorgánico, formado por las sales minerales contenidas en la solución suelo, especialmente nitratos y absorbidas por las raíces. La suma del substrato orgánico más el mineral, dará el substrato total, el que será utilizado por el vegetal para realizar la síntesis de los distintos compuestos de la biomasa. La transformación de este substrato en compuestos tales como proteínas, hidratos de carbono, lípidos, ácidos orgánicos, etc. Se efectuará por

intermedio del metabolismo respiratorio. La respiración, a partir del sustrato total, será entonces el mecanismo responsable de proporcionar el esqueleto de los nuevos compuestos (cadenas carbonadas), y la energía necesaria (ATP y NADPH₂) para el ensamble (parte aérea y raíces). Para el funcionamiento de la respiración la planta necesita absorber el O₂ de la atmósfera (o del suelo en el caso de la respiración radicular) y al mismo tiempo desprender CO₂. Este intercambio de gases se efectúa por las estomas. De la energía generada por la respiración, una gran parte después de participar en la síntesis, va a perderse como calor y por lo tanto, contribuir al calentamiento foliar. Mientras otra parte va a quedar atrapada en la biomasa. Las reservas, por lo general constituidas por hidratos de carbono, pueden ser recicladas por la respiración para sustentar la síntesis de otros compuestos en caso que la síntesis de sustrato orgánico (glucosa) sea deficiente (Pinto, 1994).

3.6.1. Factores que intervienen en la síntesis de biomasa

La necesidad de contar con un material vegetal, capaz de generar un producto útil y en forma eficiente. El producto lo va a sintetizar por intermedio de sus mecanismos metabólicos (determinados genéticamente) a partir de un sustrato carbonado (CO₂) y de la energía luminosa.

Factores como la radiación, la concentración de CO₂ en la atmósfera, la temperatura, el agua, los minerales, etc. Son importantes en la determinación de la productividad vegetal y, por lo tanto, influyen directamente sobre los rendimientos. Sin embargo, toda intervención humana en modificar cualquiera

de estos factores implica un aporte extra de energía solar almacenada en la cosecha. Así, en una agricultura moderna siempre se debe considerar la relación energía cosechada/ energía consumida (labores e insumos), especialmente en la actualidad donde gran parte de los insumos agrícolas (fertilizantes, pesticida, etc.) poseen un alto costo energético. Los factores presentes en el medio ambiente que influyen en la productividad vegetal son de tipo atmosférico y edáfico (Pinto, 1994).

3.6.1.1 Factores atmosféricos

- La radiación, que viene completamente del sol bajo forma de ondas electromagnéticas.
- El agua, determinada por las precipitaciones y relaciones de manera directa con la humedad del ambiente y la presión de vapor.
- El CO₂, cuya concentración en la atmósfera es de alrededor de 350 ppm. Según el Boletín de la Organización Meteorológica Mundial - OMM (2013) sobre los Gases de Efecto Invernadero, la cantidad de CO₂ en la atmósfera a escala mundial alcanzó 393,1 partes por millón en 2012.
 - El O₂, cuya concentración es de alrededor de 20%.
 - La temperatura ambiente.
 - El viento, de cuya velocidad depende en gran medida el intercambio gaseoso de los cultivos.

3.6.1.2 Factores edáficos

- La temperatura del suelo, dada por la cantidad de radiación solar que llega a la superficie a través del cultivo.
- El agua, dada por las precipitaciones.
- El oxígeno, necesario para la respiración de las raíces.
- Los minerales necesarios en la síntesis de la biomasa (Pinto, 1994).

3.7 Humus de lombriz

La palabra humus se remonta a varios cientos de años antes de Cristo. Se le designa su uso a la civilización Griega, y su significado etimológico en griego antiguo es Cimiento.

Para ellos, humus era el material de coloración oscura, que resultaba de la descomposición de los tejidos vegetales y animales que se encontraban en contacto con el suelo, al mismo que le atribuían gran importancia desde el punto de vista de la fertilidad. El humus de lombriz es la deyección de la lombriz. "La acción de las lombrices da al fundamento un valor agregado", así se lo valora como un abono completo y eficaz para mejorar los suelos. El lombrí compuesto tiene un aspecto terroso, suave e inodoro, de esta manera facilita su manipulación. Se dice que el humus de lombriz es uno de los fertilizantes completos, porque aporta todos los nutrientes para la dieta de la planta, de los cuales carecen muy frecuentemente los fertilizantes químicos (Suquilanda, 1997).

El humus contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero éstos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho. El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones de grano seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y nematodos sobre todo, para el cual está especialmente indicado. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas. Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compactación natural o artificial, su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica, neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas) debido a su capacidad de absorción. El humus de lombriz evita y combate la clorosis férrica, facilita la eficacia del trabajo mecánico en el campo, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas. La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. (<http://www.peruecologico.com>)

3.7.1 Lombricompuesto, Vermicompost o humus de lombriz

Novak (1990), menciona que el lombricompuesto es un fertilizante orgánico, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da lugar a fermentación o putrefacción. Su elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, proporciona una rápida asimilación por las raíces de las plantas. Produce un aumento del porte de las plantas, árboles y arbustos y protege de enfermedades y cambios bruscos de humedad y temperatura durante el

trasplante de los mismos. El humus de lombriz es de color negruzco, granuloso, homogéneo y con un olor agradable a mantillo de bosque. La lombriz recicla en su aparato digestivo toda la materia orgánica, comida y fecada, por otras lombrices. El humus contiene un elevado porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; pero éstos no se producen por el proceso digestivo de la lombriz sino por toda la actividad microbiana que ocurre durante el periodo de reposo dentro del lecho.

El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones de grano seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y nematodos sobre todo, para el cual está especialmente indicado. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas. El humus de lombriz es un fertilizante de primer orden, protege al suelo de la erosión, siendo un mejorador de las características físico-químicas del suelo, de su estructura (haciéndola más permeable al agua y al aire), aumentando la retención hídrica, regulando el incremento y la actividad de los nitritos del suelo, y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas de forma equilibrada (nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro). Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compactación natural o artificial, su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica, neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas) debido a su capacidad de absorción (Novak, 1990).

El humus de lombriz evita y combate la clorosis férrica, facilita la eficacia del trabajo mecánico en el campo, aumenta la resistencia a las heladas y favorece la formación de micorrizas. La actividad residual del humus de lombriz se mantiene en el suelo hasta cinco años. Al tener un pH neutro no presenta problemas de dosificación ni de fitotoxicidad, aún en aquellos casos en que se utiliza puro. El humus de lombriz se aplica en primavera y otoño, extendiéndose sobre la superficie del terreno, regando posteriormente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente al suelo. (Novak, 1990). No debe enterrarse, pues sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la siembra favorece el desarrollo radicular, por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra, disminuye la frecuencia de riego. El humus de lombriz puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, pero es necesario mantenerlas bajo condiciones óptimas de humedad (40%) (Novak, 1990).

En la siguiente tabla se muestra la composición del humus de lombriz:

Humedad	30-60%
Ph	6.8-7.2
Nitrógeno	1-2.6%
Fósforo	2-8%
Potasio	1-2.5%
Calcio	2-8%
Magnesio	1-2.5%
Materia orgánica	30-70%
Carbono orgánico	14-30%
Ácidos fúlvicos	14-30%
Ácidos húmicos	2.8-5.8%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10-11%

Fuente: Novak, 1990.

3.7.2 Funciones del humus en el suelo

La función física, que se trata primordialmente, es una acción fundamental sobre la estructura y la constitución de agregados estables en los que el humus interviene como cementante. Un 1% de ácido húmico tiene, a este respecto, la misma eficacia que un 11% de arcilla, además el humus asegura, una protección del coloide arcilloso contra una eventual dispersión. A estas funciones fundamentales se añaden:

- Incremento de la capacidad de retención del agua. Aumento de la temperatura del suelo. La función química, influencia esencial del complejo arcillo húmico sobre la fijación de cationes, de NH_3 y de fosfatos.
- El humus constituye una fuente de energía (carbono) esencial para la actividad de numerosos microorganismos del suelo. Finalmente, es la base para la producción del CO_2 , que actúa muy enérgicamente en la solubilización de los elementos fertilizantes.
- Debido a estas múltiples funciones, el humus constituye, casi siempre, el factor determinante de la fertilidad de los suelos. Un suelo ideal debería contener al menos del 2 al 2,5% de humus (es decir, 5% de materia orgánica seca con un nivel de humidificación del 40%). Esta proporción debe ser sensiblemente más alta en suelos arcillosos o arenosos para asegurar una estructura conveniente y un poder absorbente normal. Se estima que se debe tender a establecer un porcentaje del orden del 3%

para tener un adecuado nivel de seguridad en las buenas tierras agrícolas (Guerrero, 1987).

- El humus es un producto vivo y por ello necesita de un periodo de colonización por parte de los microorganismos para que sus efectos sean visibles. Sin embargo, no necesita de aplicaciones periódicas, sino aquellas que por un análisis de suelo nos indique la necesidad de aplicación. Generalmente se aplica los dos primeros años y puede pasar un periodo de dos a tres años sin ninguna aplicación. En suma hemos visto que no es caro, mejora la sanidad del cultivo, es de fácil aplicación, provee drenaje, aireación, materia orgánica y millones de microorganismos (Sánchez, 2007).

Hickman (2006); refiere que las más importantes son: Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos; su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años; Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo; mejora la estructura del suelo, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada; fertilizante biorgánico activo, debido a que emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos; pH neutro, se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas.

3.7.3 La Lombricultura

La lombricultura es una biotecnología que utiliza, a una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz. Se trata de una interesante actividad zootécnica, que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola. La lombricultura es un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales. (<http://www.peruecologico.com>)

3.7.4 Componentes del Humus de Lombriz

Cuadro 3: Componentes del humus de lombriz

COMPONENTES	VALORES MEDIOS
Nitrógeno	1.95 - 2.2%
Fósforo	0.23 - 1.8%
Potasio	1.07 - 1.5%
Calcio	2.70 - 4.8%
Magnesio	0.3 - 0.81%
Hierro disponible	75 mg/l
Cobre	89 mg/kg
Zinc	125 mg/kg
Manganeso	455 mg/kg
Boro	57.8 mg/kg
Carbono Orgánico	22.53 %
C/N	11.55 %
Ácidos Húmicos	2.57 g Eq/100g
Hongos	1500 c/g
Levaduras	10 c/g
Actinomicetos total	170.000.000 c/g
Act. Quitinasa	100 c/g
Bacterias aeróbicas	460.000.000 c/g
Bact. Anaeróbicas	450.000 c/g
Relación aer/anaerob.	1.:1000

Fuente: Centro de Investigación y Desarrollo. Lombricultura S.C.I.C.
Indicado por Piñuela, 2007

Como podemos ver en la tabla se especifica los componentes y las cantidades de cada producto. El humus de lombriz tiene un pH entre 7 y 7,5 de nivel lo cual lo hace neutro. Podemos también mencionar que la cantidad orgánica del lombricompuesto tiene el 60% de materia orgánica. Tiene una

flora microbiana de veinte mil millones por gramo de peso seco. (<http://www.peruecologico.com>).

3.8 El carbono

Los flujos entre el carbono orgánico del suelo o terrestre y la atmósfera son importantes y pueden ser positivos bajo la forma de captura o negativos como emisión de CO₂.

Históricamente se han notado grandes variaciones, Houghton (1995), estima que las emisiones correspondientes al cambio de uso de la tierra de deforestación e incremento del pastoreo y de las tierras cultivadas, fueron cerca de 140 Pg entre 1850 y 1990 (de 0,4 Pg/año en 1850 a 1,7 Pg/año en 1990), con una liberación neta hacia la atmósfera de 25 Pg de carbono. De acuerdo con IPCC (2001), la pérdida histórica de los suelos agrícolas fue de 50 Pg de carbono en el último medio siglo, lo cual representa un tercio de la pérdida total del suelo y la vegetación. En el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera, pero hoy día, los mayores contribuyentes son la combustión de los combustibles fósiles por parte de la industria y el transporte (6,5 Pg/año). Un hecho importante, es que mientras la deforestación de muchas áreas tropicales produce emisiones de carbono estimadas en 1,5 Pg/año, al mismo tiempo se produce una acumulación en los ecosistemas terrestres de 1,8 a 2 Pg/año.

3.8.1 La Captura de carbono

El concepto de captura de carbono normalmente se relaciona a la idea de almacenar reservas de carbono en suelos, bosque y otros tipos de vegetación, donde dichas reservas están en peligro inminente de ser perdidas. También se promueve el incremento de las reservas de carbono por el establecimiento de nuevas plantaciones forestales. Conservación, reforestación y un manejo optimizado de la administración de bosques son los principales métodos mediante los cuales el carbono atmosférico puede ser capturado. En teoría, el efecto de la captura de carbono por procesos de forestación puede ser cuantificado estimado el almacenamiento de carbono en la biomasa de la tierra y los productos de madera (UNEP, 1992).

3.8.2. Carbono almacenado

El concepto de carbono almacenado, se relaciona a la capacidad de bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad afectada por las condiciones de suelo y clima. Los árboles tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera basado en el hecho de que la fotosíntesis absorbe el dióxido de carbono, que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento, estimándose que una hectárea de plantación arbórea puede absorber alrededor de 10 TM de carbono de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar. Se asume que el 45 % de la biomasa vegetal total es de carbono. Por lo tanto en los bosques existe acumulación de carbono que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar entre 150 y 382 TM/Ha, por lo tanto la capacidad

máxima de carbono almacenado varía entre 67.5 a 171 TM/Ha (Woods, 1998).

3.8.3 Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono

La captura de carbono y el aumento de la materia orgánica del suelo tendrán un impacto directo sobre la calidad y la fertilidad de los suelos. Habrá también efectos positivos importantes sobre el ambiente, resiliencia y la sostenibilidad de la agricultura.

Calidad y fertilidad del suelo

Como se mencionó anteriormente, la materia orgánica del suelo tiene funciones esenciales desde el punto de vista biológico, físico y químico del suelo. El contenido de materia orgánica es generalmente considerado como uno de los indicadores primarios de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas como ambientales (FAO, 2005). En relación a las propiedades físicas, la materia orgánica y los organismos vivos asociados a la misma juegan un papel principal en la agregación del suelo en diferentes escalas de su organización. Tisdall y Oades (1982); Robert y Cheng (1991), tanto a micro como a macronivel. La agregación y los procesos de captura de carbono están estrechamente asociados (Angers y Chenu, 1998). Muchas propiedades dependen de la estructura del suelo y de su estabilidad, de la retención de agua y su liberación para las plantas, de la tasa de infiltración y de la resiliencia de la erosión y de otros procesos físicos de degradación. En el caso de la erosión, se ha establecido una correlación entre la disminución histórica de la materia orgánica del suelo y el desarrollo de la erosión. Todos

los tipos de manejo de los cultivos que capturan carbono favorecen la cobertura del suelo y limitan la labranza y de este modo previenen la erosión.

Impactos ambientales

La captura de carbono en los suelos agrícolas se contrapone al proceso de desertificación por medio del papel que juega el incremento de la materia orgánica sobre la estabilidad de la estructura, resistencia a la erosión hídrica y eólica; y a la retención de agua, al aspecto esencial de la cobertura de la superficie del suelo directamente por las plantas o por los residuos de las plantas o cobertura muerta, para prevenir la erosión e incrementar la conservación del agua (FAO, 2005). La materia orgánica, al incrementar la calidad del suelo, también tiene una función protectora al fijar los contaminantes ya sean orgánicos como los pesticidas o minerales como los metales pesados o el aluminio los cuales, en general, disminuyen en su toxicidad (FAO, 2005).

3.9. Resultados de investigaciones con abonos orgánicos y químicos

3.9.1. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) EN PLANTAS DE MAÍZ (*Zea mays* L). (Matheus *et al.*, 2007).

Con el fin de evaluar el efecto residual de tres abonos orgánicos (vermicompost, biofertilizante y fertiagro) se realizó un ensayo en macetas en el vivero del Núcleo Universitario Rafael Rangel Trujillo, en el cual se utilizó suelo procedente de la Operadora Agrícola NURR (antigua Finca el Reto). Fue establecido bajo un modelo estadístico completamente aleatorizado, que

constó de ocho tratamientos: fertilización química convencional, Vermicompost 2 Mg.ha⁻¹, biofertilizante 5 Mg.ha⁻¹, fertiagro 3 Mg.ha⁻¹, ½ dosis de fertilizante químico + 1 Mg.ha⁻¹ de Vermicompost, ½ dosis de fertilizante químico + 2,5 Mg.ha⁻¹ de biofertilizante; ½ dosis de fertilizante químico + 1,5 Mg.ha⁻¹ de fertiagro y un testigo sin fertilizante con cuatro réplicas de cada tratamiento utilizando como planta indicadora un híbrido de maíz (Sefloarca 91). 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; los resultados indicaron que el crecimiento de las plantas alcanzó hasta el tercer ciclo (63 días) en los cuales se registró la mayor cantidad de biomasa; a partir de allí, la producción disminuyó en forma progresiva y cada vez más acentuada. Esto resultados obtenidos mostraron 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 (63 días) evidenciando su mayor acción residual.

3.9.2. Fertilización con fósforo y con potasio en soya en la Zona Norte-Integrada de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (Quevedo, 2005).

La fertilización de la soya es una práctica cada vez más difundida en Santa Cruz de la Sierra (Bolivia). El continuo proceso de deterioro en la fertilidad de los suelos ha provocado la aparición de respuestas a la fertilización con

fósforo (P) y con potasio (K) en varias propiedades del departamento. Adicionalmente, muchos campos se encuentran en monocultivo, por lo que la única vía de reposición de nutrientes es la fertilización de la soja. En las condiciones de este estudio se ha descrito la conveniencia de fertilización fosfatada para alcanzar altos rendimientos de soja en el zona de Aguáis (Bolivia). Los rendimientos máximos se alcanzaron con la dosis máxima evaluada de 45 kg/ha de P_2O_5 , y se estimó una dosis de 43 kg/ha de P_2O_5 para el rendimiento máximo económico. No obstante, este estudio no es conclusivo, en particular con referencia a los niveles de fertilización requeridos para maximizar los rendimientos, y sería conveniente su repetición en diferentes condiciones ambientales (varias campañas), para un mejor y conclusivo ajuste de la respuesta del cultivo al P. La respuesta a K debe ser evaluada bajo otras condiciones de disponibilidad en el suelo en otros ambientes.

3.9.3. Soja: Efecto de los fertilizantes aplicados en la línea de siembra sobre el número de plantas y el rendimiento (Ventimiglia y Carta, 2005).

Del ensayo participaron cuatro productos comerciales, los cuales fueron aplicados con tres dosis. Cada parcela contó con 3 surcos separados a 0,70 m entre sí y 7 m de largo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. La metodología de trabajo consistió en abrir cada surco, depositar el fertilizante y, a continuación, sembrar 30 granos de soja cv. DM 4800 por metro lineal, procediéndose a tapar inmediatamente. También se fue monitoreando la disponibilidad hídrica del suelo en la línea de siembra, a medida que la siembra avanzaba. De esta manera se comenzó a sembrar con

suelo a capacidad de campo (Bloque I) y se terminó sembrando, 4 días después (Bloque IV), con un suelo con 60% de agua útil. Esto permitió evaluar, al menos en dos bloques, el efecto que tiene el nivel de humedad sobre la acción nociva del fertilizante.

Las evaluaciones consistieron en cuantificar la disminución en el número de plantas respecto al testigo no fertilizado, y el rendimiento final del grano alcanzado por cada tratamiento. Estas dos operaciones se efectuaron en la totalidad del surco central de cada tratamiento. Los fertilizantes amoniacales (fosfato mono y diamónico) fueron los que presentaron mayor efecto fitotóxico para todas las dosis evaluadas, alcanzando para el fosfato diamónico a la dosis de 90 kg/ha, una mortandad del 55% de plantas respecto al testigo. Considerando cada dosis en particular, siempre la mezcla y el superfosfato presentaron menos fitotoxicidad que las formulaciones amoniacales, no diferenciándose estadísticamente entre sí.

Cuando se compararon los diferentes niveles de humedad que presentó el suelo, la diferencia entre un buen nivel de humedad y uno menor, fue muy condicionante del número de plantas obtenidas. A excepción del superfosfato triple de calcio, para los demás fertilizantes a medida que la dosis de los mismos se incrementó también lo hizo la muerte de plantas (Figura 2). En este caso, también las mayores caídas en el número de plantas se da para los fertilizantes amoniacales y para las dosis mayores de producto comercial aplicado. Este efecto está seguramente asociado a la hidrólisis del fertilizante el cual produce una cantidad importante de amoníaco. Este al liberarse puede

resultar tóxico para las semillas que están germinando o para las plantas ya establecidas.

A nivel de rendimiento no se presentaron grandes diferencias entre los tratamientos (Figura 3). Solamente se establecieron algunas diferencias estadísticas entre el testigo y algunos tratamientos fertilizados. A nivel de valores absolutos se ve una tendencia positiva a la respuesta fosforada, y solamente se aprecia el efecto negativo que habrían causado el DAP y el MAP sobre el número de plantas, traducido en el rendimiento de grano.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales y equipos

4.1.1. Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación se realizó en el “Fundo Miraflores”, ubicado a 3.5 Km., de la ciudad de Tarapoto, sector Ahuashiyacu perteneciente al distrito de la Banda de Shilcayo.

Ubicación geográfica:

Altitud	:	426 m.s.n.m.
Latitud sur	:	6° 32'
Latitud oeste	:	76° 17' 15"
Ecosistema	:	Bosque seco tropical
Temperatura media anual	:	26° C.
Precipitación media anual	:	1 000 mm.
Época de máxima precipitación	:	Febrero a Mayo.

Ubicación Política:

Departamento	:	San Martín.
Provincia	:	San Martín.
Distrito	:	Banda de Shilcayo.
Lugar	:	Fundo Miraflores
(U.N.S.M.-T).		

4.1.2. Vías de acceso

La principal vía de acceso al Fundo Miraflores es la carretera Fernando Belaúnde Terry Km. 5.

4.2. Metodología

4.2.1. Conducción del experimento

El presente trabajo de investigación se ejecutó en 4 meses, de acuerdo a lo estipulado con el cronograma de actividades.

- **Análisis físico químico del suelo:** se realizó el análisis físico químico del suelo, tomando muestras del campo al azar.
- **Instalación de unidades experimentales.** Las parcelas experimentales fueron instaladas según lo indicado en las características del campo experimental.

4.2.2. Características del Campo Experimental

a) Área

Largo	:	18,0
Ancho	:	15,0
Área total	:	270,0 m ²
Nº de bloques	:	4
Nº de parcela por bloque	:	5

b) Bloque

Largo	:	18,0
Ancho	:	3,0

Separación entre bloques	:	1,0
Área total del bloque	:	54,0

c) Parcela

Largo	:	15,0
Ancho	:	2.8
Área total de parcela	:	42,0 m ²
Área neta experimental	:	10.5 m ²
Nº de hileras	:	9
Nº de plantas por parcela	:	99

▪ **Preparación del terreno**

Para el presente experimento se habilitará un área en el Fundo Miraflores.

4.2.3. Variables evaluadas

• **Porcentaje de germinación**

Se determinó mediante el conteo a aquellas plantas que lograron germinar por cada unidad experimental para luego obtener un promedio por tratamiento.

• **Altura de la planta a la cosecha**

Se midieron la altura en 10 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental, evaluándolas desde el cuello del tallo de la planta hasta la yema terminal, para luego obtener un promedio de altura por tratamiento.

- **Número de granos por planta**

Se registró el número de semillas por vaina y por planta del área neta experimental (1m²) de cada parcela, para luego promediarse.

- **Longitud de vainas**

Con la ayuda de una regla milimétrica se midió el tamaño de vainas por planta del área neta experimental (1m²) de cada parcela.

- **Número de vainas por planta**

Se contabilizó el número de vainas por plantas en una muestra de 10 plantas al azar por unidad experimental, para luego calcular en base a la densidad de plantas por ha

- **Peso de 100 semillas**

Se tomaron 100 semillas al azar de cada tratamiento con 4 repeticiones para proceder a pesarlas y luego obtener un promedio por tratamiento

- **Rendimiento de granos en kg/ha**

Teniendo los datos expresados en g/subparcela neta, se procedió a calcular los verdaderos rendimientos estados en Tn/ha para lo cual se utilizaron las siguientes fórmulas matemáticas:

$$R = \frac{\text{Peso en campo (Kg.)}}{\text{Área de cosecha (m}^2\text{)}} \times \frac{10\,000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ Tn}}{1\,000 \text{ Kg}} \times F.C$$

Donde:

R: Rendimiento en Tn/ha.

Peso de campo: Peso de gramos obtenidos de cada sub-parcela experimental expresados en Kg.

Área de cosecha: Espacio delimitado para la cosecha, expresados en m².

F.C: Factor de corrección que se utiliza para ajustar la humedad de campo a humedad comercial cuya fórmula es:

$$F.C = \frac{(100 - HC)}{(100 - H_{CM})}$$

Donde:

H.C. = Humedad de campo obtenida inmediatamente después de la cosecha.

H.CM. = Humedad comercial, que se ajusta para el caso de los frijoles, a 14 %.

- **Contenido de Carbono en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo**

Para la obtención de los datos de carbono en la biomasa vegetal, se obtuvo de una muestra de 10 plantas al azar por parcela o tratamiento de un surco por semana; la parte aérea y raíces, para luego determinar la materia seca o peso seco a una temperatura constante a 105 °C en la estufa y mediante la fórmula mencionada se obtuvo como resultado el contenido de carbono.

- **Contenido de Materia Seca en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo**

Se determinó el contenido de materia seca, tomando como base el peso húmedo del total de 10 plantas evaluado cada 7 días por tratamiento para luego secarlas a una temperatura en la estufa de 65 °C hasta peso constante. (Alegre, 2002).

- **Contenido de CO₂ en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo**

A partir del cálculo de C en la biomasa y utilizando la fórmula balanceada de la fotosíntesis, se calculara el contenido de los moles de CO₂ fijado teniendo en cuenta su peso molecular.

4.2.4. Diseño experimental

Se utilizó el Diseño en Bloques completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento. El procesamiento de datos se realizó utilizando el Programa estadístico SPSS 19, el cual utiliza el P-valor como comparador del F calculado teniendo valores de comparación a los niveles de confianza de 0.01 y 0.05 y la prueba de rangos múltiples de Duncan a una $P \leq 0.05$ para promedios de tratamientos.

- **Tratamientos estudiados**

Tratamientos	Clave	Descripción
1	T ₁	4 Tn.ha ⁻¹ (humus)
2	T ₂	6 Tn.ha ⁻¹ (humus)
3	T ₃	8 Tn.ha ⁻¹ (humus)
4	T ₄	NPK (75 – 60 – 30) Kg/ha
5	T ₅	0

V. RESULTADOS

5.1. Porcentaje de emergencia

Cuadro 1: Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia (datos transformados por \sqrt{x})

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	0.002	3	0.001	0.847	0.494 N.S.
Tratamientos	0.005	4	0.001	1.659	0.223 N.S.
Error	0.008	12	0.001		
Total	0.014	19			

$R^2 = 43.3\%$

CV = 3.09%

Promedio = 97.944

Cuadro 2: Duncan al 5% para los promedios del Porcentaje de emergencia

Tratamientos	Descripción	Duncan ($P \leq 0.05$)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	97.50	a
4	NPK (75 – 60 – 30)	97.75	a b
2	6 tm./ha (humus)	97.75	a b
3	8 tm./ha (humus)	97.35	a b
1	4 tm./ha (humus)	99.37	b

5.2. Altura de planta a la cosecha

Cuadro 3: Análisis de varianza para la Altura de planta a la cosecha (cm)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	0.026	3	0.009	0.013	0.998 N.S.
Tratamientos	768.937	4	192.234	304.04	0.000 **
Error	7.587	12	0.632		
Total	776.550	19			

$R^2 = 99.0\%$

CV = 1.07%

Promedio = 73.848

Cuadro 4: Duncan al 5% para los promedios de Altura de planta a la cosecha (cm)

Tratamientos	Descripción	Duncan ($P \leq 0.05$)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	63.63	a
1	4 tm./ha (humus)	71.05	b
2	6 tm./ha (humus)	74.23	c
4	NPK (75 – 60 – 30)	80.10	d
3	8 tm./ha (humus)	80.23	d

5.3. Número de granos por vaina

Cuadro 5: Análisis de varianza para el Número de granos por vaina

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	0.034	3	0.011	1.091	0.390 N.S.
Tratamientos	0.175	4	0.044	4.216	0.023 *
Error	0.124	12	0.010		
Total	0.333	19			

$R^2 = 62.7\%$

CV = 4.93%

Promedio = 2.03

Cuadro 6: Duncan al 5% para los promedios del Número de granos por vaina

Tratamientos	Descripción	Duncan ($P \leq 0.05$)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	1.88	a
4	NPK (75 – 60 – 30)	2.00	a b
3	8 tm./ha (humus)	2.05	b
2	6 tm./ha (humus)	2.06	b
1	4 tm./ha (humus)	2.16	b

5.4. Número de vainas por planta

Cuadro 7: Análisis de varianza para el Número de vainas por planta

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	36.150	3	12.050	2.601	0.100 N.S.
Tratamientos	1595.200	4	398.800	86.072	0.000 **
Error	55.600	12	4.633		
Total	1686.950	19			

$R^2 = 96.7\%$

CV = 2.01

Promedio = 107.05

Cuadro 8: Duncan al 5% para los promedios del Número de vainas por planta

Tratamientos	Descripción	Duncan ($P \leq 0.05$)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	90.50	a
1	4 tm./ha (humus)	104.75	b
4	NPK (75 – 60 – 30)	112.50	c
3	8 tm./ha (humus)	113.50	c
2	6 tm./ha (humus)	114.00	c

5.5. Número de granos por planta

Cuadro 9: Análisis de varianza para el Número de granos por planta

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	164.560	3	54.853	4.299	0.028 N.S.
Tratamientos	20549.325	4	5137.331	402.622	0.000 **
Error	153.116	12	12.760		
Total	20867.001	19			

$R^2 = 99.3\%$

CV = 3.15

Promedio = 113.43

Cuadro 10: Duncan al 5% para los promedios del Número de granos por planta

Tratamientos	Descripción	Duncan ($P \leq 0.05$)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	72.48	a
1	4 tm./ha (humus)	91.84	b
2	6 tm./ha (humus)	100.82	c
3	8 tm./ha (humus)	148.58	d
4	NPK (75 – 60 – 30)	153.43	d

5.6. Peso de 100 semillas

Cuadro 11: Análisis de varianza para el Peso de 100 semillas por tratamiento (g)

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G.L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	0.400	3	0.133	0.047	0.986 N.S.
Tratamientos	890.700	4	222.675	78.361	0.000 **
Error	34.100	12	2.842		
Total	925.200	19			

$R^2 = 96.3\%$

CV = 6.30%

Promedio = 26.8

Cuadro 12: Duncan al 5% para los promedios del peso de 100 semillas (g)

Tratamientos	Descripción	Duncan ($P \leq 0.05$)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	16.25	a
1	4 tm./ha (humus)	23.00	b
2	6 tm./ha (humus)	27.25	c
4	NPK (75 – 60 – 30)	33.50	d
3	8 tm./ha (humus)	34.00	d

5.7. Rendimiento

Cuadro 13: Análisis de varianza para el Rendimiento de grano en Kg.ha⁻¹

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	G. L.	Media cuadrática	F.C.	Significación del P-valor
Blocks	111029.124	3	37009.708	3.527	0.049 N.S.
Tratamientos	35146170.343	4	8786542.586	837.425	0.000 **
Error	125907.947	12	10492.329		
Total	35383107.414	19			

R² = 99.6%

CV = 3.79%

Promedio = 2704.522

Cuadro 14: Duncan al 5% para los promedios el Rendimiento de grano en Kg.ha⁻¹

Tratamientos	Descripción	Duncan (P≤0.05)	
		Promedios	Interpretación
5	Testigo	981.43	a
1	4 tm./ha (humus)	1760.23	b
2	6 tm./ha (humus)	2289.46	c
3	8 tm./ha (humus)	4208.38	d
4	NPK (75-60-30)	4283.11	d

5.8. Regresión y Coeficiente de determinación para la fijación de Carbono en Kg.ha⁻¹

Cuadro 15: Valor de la regresión y Coeficiente de determinación para la fijación de Carbono en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo

Tratamientos	Descripción	Regresión (b)	R ² (%)
T1	4 TM de humus de lombriz	7.176	69.3
T2	6 TM de humus de lombriz	9.222	71.6
T3	8 TM de humus de lombriz	10.105	61.7
T4	NPK (75- 60-30)	10.274	61.0
T5	Testigo absoluto	4.741	57.7

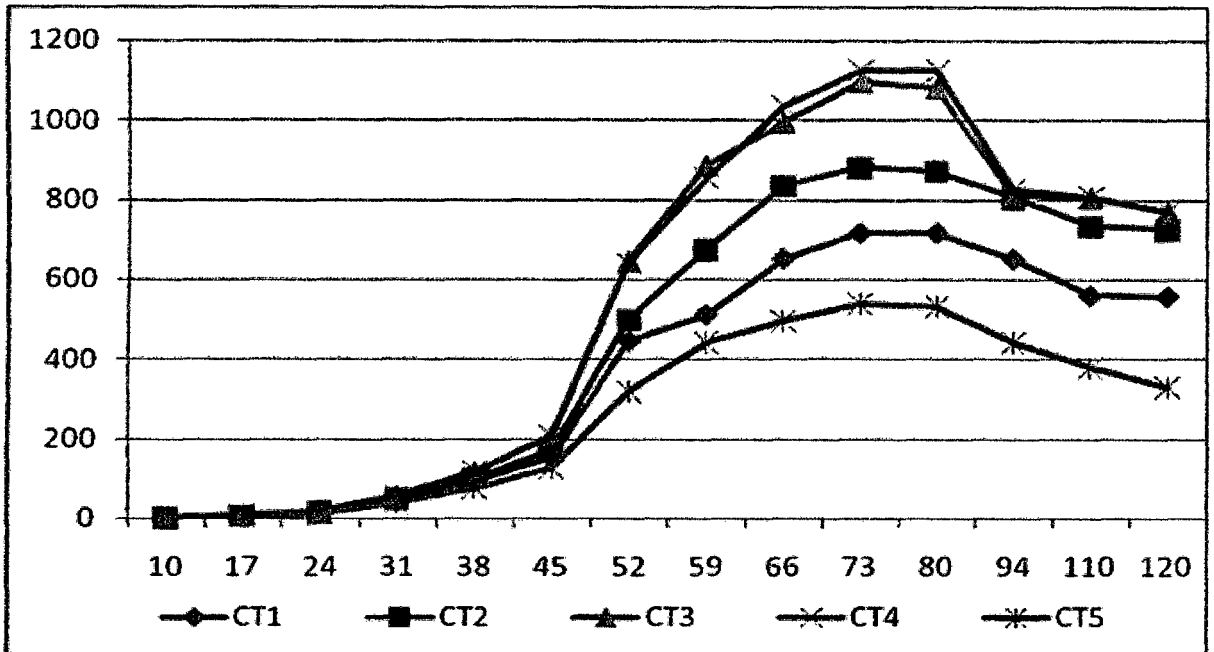


Gráfico 1: Distribución de frecuencias para el Contenido de Carbono en Kg.ha⁻¹ por tratamiento estudiado

5.9. Regresión y Coeficiente de determinación para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha⁻¹

Cuadro 16: Valor de la regresión y Coeficiente de determinación para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo

Tratamientos	Descripción	Regresión (b)	R ² (%)
T1	4 TM de humus de lombriz	15.805	69.0
T2	6 TM de humus de lombriz	20.453	71.4
T3	8 TM de humus de lombriz	22.455	61.7
T4	NPK (75- 60-30)	22.831	61.0
T5	Testigo absoluto	10.537	57.7

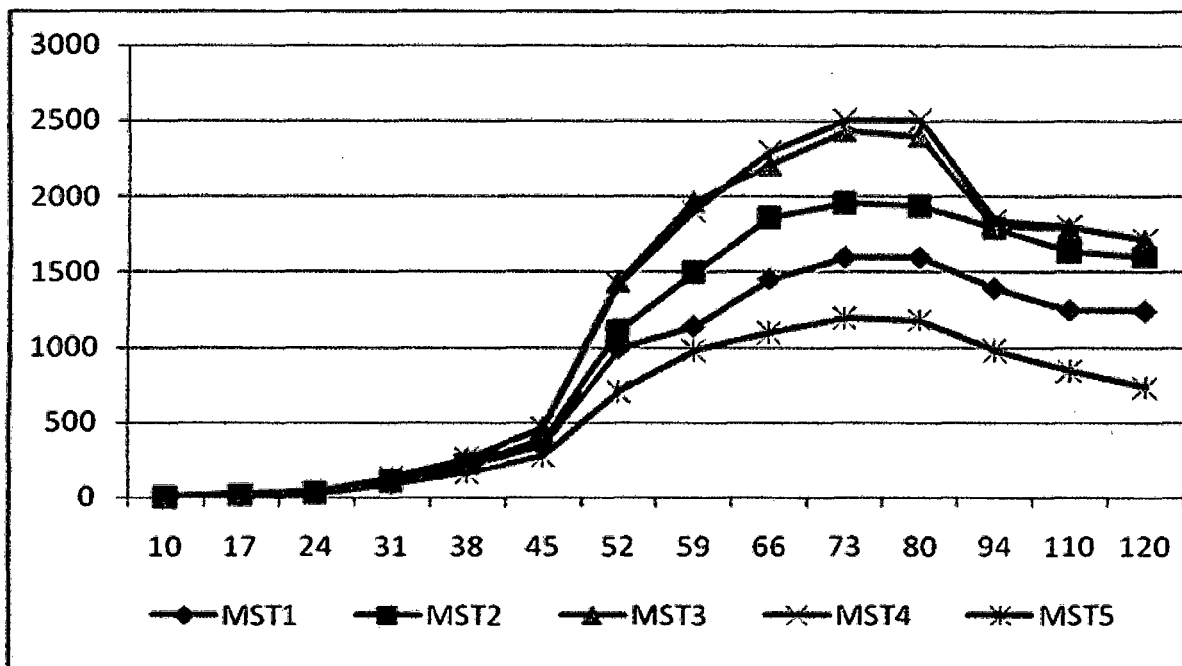


Gráfico 2: Distribución de frecuencias para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha⁻¹ por tratamiento estudiado

5.10. Regresión y Coeficiente de determinación para el Contenido de CO₂ en Kg.ha⁻¹

Cuadro 17: Valor de la regresión y Coeficiente de determinación para el Contenido de CO₂ en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo

Tratamientos	Descripción	Regresión (b)	R ² (%)
T1	4 TM de humus de lombriz	592.675	69.0
T2	6 TM de humus de lombriz	768.509	71.6
T3	8 TM de humus de lombriz	842.077	61.7
T4	NPK (75- 60-30)	856.144	61.0
T5	Testigo absoluto	395.125	57.7

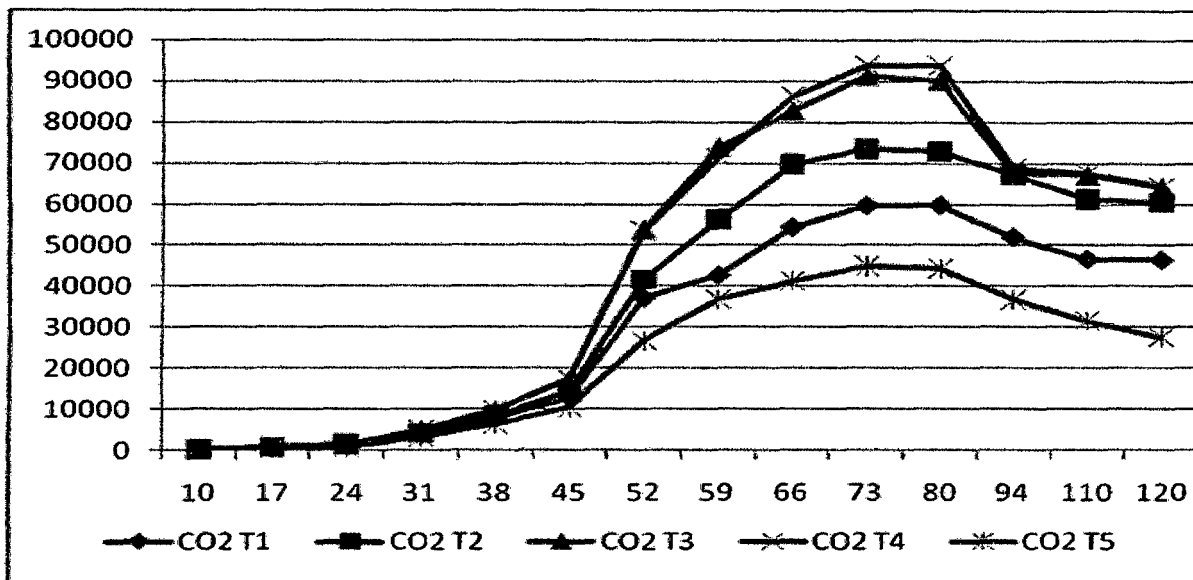


Gráfico 3: Distribución de frecuencias para el Contenido de CO₂ en Kg.ha⁻¹ por tratamiento estudiado

VI. DISCUSIONES

6.1. Del porcentaje de emergencia de las semillas

En el cuadro 1 de resultados, se presenta el análisis de varianza para el porcentaje de emergencia de las semillas de *Glicine max* cuya interpretación de la significación resultó en la no existencia significativa para las fuentes de variabilidad bloques y tratamientos. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 3.09% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982), sin embargo el Coeficiente de Determinación (R^2) con 43.3% no explica suficientemente el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Porcentaje de emergencia), debido a que la variable predictora no está íntimamente ligada a la acción directa de las dosis de humus de lombriz, sino básicamente al poder y energía germinativa de la semilla.

Sin embargo, la pequeña diferencia de 1.87% entre el tratamiento 1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y el tratamiento Testigo, resulto estadísticamente significativa al 5% detectado por la Prueba de Duncan (cuadro 2). Con certeza podemos afirmar que estos resultados pudieron haberse debido a que las semillas en su fase de germinación y emergencia están ligadas fuertemente a su poder y energía germinativa por un lado o que éstas pudieron haber sido sembradas a mayor profundidad impidiendo su emergencia en campo definitivo y de acuerdo a lo recomendado, la cual está referida de 3 a 5 cm de profundidad (INTA, 2011). También es importante acotar que toda semilla

para germinar, necesita de humedad suficiente (la cual fue proporcionada con el riego), disponibilidad de oxígeno y un rango de temperatura adecuada.

Por otro lado, Pinedo y Chappa (2002), determinaron en un ensayo de tres fuentes y tres dosis de abonos orgánicos en el rendimiento de soja (Caspizapa – San Martín), que cuando las dosis de abonamiento superaron las 15 tn.ha⁻¹ el porcentaje de emergencia se incrementó hasta un 91,2%; resultados que en comparación con los obtenidos en el presente trabajo de investigación se han visto superados. Así mismo, la aplicación de NPK a una ley de 75 – 60 – 30 no han repercutido en el porcentaje de emergencia debido a que la semilla en su proceso de germinación está influenciado tanto por factores internos como externos. Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz. El estudio de la biología y fisiología de las semillas es de vital importancia para el hombre, ya que la mayoría de las especies cultivadas como los cereales son propagadas a partir de semillas sexuales (Suárez y Melgarejo en http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/4/03_Cap01.pdf). Por otro lado, para los tecnólogos de semillas la viabilidad se refiere a la capacidad de la semilla para germinar y generar plántulas normales; mientras que desde la perspectiva fisiológica se refiere a si la semilla contiene o no cualquier tejido con actividad metabólica, y si posee reservas energéticas y enzimas para el funcionamiento de las células de la planta.

6.2. De la altura de planta a la cosecha

En el cuadro 3 de Resultados se presenta el análisis de varianza para la altura de planta de *Glicine max*. Determinándose una alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos y no detectándose significancia estadística para la fuente variabilidad Bloques. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 1.07% se encuentra del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982) y el Coeficiente de Determinación (R^2) con 99.0% explica suficientemente bien el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Altura de planta).

La Prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$ (cuadro 4), define con mayor claridad las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados. Donde los tratamientos T3 (8 tm de humus de lombriz. ha^{-1}) y T4 (NPK) 75-60-30 con los promedios mayores de 80.23 cm y 80.10 cm de altura de planta respectivamente son iguales estadísticamente, superando estos a los tratamientos T2 (6 tm de humus de lombriz. ha^{-1}), T1 (4 tm de humus de lombriz. ha^{-1}) y T5 (testigo) los cuales alcanzaron promedios de 74.23 cm, 71.05 cm y 63.63 cm de altura de planta respectivamente.

La cantidad, acción y efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo influyó directamente en el crecimiento de las plantas de *Glicine max L.* y en función a las ventajas que ejerce el humus en el suelo, mejorando su estructura, facilitando la retención de la humedad y su efecto tampón, podemos afirmar que la altura alcanzada con la mayor dosis de humus de

lombriz con respecto a los tratamientos con menores dosis fue gracias a que un mayor contenido de humus tiene una elevada solubilización, debido a la composición enzimática y bacteriana, y la cual proporciona una rápida asimilación de los nutrientes por las raíces de las plantas produciendo un aumento del porte de las plantas mencionado por Novak (1990). Igualmente, se destaca que a mayores dosis de humus de lombriz aplicado, este ha mejorado la capacidad retentiva del agua dentro del suelo y por ende ha favorecido la capacidad de absorción del agua por las raíces de las plantas en crecimiento, siendo que lo afirmado es corroborado por INIA-URUBI (2010) quien manifiesta que la materia orgánica proporciona grandes beneficios a los Suelos, contribuye a que las partículas minerales individuales del suelo formen agregados estables, mejorando así la estructura del suelo y facilitando su laboreo, favorece una buena porosidad, mejorando así la aireación y la penetración del agua y aumenta la capacidad de retener agua.

Entre las principales condiciones que el suelo, como constituyente del edafoclima, puede «ofrecer» para el crecimiento y desarrollo de las plantas, se encuentra su capacidad para el almacenamiento de agua, por lo que se hace necesario reconocer las relaciones que se establecen entre el agua y el suelo, dónde y a través de qué mecanismos es almacenada, de qué factores depende el grado o nivel del almacenamiento, cómo es entregada a las plantas, cómo se mueve en el suelo y otros (Salgado, 2001), por lo que la aplicación de riegos temporales y de dosis crecientes de humus de lombriz ha incrementado la capacidad potencial del suelo para mejorar la capacidad

retentiva del agua dentro del suelo y por ende la capacidad del cultivo de absorberla.

Por otro lado, es importante destacar que la aplicación de NPK (75-60-30) dada su alta solubilidad y disponibilidad en el suelo, este no llegó a superar al tratamiento T3 (8 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), pudiendo explicar estos resultados a que la aplicación de abonos químicos producidos industrialmente que reúnen condiciones técnicas de calidad como proveedores de nutrimentos a los cultivos; son sales solubles, altamente concentradas, de fácil y rápida liberación, pero generalmente de corta acción residual (Bertsch, 1998; Soto, 2003). Por lo que los resultados obtenidos pueden sustentarse además por lo indicado por Matheus *et al.* (2007), quien ensayo en el cultivo de maíz la evaluación de 8 tratamientos, siendo 7 de ellos orgánicos y uno químico, mostrando resultados donde 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 (63 días) evidenciando su mayor acción residual.

Respecto a la fertilización química NPK (75-60-30) podemos indicar que en relación a la adsorción iónica la cual corresponde al segmento de los macronutrientes atraviesa una barrera lipídica del plasmolema hasta el tonoplasto, para esto necesita gastar energía en la respiración. El mecanismo o mecanismos para la absorción activa no está totalmente explicado, lo que se sabe al respecto es que: (a) El transporte activo consiste en una operación de una bomba iónica (en sentido hidráulico) y (b) una enzima ATPasa,

localizada en el plasmolema activada por cationes con diferentes especificidades, bombeando H⁺ hacia fuera del citoplasma. La redistribución, de los nutrientes se hace predominantemente por el floema, los elementos pueden demostrar movilidad fluida muy diferente.

(<http://academic.uprm.edu/dpesantedocs/apicultura/fertilidad%20del%20suelo.pdf>)

Esa movilidad tiene mayor o menor relevancia práctica, puesto que las características químicas y físicas naturales del suelo permitieron que esto fuera así.

6.3. Del número de granos por vaina

En el cuadro 5 de Resultados se presenta el análisis de varianza para el número de granos por vaina, determinándose significancia estadística ($P \leq 0.05$) para la fuente de variabilidad Tratamientos y no detectó diferencias significativas en la fuente de variabilidad Bloques. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 4.93% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982), y el Coeficiente de Determinación (R^2) con 62.7% no explica suficientemente el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Número de granos por vaina).

La Prueba de Duncan (cuadro 6), define con mayor claridad las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados y cuyos promedios se ordenaron de menor a mayor. Donde los tratamientos T1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), T2 (6 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), T3 (8 tm de

humus de lombriz.ha⁻¹) con promedios de 2.16, 2.06 y 2.05 granos por vaina respectivamente resultaron ser estadísticamente iguales entre sí y los cuales solo superaron estadísticamente al T5 (testigo) quien obtuvo el menor promedio con 1.88 granos por vaina.

Otras de la razones que explican los resultados obtenidos es debido a que el humus de lombriz contiene alto contenido de microorganismos y enzimas que ayudan a la desintegración de la materia orgánica (la carga bacteriana es un billón por gramo) , alto contenido de auxinas y hormonas vegetales que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas, corroborado por Brechelt (2004), quien manifiesta que el humus de lombriz puede ayudar a mejorar las condiciones físicas del suelo, especialmente en suelos arcillosos y favorecer un buen desarrollo de las raíces de las plantas, contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas y previenen el desarrollo de altas poblaciones de otros microorganismos causantes de enfermedades en las plantas.

La fertilización química NPK (75-60-30), donde el fósforo es un elemento nutritivo de importancia en la formación de granos y un nutriente de baja movilidad y prolongada residualidad, gracias a que una vez en el suelo, es adsorbido por el complejo coloidal. Por esta razón, con este nutriente tiene singular importancia el mantenimiento de estrategias de largo plazo que contemplen la restitución de la fracción que es exportada con los granos. Estrategias de suficiencia basadas en umbrales críticos y respuesta

económica ha causado un continuo devenir en la disponibilidad de fósforo, llegando frecuentemente a niveles por debajo de 10 ppm, considerados muy bajos. Elevar el nivel de fósforo implica agregar dosis del nutriente por encima de la extracción de los granos (Bray y Kurtz, 1945). Para un suelo Argiudol típico serie Rojas del partido de General Arenales, se determinó que es necesario agregar 8,2 kgP.ha⁻¹, equivalente a 42 kg P ha⁻¹ de Superfotato triple de Calcio para elevar la disponibilidad de P en el suelo en 1 ppm.

Otra de las razones que explican los resultados obtenidos está referida a la disponibilidad del agua en el suelo, por lo que Salgado (2001) manifiesta que el agua en el suelo puede estar en contenidos variables, ocupando fracciones del espacio poroso total. Cuando todo el espacio poroso está ocupado por agua, entonces se dice que el suelo está saturado y, consecuentemente, el contenido de agua del suelo es igual a su porosidad. La parte del espacio poroso que no está ocupada por agua, entonces lo está con aire. La experiencia práctica y la investigación detallada han demostrado la importancia de manejar adecuadamente este balance agua-aire, para proveer tanto a las necesidades de agua de las plantas como a las de aire en sus sistemas radicales. Ese importante balance, que posee implicancias sobre el crecimiento, desarrollo, enfermedades y otros, ocurre a nivel del sistema poroso del suelo. La aseveración indicada, han sido mejoradas con riegos frecuentes y oportunos y la aplicación de humus en diferentes dosis, la cual mejoró las características edáficas del suelo, el espacio poroso de la fracción suelo facilitando la respiración radicular.

6.4. Del Número de vainas por planta

En el cuadro 7 de Resultados, se presenta el análisis de varianza para el número de vainas por vaina, determinándose significancia altamente estadística ($P \leq 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos y no se detectó diferencias significativas para la fuente de variabilidad Bloques. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 2.01% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982), y el Coeficiente de Determinación (R^2) con 96.7% explica suficientemente el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Número de vainas por planta).

La Prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$ (cuadro 8), define con mayor claridad las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados cuyos promedios fueron ordenados de menor a mayor. Donde los tratamientos T2 (6 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), T3 (8 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y T4 (NPK 75-60-30) estadísticamente iguales entre sí alcanzaron los mayores promedios con 114.00; 113.50 y 112.50 vainas por planta respectivamente y superando estadísticamente a los tratamientos T1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), el T5 (testigo) quienes obtuvieron los promedios más bajos con 104.75 y 90.50 vainas por planta respectivamente.

Este resultado demuestra la forma como ha influenciado la incorporación de humus de lombriz para la formación de vainas y esto gracias a los múltiples beneficios que este aporta al suelo y a la planta, además de considerar al

efecto de las sustancias fitohormonales (auxinas, giberelinas, citoquininas, etc.) que tiene el humus de lombriz, tal como lo indica la RAAA (1995).

6.5. Del Número de granos por planta

En el cuadro 9 de Resultados, se presenta el análisis de varianza para el número de granos por planta, determinándose alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos y no detectó diferencias significativas para la fuente de variabilidad Bloques. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 3.15% se encuentra del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982), y el Coeficiente de Determinación (R^2) con 99.3% explica suficientemente el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Número de granos por planta).

La Prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$ (cuadro 10), define con mayor claridad las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados y con los promedios ordenados de menor a mayor. Donde los tratamientos T4 (NPK 75-60-30) y T3 (8 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) estadísticamente iguales entre sí, obtuvieron los mayores promedios con 153.43 y 148.58 granos por planta respectivamente, superando estadísticamente a los tratamientos T2 (6 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), T1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y T5 (testigo) quienes reportaron promedios de 100.82, 91.84 y 72.48 granos por planta respectivamente.

6.6. Del Peso promedio de 100 semillas

En el cuadro 11 de Resultados, se presenta el análisis de varianza para el peso de 100 semillas, determinándose alta significancia estadística ($P \leq 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos y no detectó diferencias significativas para la fuente de variabilidad Bloques. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 6.30% se encuentra dentro del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982), y el Coeficiente de Determinación (R^2) con 96.3% explica suficientemente el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Peso de 100 semillas).

La Prueba de Duncan a una $P \leq 0.05$ (cuadro 12), define con mayor certeza las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados y ordenados de menor a mayor. Donde los tratamientos T3 (8 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y T4 (NPK 75-60-30) obtuvieron los mayores promedios estadísticamente iguales entre sí, con 34.00 y 33.50 g de peso de 100 semillas respectivamente y los cuales superaron estadísticamente a los tratamientos T2 (6 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), T1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y T5 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 27.25, 23.0 y 16.5 g de peso de 100 semillas respectivamente.

Es importante destacar y considerar lo manifestado por Calderón *et al.* (2005), en su trabajo de investigación titulada Respuesta del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa var. Coolguard*) con diferentes dosis de abono orgánico en Palmar de Bravo, Puebla. Los estudios estadísticos realizados reflejaron que

el mayor rendimiento significativo en altura y diámetro de la cabeza se presentó en el tratamiento A: 8 ton de humus ha⁻¹. En cuanto al peso fresco y peso seco mostraron que la diferencia significativa se dio en el tratamiento A: 8 ton de humus ha⁻¹ superando e inclusive al testigo fertilizante químico. Por otro lado, Sikora (1998), manifiesta que además del suministro de nutrientes, otros son los beneficios que se derivan de la aplicación de compuestos orgánicos al suelo: mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los compuestos orgánicos promueven una forma estabilizada de materia orgánica que aumenta la porosidad total y la estabilidad de los agregados. Tales cambios reducen la densidad aparente y la dureza del suelo, lo cual significa; labranza, germinación y desarrollo radical más fáciles. Aumentan la capacidad de retención de humedad, incrementando el agua disponible en suelos livianos como los del estudio (Añez, 1979; Añez y Espinoza, 2001).

La soja, un cultivo proteico por excelencia, absorbe grandes cantidades de N para su normal crecimiento. La bibliografía menciona requerimientos que oscilan entre 60 y 80 kg N ha⁻¹ (Andrade *et al.*, 1996; EMBRAPA, 1993; Ferraris, G. y J. Elisei. 2003; García, 2000; González, 2000; Meissinger, 1984; Scheiner *et al.*, 2000). Para cubrir tal demanda, además de la absorción del nutriente desde el suelo, esta y otras especies de la familia de las Leguminosas han desarrollado el mecanismo de la fijación biológica de N (FBN), a partir de la asociación con bacterias del suelo pertenecientes a la familia de las Rhizobiáceas (Racca, 2002), razones que explican el comportamiento de la dosis NPK (75-60-30).

6.7. Del Rendimiento de grano en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

En el cuadro 13 de Resultados, se presenta el análisis de varianza para el rendimiento de grano en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, determinándose alta significancia estadística ($P\leq 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos y no detectó diferencias significativas para la fuente de variabilidad Bloques. El Coeficiente de variabilidad (CV) de 3.79% se encuentra del rango de aceptación para trabajos en campo definitivo, propuesto por Calzada (1982), y el Coeficiente de Determinación (R^2) con 99.6% explica suficientemente el efecto que han ejercido los tratamientos estudiados sobre la variable evaluada (Rendimiento de grano).

La Prueba de Duncan a una $P\leq 0.05$ (cuadro 14), define con mayor certeza las diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos estudiados y ordenados de menor a mayor. Siendo que los tratamientos T4 (NPK 75-60-30) y T3 (8 tm de humus de lombriz. ha^{-1}) obtuvieron los mayores promedios estadísticamente iguales entre sí, con 4283.11 y 4208.38 Kg de grano. ha^{-1} respectivamente y los cuales superaron estadísticamente a los tratamientos T2 (6 tm de humus de lombriz. ha^{-1}), T1 (4 tm de humus de lombriz. ha^{-1}) y T5 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 2289.46, 1760.23 y 981.43 kg de grano. ha^{-1} respectivamente.

Esta paridad entre el testigo químico con características de alta solubilidad en el suelo y de fácil asimilación por parte de las raíces de las plantas y el T3 (8 Tn. ha^{-1} de humus de lombriz) debido a que este presenta hormonas que aceleran la germinación de las semillas, elimina el impacto del trasplante y

estimulan el crecimiento de la planta, y acorta los tiempos de producción y cosecha (Hayes, 2001). Así mismo, Martínez (1991), menciona que el humus de lombriz por su naturaleza de producción contiene todos los macro y micro nutrientes de forma estable y asimilable por la planta.

La eficiencia de los fertilizantes y la respuesta de los rendimientos en un suelo particular pueden ser fácilmente analizadas agregando diferentes cantidades de fertilizantes en parcelas adyacentes, midiendo y comparando los rendimientos de los cultivos consecuentemente, tal es el caso de la aplicación NPF (75-60-30), puesto que los macronutrientes se necesitan en grandes cantidades, que tienen que ser aplicadas si el suelo es deficiente en uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. Por lo que la aplicación de NPF (75-60-30) alcanzó un rendimiento de $4283.11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ estadísticamente igual a la aplicación de $8 \text{ tm}\cdot\text{ha}^{-1}$ de humus de lombriz.

El Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar amino ácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas

y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (FAO, 2002).

El Fósforo (P), que supone de 0,1 a 0,4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad (FAO, 2002).

El Potasio (K), que supone del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades (FAO, 2002).

6.8. Del valor de la regresión y Coeficiente de determinación para la fijación de Carbono, Materia Seca y CO₂ en Kg.ha⁻¹ por tratamiento

En los cuadros 15, 16 y 17 se presentan los valores promedio obtenidos para el contenido de Carbono, Materia Seca y CO₂ en Kg.ha⁻¹ respectivamente por tratamiento estudiado, evaluados desde los 10 días después de la siembra y con una frecuencia de 7 días después de cada evaluación.

Se puede observar que los valores de la Regresión para la fijación de Carbono en Kg.ha^{-1} por unidad de tiempo transcurrido (cuadro 15) van incrementándose en función a las dosis de humus de lombriz aplicado al suelo desde 7.176, 9.222 y 10.105 para el T1, T2 y T3 respectivamente; así mismo, el tratamiento T3 (8 TM de humus de lombriz) con un valor de 10.105 es comparativamente igual a la regresión obtenida por el T4 (NPK 75- 60-30) quien arrojó un valor de 10.274, siendo además que el T5 (testigo absoluto) alcanzó el menor valor de regresión con 4.741. Estos valores de regresión manifiestan en efecto de los tratamientos estudiados sobre la tasa de fijación de carbono en las plantas de soya. Así mismo, los valores del Coeficiente de determinación (R^2) de 69.3% para el T1, 71.6% para el T2, 61.7% para el T3, 61% para el T4 y 57.7% para el T5 explican estadísticamente el efecto de los tratamientos estudiados con la variable evaluada. Concluyendo que la correlación ($r = \sqrt{R^2}$) de estos tratamientos en el contenido de C fue de 83.24% para el T1, 84.62% para el T2, 78.55% para el T3, 78.10% para el T4 y de 75.9% para el T5, estableciéndose una relación alta entre los tratamientos estudiados y el contenido de C por unidad de tiempo transcurrido.

Esta predisposición se observa también en los resultados presentados para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha^{-1} por tratamiento (cuadro 16) donde el T3 (8 TM de humus de lombriz) con un valor de regresión de 22.455, seguido de los tratamientos T2 (6 TM de humus de lombriz) con 20.453 y el T1 con 15.805 para el contenido de materia seca. ha^{-1} y para el Contenido de CO_2 en Kg.ha^{-1} por tratamiento (cuadro 17) con promedios descendentes en función a la dosis de humus de lombriz, con valores de regresión de 842.077, 768.509 y

592.675 para el contenido de CO₂ en kg.ha⁻¹ respectivamente. Teniendo como base los valores del R² que van desde 57.7% hasta 71.4% se determina que la correlación de la Materia Seca en Kg.ha⁻¹ va desde 75.96% hasta 84.50%, esta tendencia se mantiene en el contenido de CO₂ en kg.ha⁻¹.

Cabe notar que los valores obtenidos por el T3 (8 tm de humus de lombriz) respecto a los contenidos de Carbono, materia seca y CO₂ son apenas superados por los valores obtenidos por el T4 (NPK) con 10.274, 22.831 y 856.144 respectivamente; en tal sentido, dosis de aplicación de 8 tm de humus de lombriz pueden suplantar aplicaciones de fertilizantes químicos cercanas a 75-60-30 de NPK, con la salvedad que los fertilizantes inorgánicos se caracterizan por su rápida solubilidad en el suelo y su disposición nutricional más rápida en la solución suelo, sin embargo los fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz poseen una elevada carga microbiana del orden de los 20 mil millones de grano seco, contribuyendo a la protección de la raíz de bacterias y nematodos sobre todo, para el cual está especialmente indicado. Produce además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas. Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por compactación natural o artificial, su color oscuro contribuye a la absorción de energía calórica, neutraliza la presencia de contaminantes (insecticidas, herbicidas...) debido a su capacidad de absorción, tal como manifiesta (Ferruzi, 1987, citado por Von 2000)

VII. CONCLUSIONES

- 7.1. La cantidad, acción y efecto de la aplicación de humus de lombriz al suelo influyó directamente en el crecimiento de las plantas de *Glicine max L.* Estos resultados confirman que la aplicación de humus de lombriz es una enmienda orgánica que aumenta la capacidad de retención del agua en el suelo, elemento esencial para la fijación de CO₂ y la producción de hidratos de carbono.
- 7.2. Los tratamientos T4 (NPK) y T3 (8 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) obtuvieron los mayores promedios estadísticamente iguales entre sí, con 4283.11 y 4208.38 Kg de grano.ha⁻¹ respectivamente y los cuales superaron estadísticamente a los tratamientos T2 (6 tm de humus de lombriz.ha⁻¹), T1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y T5 (testigo) quienes obtuvieron promedios de 2289.46, 1760.23 y 981.43 kg de grano.ha⁻¹ respectivamente.
- 7.3. Los valores de la Regresión para la fijación de Carbono en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo transcurrido van incrementándose en función a las dosis de humus de lombriz aplicado al suelo desde 7.176, 9.222 y 10.105 para el T1, T2 y T3 respectivamente; así mismo, el tratamiento T3 (8 TM de humus de lombriz) con un valor de 10.105 es comparativamente igual a la regresión obtenida por el T4 (NPK 75- 60-30) quien arrojó un valor de 10.274. Estos valores de regresión manifiestan el efecto de los tratamientos estudiados sobre la tasa de fijación de carbono en las plantas de soya.

- 7.4.** La acción del humus de lombriz hace posible que los suelos que lo contienen presenten una mejor estructura, debido a que actúa como agente de cementación entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares, que permiten mejorar el desarrollo radical, mejorar el intercambio gaseoso y activar la actividad de los microorganismos.
- 7.5.** En la curva de fijación de CO₂ se ha determinado el punto máximo de producción de biomasa en el cultivo de soya (*Glicine max* L.) encontrándose este entre los 73 y 83 días aproximadamente.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1. Promover el cultivo de la soja (*Glicine max* L.) por el alto valor que tiene en la alimentación humana, mejorador de características químicas del suelo y por su alto potencial en la captura de carbono.

- 8.2. Continuar realizando trabajos de investigación sobre captura de carbono en otras especies existentes en la región, considerando variables importantes como el clima, radiación solar, tipos de suelo.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, F., H. ECHEVERRÍA, N. GONZÁLEZ, S. UHART, Y N. DARWICH. (1996). Requerimientos de Nitrógeno y Fósforo de los cultivos de Maíz, Girasol y Soja. Boletín técnico N° 134. INTA EEA Balcarce, 17 p.
2. ANGERS, D.A., CHENU, C. (1998). Dynamics of soil aggregation and C sequestration. In: Soil processes and the carbon cycle. Lal, R., J.M. Kimble, R.A. Follett, and B.A. Stewart eds. CRC Press, Boca Raton, FL. Chapter 14, Pp.199-206.
3. ASOCIACIÓN PARTICIPACIÓN PARA EL DESARROLLO. (2004). El cultivo de soya. Internet www.apade.com.
4. AÑEZ, B. (1979). La aplicación de estiércol en los Andes I.I.A.P., - U.L.A., Mérida, Venezuela. 14 p.
5. AÑEZ, B., Y W. ESPINOZA. (2001). Fertilización química y orgánica ¿efectos interactivos o independientes sobre la producción de zanahoria? I.I.A.P. – U.L.A., Mérida, Venezuela. 12 p.
6. BATJES, N.H. (1999). Management options for reducing CO₂- concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. ISRIC. Wageningen, The Netherlands. 114 Pp.
7. BERTSCH, F. (1998). La fertilidad de los suelos y su manejo. 1ª edición. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. Costa Rica. 157p.
8. BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA. (1997). Técnicas agrícolas en cultivos extensivos. “La soya”. Internet www.infoagro.com.

9. BRAY, R and KURTZ, L. (1945). Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils .Soil Sci 59: 39 - 45.
10. BRECHELT, A. (2004). Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Primera Edición: Agosto de 2004. 28 p.
11. BUYANOVSKI, G.A., WAGNER, G.H. (1998). Changing role of cultivated land in the global carbon cycle. *Biology and Fertility of Soils* Pp.27: 242-245.
12. CAMARENA, M. F. y MONTALVO, S.R. (1994). El cultivo de la soya. Programa de investigación y Proyección Social de Leguminosas de Grano y Oleaginosas. Universidad Nacional Agraria L a Molina. Lima – Perú. 19 Págs.
13. CALDERÓN, F. E., LÓPEZ, F.J.M., TICANTE, R.A. ESPINO, A.J.A.J., RODRÍGUEZ, M.C. (2005). Respuesta del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa var. Coolguard*) con diferentes dosis de abono orgánico en PALMAR DE BRAVO, PUEBLA. Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 14 Sur 6301. Col. Sn. Manuel, Puebla. 1 p.
14. CALZADA, B. (1982). Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Milagros S.A. Lima-Perú. 644 Págs.
15. CASINI, R. (1997). Cultivo de soya en el centro este de Entre Ríos-Boletín técnico. Internet www.portalagrario.gob.pe.
16. CHAPPA, C.E.; PINEDO, E. (2002). Ensayo de tres Fuentes y tres dosis de abonos organicos en el rendimineto de soja Variedad Cristalina (*Glicine max L.*) Caspizapa – San Martín. Perú. TESIS. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. Facultad de Ciencias Agrarias. 95 p.

17. CREGAN, P. B. y HARTWIG, E. E. "Influencia del fotoperíodo sobre la floración en diversos genotipos de soya". Internet www.infoagro.com.
18. DIAZ, R. J. (2004). Prueba Regional de Veinte Variedades Promisorias de Soya (*Glycine max* (L.) Merrill), en el Huallaga Central Departamento de San Martín. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Martín. 78 Págs.
19. DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. (1991). Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Costa Rica. 265 pp. Internet www.mag.gob.cr/cultivo_soja/
20. EMBRAPA. (1993). Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná. 1993/94. Londrina: OCEPAR/EMBRAPA - CNPSo, 128p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 62).
21. FAO (2002). Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Roma. Cuarta edición. 87 p.
22. FAO. (2005). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Departamento de agricultura. 58 Pp. FAO. 1993. Forest Resources Assessment 1990, Tropical Countries. FAO Forestry Paper 112. Rome.
23. FERRARIS, G. Y J. ELISEI. (2003). Fertilización en soja. Experiencias en Colón y Pergamino. Soja 2000/2003. Resultados en Unidades Demostrativas. pp 96-104.

24. GARCÍA, F. (2000). Requerimientos nutricionales de los cultivos. pp 40-43. En: Jornada de actualización técnica para profesionales "Fertilidad 2000", INPOFOS, Rosario.
25. GISPERT, C. (1990). Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadería. Grupo Editorial Océano. Barcelona – España. Págs. 95.
26. GONZÁLEZ, N. (2000). Inoculación e inoculantes. *Fertilizar*, V (21): 18-21.
27. GONZALES, M. (2008). "Origen del cultivo de soya". Internet www.inta.gob.ar/cultivo_soja/
28. GUERRERO, A. (1987). Cultivos herbáceos extensivos, "El cultivo de soya". Internet www.infoagro.com/cultivos_herbaceos/soya.htm.
29. HAYES, M. (2001). Humic Substances: Considerations of Compositions, Aspects Of Structure, and Enviromental Influrences, *Soli Cience*, Pp.: 723 – 737.
30. HICKMAN, C. P. (2006). *Principios integrales de zoología*, 13ª edición. McGraw-Hill-Interamericana, Madrid (etc.), XVIII+1022 pp. ISBN 84-481-4528-3
31. HERNÁNDEZ, G. R. (2001). Fotosíntesis. Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes - Mérida – Venezuela.. e-mail: rubenhg@ula.ve
32. HOUGHTON, R.A. (1995). Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850, In: (eds). *Soils and Global Change*. Lal, R., Kimble, J., Levine, E., Stewart, B.A. CRC & Lewis Publishers, Boca Raton, FL. Pp. 45-65.
33. INIA-URUBI (2010). Beneficios de la materia orgánica en los suelos. Instituto de investigaciones agropecuarias, Centro de investigación especializado en agricultura del desierto y altiplano (cie), INIA URURI, región

de Arica y Parinacota. Ministerio de agricultura. Informativo n° 23, abril de 2010. 5 p.

34. INTA (2011). Siembra Directa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Actualización Técnica N° 58 - Febrero 2011. 28 p.
35. IPCC. Climate Change (2001). Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for Policymakers and Technical Summary of the Working Group II Report. Ginebra: World Meteorological Organization, 2001.
36. LÓPEZ, B. L. (2003). Cultivos industriales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes Universidad de Córdoba. Ediciones Mundi – Prensa, Madrid. Barcelona. México. 780 – 781.
37. MATEO, B. J. (1991). Leguminosas de grano. Edición Barcelona – Madrid – España, Salvat. Págs. 290.
38. MALDONADO D. (1988). Guía para el Cultivo de Soya en los Valles de Huallaga Central y Bajo Mayo y algunas recomendaciones para su uso como alimento. El Porvenir. Tarapoto – Perú. 10 pp.
39. MARTÍNEZ, J. (1991). Horticultura y Materia Orgánica. Horticultura, Pp.: 42 – 50.
40. MATHEUS L., Jesús; CARACAS, José; MONTILLA, Fermín y FERNÁNDEZ, oswaldo (2007). EFICIENCIA AGRONOMICA RELATIVA DE TRES ABONOS ORGANICOS (vermicompost, compost, y gallinaza) EN PLANTAS DE MAÍZ (*Zea mays* L). Laboratorio de Investigación de Suelos. Departamento de Ciencias Agrarias. NURR-ULA, Trujillo. jmatheus@ula.ve. Agricultura Andina / Volúmen 13 Julio - Diciembre 2007. 12 p.

41. MEISSINGER, J. J. (1984). Evaluating plant-available nitrogen in soil-crop systems. In: R.D. Hauck et. al. (eds.) Nitrogen in crop production. Am. Soc. Agron., Madison, WI., EEUU. pp. 391-416.
42. MINERAL DE PLANTAS -Conceptos Básicos- FERTITEC S.A.
43. NOVAK, A. (1990). La lombriz de tierra. Curso básico lombricultura y tecnología. Lima-Perú. 27 pág.
44. ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL - OMM (2013). La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord. OMM. Organismo especializado de las Naciones Unidas. Comunicado de prensa N° 980. 3p.
45. PANDEY, R. K. (1990). Guía del agricultor del cultivo de la soya. Editorial Limusa, México. Págs. 70.
46. PINTO, M. (1994). Fisiología de la producción vegetal. Publicación Docente. Departamento de producción Agrícola. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Santiago – Chile. 128 p.
47. PIÑUELA, J, (2007). "El Humus de Lombriz" jp_murdock@hotmail.com
01080@correo.zamorano.edu.hn
48. QUEVEDO C. C. (2005). Fertilización con fósforo y con potasio en soya en la Zona Norte-Integrada de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. Informaciones agronómicas N° 28 - 2005. UNISOYA (Unión de Empresas Agropecuarias del Norte) Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 9 P.
49. RAAA (1995). Manejo Ecológico de suelos / abonos orgánicos. Red de Acción en Agricultura Alternativa – RAAA.
<http://www.geocities.com/raaaperu/ao.html#humus>

50. RACCA, R. (2002). Fijación biológica del nitrógeno. En: Actas 1er Simposio de Fertilidad de Suelos y Fertilización en Siembra Directa. X Congreso Nacional de AAPRESID. pp 197-208.
51. ROBERT, M., CHENU, C. (1991). Interactions between soil minerals and microorganisms. In Bollag, J.M., Stotzky, G. eds. Soil Biochemistry 7. Marcel Dekker, New York. Pp 307-393.
52. SALGADO, E. (2001). Curso – SUELO – AGUA –PLANTA. Ediciones Universitarias de Valparaíso de la Universidad Católica de Valparaíso. Impreso en Salesianos S.A. Bulnes 19, Santiago de Chile. 23 P.
53. SÁNCHEZ V. J. (2007). FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION MINERAL DE PLANTAS -Conceptos Básicos- FERTITEC S.A. 140 p.
54. SAN FERNANDO S.A. (2002). En sayo regional de veinte líneas de soya, los meses de marzo a junio. Distrito de Buenos Aires, Provincia de Picota, Departamento de San Martin – Perú.
55. SIKORA, L.J. (1998). Nitrogen availability from compost and blends of compost and fertilizers. Acta Horticulture, 469: 343-351.
56. SUQUILANDA, M, (1997). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro, UPS ediciones, Quito.
57. SOTO, G. (2003). Abonos orgánicos: el proceso de compostaje. In: Gloria Meléndez y Gabriela Soto (eds.) Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. pp 30 – 57.
58. SCHEINER, J.D., GUTIÉRREZ BOEM, F.H. Y LAVADO. (2000). Dinámica de la absorción y partición de nutrientes en Soja. Phyton 69: 77-84

59. SCHEINER, J., F. GUTIÉRREZ BOEM, J. PIROTTA Y R. LAVADO. (2000). Respuesta del cultivo de soja a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados en el norte de la provincia de Buenos Aires. XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
60. TISDALL J. M. Y OADES J.M. (1982). Organic matter and wáter stable aggregates in soils. Journal of soil science 33, 141 – 163.
61. UNEP, GEMS. (1992). Los gases que producen el efecto invernadero, cambio climático global., tradyuctores. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 41Pp.
62. USHIÑAHUA, R. D. (1999). Mejoramiento y Manejo de leguminosas y Oleaginosas. Informe Anual. Estación Experimental el Porvenir Tarapoto – Perú. 91 Págs.
63. VENTIMIGLIA L. Y CARTA H. (2005). SOJA: EFECTO DE LOS FERTILIZANTES APLICADOS EN LA LÍNEA DE SIEMBRA SOBRE EL NÚMERO DE PLANTAS Y EL RENDIMIENTO. Informaciones agronómicas N° 28. UEEA INTA 9 de Julio, 9 de Julio, Buenos Aires, Argentina. 9 pg.
64. WOODS HOLE RESEARCH CENTER (WHRC) (1998). Global Carbon Cycle. The Woods Hole Research Center.
65. ZEGARRA, L. E. (2003). Comparativo de rendimiento de seis cultivares de soja. Molinos MAYO en el Huallaga Central, Picota – Perú. 22 Págs.

LINKOGRAFIA VISITADA

1. <http://www.peruecologico.com> (abril, 2014)
2. http://www.bdigital.unal.edu.co/8545/4/03_Cap01.pdf. Diego Suárez y Luz Marina Melgarejo (mayo 2014)
3. <http://academic.uprm.edu/dpesantedocs/apicultura/fertilidad%20del%20suelo.pdf>.
(Julio, 2014)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “DOSIS DE HUMUS DE LOMBRIZ Y SU RESPUESTA EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SOYA (*Glycine max L.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO BANDA DE SHILCAYO – SAN MARTÍN – PERÚ” se desarrolló con los objetivos de evaluar el efecto de la fertilización con humus de lombriz para la fijación de CO₂ en el cultivo de soya (*Glycine max L.*) y determinar la curva de fijación de CO₂ y el punto máximo de producción de biomasa en el cultivo de soya (*Glycine max L.*). El trabajo de investigación se realizó en el “Fundo Miraflores”, ubicado a 3.5 Km., de la ciudad de Tarapoto, sector Ahuashiyacu perteneciente al distrito de la Banda de Shilcayo. Se utilizó el Diseño en Bloques completamente al azar (DBCA) con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento. Se evaluaron 5 tratamientos: 0, 4, 6, 8 Tn.ha⁻¹ de humus de lombriz y NPK (75-60-30).

Las conclusiones más relevantes fueron: Los tratamientos T4 (NPK) y T3 (8 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) obtuvieron los mayores promedios estadísticamente iguales entre sí, con 4283.11 y 4208.38 Kg de grano.ha⁻¹ respectivamente y los cuales superaron estadísticamente a los tratamientos T2 (6 Tn de humus de lombriz.ha⁻¹), T1 (4 tm de humus de lombriz.ha⁻¹) y T5 (testigo). Los valores de la Regresión para la fijación de Carbono en Kg.ha⁻¹ por unidad de tiempo transcurrido van incrementándose en función a las dosis de humus de lombriz aplicado al suelo desde 7.176, 9.222 y 10.105 para el T1, T2 y T3 respectivamente; así mismo, el tratamiento T3 (8 TM de humus de lombriz) con un valor de 10.105 fue comparativamente igual a la regresión obtenida por el T4 (NPK 75- 60-30) quien arrojó un valor de 10.274. Estos valores de regresión manifiestan en efecto de los tratamientos estudiados sobre la tasa de fijación de carbono en las plantas de soya. En la curva de fijación de CO₂ Se ha determinado el punto máximo de producción de biomasa en el cultivo de soya encontrándose este entre los 73 y 83 días aproximadamente.

Palabras clave: Dosis de humus de lombriz, biomasa, rendimiento, CO₂

SUMMARY

This research work entitled "HUMUS LOMBRIZ DOSE RESPONSE AND BIOMASS PRODUCTION AND YIELD OF SOYBEAN CROP (*Glycine max* L.) under irrigation SHILCAYO BAND - SAN MARTIN - PERU" was developed with the objectives evaluate the effect of fertilization with vermicompost for fixing CO₂ in the cultivation of soybeans (*Glycine max* L.). curve and determine the CO₂ fixation and the peak of biomass production in soybean cultivation (*Glycine max* L.). The research was conducted in the "Fundo Miraflores", located 3.5 Km., The city of Tarapoto, Ahuashiyacu industry belonging to the district of Shilcayo. Design was used in completely randomized blocks (RCBD) with 5 treatments and 4 replicates. 5 treatments were evaluated: 0, 4, 6, 8 Tn.ha⁻¹ vermicompost and NPK (75-60-30).

The main conclusions were: The T4 (NPK) and T3 (8 Tn vermicompost.ha⁻¹) treatments received the highest averages statistically equal to each other, 4283.11 and 4208.38 kg⁻¹ respectively and grano.ha⁻¹ which statistically outperformed the T2 (6 Tn vermicompost.ha⁻¹), T1 (4 Tn vermicompost.ha⁻¹) and T5 (control) treatments. Regression values for carbon fixation in Kg.ha⁻¹ per unit time elapsed will rise according to the doses of vermicompost applied to the ground from 7,176, 9,222 and 10,105 for the T1, T2 and T3 respectively; also, the T3 (8 MT of vermicompost) treatment with a value of 10,105 was comparatively equal to the regression obtained by T4 (NPK 75-60-30) who gave a value of 10,274. These regression values manifest effect of the treatments on the rate of carbon fixation in soybean plants. In the curve of CO₂ fixation has been determined peak biomass production in soybean cultivation this finding between 73 and about 83 days.

Keywords: Dose vermicompost, biomass, yield, CO₂

ANEXOS

Anexo 1: Contenido de Carbono obtenido desde los 10 hasta los 120 días DDS

	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
10	1.528	1.529	1.525	1.523	1.525
17	7.822	8.204	9.204	9.058	5.684
24	15.375	16.524	17.864	17.671	10.853
31	44.291	49.606	58.705	58.805	39.902
38	94.255	101.193	116.951	116.995	76.836
45	153.205	171.253	208.028	207.345	126.267
52	446.113	499.286	645.81	639.611	319.558
59	512.905	674.445	885.308	855.955	441.864
66	652.895	835.355	993.866	1034.455	494.705
73	717.067	881.211	1096.105	1125.638	539.256
80	717.742	872.092	1080.521	1124.509	531.729
94	652.2	805.297	810.499	825.455	441.494
110	560.675	734.604	805.1	809.365	378.994
120	557.95	725	769.303	770.503	330.267

Anexo 2: Contenido de materia seca obtenida desde los 10 hasta los 120 días DDS

	MST1	MST2	MST3	MST4	MST5
10	3.386	3.398	3.389	3.385	3.388
17	17.383	18.231	20.453	20.129	12.632
24	34.167	36.72	39.698	39.268	24.118
31	98.425	110.236	130.457	130.679	88.671
38	209.456	224.874	259.893	259.989	170.748
45	340.457	380.562	462.286	460.768	280.594
52	991.364	1109.524	1435.134	1421.359	710.129
59	1139.789	1498.768	1967.352	1902.123	981.919
66	1450.879	1856.345	2208.591	2298.789	1099.345
73	1593.482	1958.246	2435.789	2501.418	1198.348
80	1594.982	1937.982	2401.159	2498.911	1181.622
94	1389.334	1789.551	1801.111	1834.345	981.098
110	1245.944	1632.453	1789.112	1798.589	842.211
120	1239.889	1601.113	1709.563	1712.229	733.927

Anexo 3: Contenido de CO₂ obtenido desde los 10 hasta los 120 días DDS

	CO2 T1	CO2 T2	CO2 T3	CO2 T4	CO2 T5
10	127.34	127.42	127.0875	126.9375	127.05
17	651.833	683.666	767	754.833	473.666
24	1281.262	1377	1488.675	1472.55	904.425
31	3690.937	4133.85	4892.137	4900.463	3325.163
38	7854.6	8432.775	9745.987	9749.587	6403.05
45	12767.137	14271.075	17335.725	17278.8	10522.275
52	37176.15	41607.17	53817.525	53300.962	26629.837
59	42742.087	56203.8	73775.7	71329.612	36821.963
66	54407.962	69612.937	82822.162	86204.587	41225.437
73	59755.575	73434.225	91342.087	93803.175	44938.05
80	59811.825	72674.325	90043.462	93709.162	44310.825
94	52100.025	67108.162	67541.662	68787.937	36791.175
110	46722.9	61216.987	67091.17	67447.087	31582.912
120	46495.837	60416.737	64108.612	64208.587	27522.262

Anexo 4: Croquis del campo experimental

