Esta obra está bajo una Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en
http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO 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 caupí (*vigna unguiculata*) en la Banda de Shilcayo – San Martín - Perú

Presentado por la bachiller

Cinthya Valles Cabrera

Para optar el título profesional de ingeniero agrónomo

TARAPOTO - PERÙ

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO 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 caupí (*vigna unguiculata*) en la Banda de Shilcayo – San Martín - Perú

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR LA BACHILLER:

Cinthya Valles Cabrera

Ing. M. Sc. Dr. ORLANDO RIOS RAMIREZ
PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. ELIAS TORRES FLORES
SECRETARIO

Ing. LUIS ALBERTO LEVEAU GUERRA
MIEMBRO DEL JURADO

Ing. M. Sc. CESAR E. CHAPPA SANTA MARIA
ASESOR

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

INDICE

Pagina

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO

I. INTRODUCCIÓN 1

II. OBJETIVOS 3

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 4
3.1 Origen del caupi 4
3.2 Taxonomía 5
3.3 Características botánicas 5
3.4. Composición química del caupi (*Vigna unguiculata)* 8
3.5. Exigencias de clima y suelo 9
3.6. Siembra 11
3.7. Requerimientos nutricionales 12
3.8. Plagas y enfermedades del cultivo de caupí 13
3.9. Síntesis de Biomasa 14
3.10. Factores que Intervienen en la Síntesis de Biomasa 15
3.11. La Lombricultura 17
3.12. El humus de lombriz 17
3.13. El carbono 20
3.14. Efectos Del Cambio Climático 25
3.15. Ciclo del carbono 27

IV. MATERIALES Y MÉTODOS 31
4.1. Materiales y equipos 31
4.2. Metodología. 31

V. RESULTADOS 39

V. DISCUSIONES 45
6.1. De la longitud de vainas expresado en centímetro 45
6.2. Del peso del grano 46
6.3. Del número de vainas por ha 47
6.4. Del Número de granos por vaina 49
6.5. Del rendimiento de granos en $kg.ha^{-1}$ 50
6.6. Del Contenido de Carbono, Materia Seca y CO_2 en Kg.ha-1 por tratamiento 52

VI. CONCLUSIONES 55

VII. RECOMENDACIONES 57

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 58
RESUMEN
SUMMARY
ANEXO

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 caupí (*vigna unguiculata*) en la Banda de Shilcayo – San Martín – Perú, tuvo como objetivos: Evaluar el efecto de la fertilización con humus de lombriz para la fijación de CO_2 en el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata)* y Determinar la curva de fijación de CO_2 y el punto máximo de producción de biomasa en el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata)* y se condujo en campo utilizando un Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 05 tratamientos, considerando un testigo químico (NPK 75- 60-30 Kg..ha^{-l}), uno absoluto y 04 repeticiones por cada tratamiento.

Las conclusiones más relevantes fueron: Respecto al rendimiento de granos, el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un promedio de 2.967,84 $kg.ha^{-1}$ superó estadísticamente a los demás tratamientos; El T1 (4 TM de humus de lombriz) con un valor de regresión de 18.623 respondió con mayor eficiencia respecto al contenido de Carbono fijado; La máxima tasa de fijación de CO_2 fue desarrollada por el T1 entre los 45 y 55 días después de la siembra y en general entre los 45 a 55 días para los demás tratamientos, pero con menores valores de cambio por unidad de tiempo transcurrido.

Palabras clave: Humus de lombriz, carbono fijado, biomasa, fertilización

SUMMARY

This paper titled "Dose of vermicompost and its response in biomass production and crop yield of cowpea (Vigna unguiculata) in the Banda de Shilcayo - San Martin - Peru, aimed to evaluate the effect of vermicompost fertilization for fixing CO2 in the cultivation of cowpea (Vigna unguiculata) and determine the curve of CO2 fixation and peak biomass production in the cultivation of cowpea (Vigna unguiculata) and was conducted in the field using a randomized complete block design (RCBD) with 05 treatments, considering chemical control (NPK 75 - 60-30 kg. ha-|), an absolute and 04 repetitions per treatment.

The major findings were: On the grain yield, the T1 (4 tons of vermicompost) with an average of 2967.84 kg ha-1 statistically exceeded the other treatments, T1 (4 tons of vermicompost) with a value of 18,623 responded with regression of efficiency compared to fixed carbon content, the maximum rate of CO2 fixation was developed by the T1 between 45 and 55 days after planting and generally between 45 to 55 days for other treatments, but with lower values of change per unit of time.

Keywords: vermicompost, fixed carbon, biomass, fertilization

ANEXO

Anexo 1: Datos promedio de campo por Blocks y Tratamientos estudiados

Blocks	Trats	L de vaina	Granos x vaina	W vaina	W grano	Nº vainas x Ha	Rdto en Kg.ha
1	1	18.5	14.5	3.39	4.69	42608.29	2846.25
2	1	23.3	16.5	2.64	4.03	46166.2	3083.21
3	1	21.7	16	4.3	5.71	44108.69	2946.25
4	1	22.2	13.5	3.48	3.72	44849.06	2995.68
1	2	17	17	1.11	2.21	40624.75	1657.93
2	2	21.9	16	2.31	2.44	41733.64	1702.13
3	2	18.5	13	0.81	3.06	41666.08	1691.33
4	2	19.2	14.5	1.61	1.8	41334.45	1688.93
1	3	17.5	12.5	2.01	1.38	22608.29	610.42
2	3	21	12.5	1.99	1.09	23649.54	638.54
3	3	17.5	13.5	2.17	0.92	24524.19	662.14
4	3	18	12.5	2.3	0.84	23683.86	639.46
1	4	21	13.5	3.02	1.09	39977.09	1239.29
2	4	19.4	14.5	1.97	0.81	38876.85	1205.18
3	4	17.4	14	2.2	0.93	40987.65	1270.62
4	4	18	15.5	2.5	0.85	40813.59	1265.22
1	5	17.5	12.5	2.45	1.19	16774.29	536.77
2	5	19.8	11.5	2.51	0.85	15491.49	495.72
3	5	18.8	11.5	2.82	0.71	17741.57	567.73
4	5	18.7	12.5	2.67	0.59	17499	559.97

Anexo 2: Contenido promedio de carbono por tratamiento estudiado

DDS	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
10	1.71	2.01	1.63	2.18	1.25
17	11.24	22.69	14.46	8.6	8.7
24	40.2	71.13	52.92	32.98	27.02
31	240.28	216.42	113.29	71.11	56.81
38	328.12	314.06	445.31	303.74	183.75
45	1073.43	419.99	386.72	492.18	265.72
52	1077.84	670.41	427.49	501.9	314.52
59	969.63	501.62	409.48	472.45	310.55
66	967.49	500.11	408.39	464.24	306.84
80	967.49	500.11	408.39	464.24	306.84

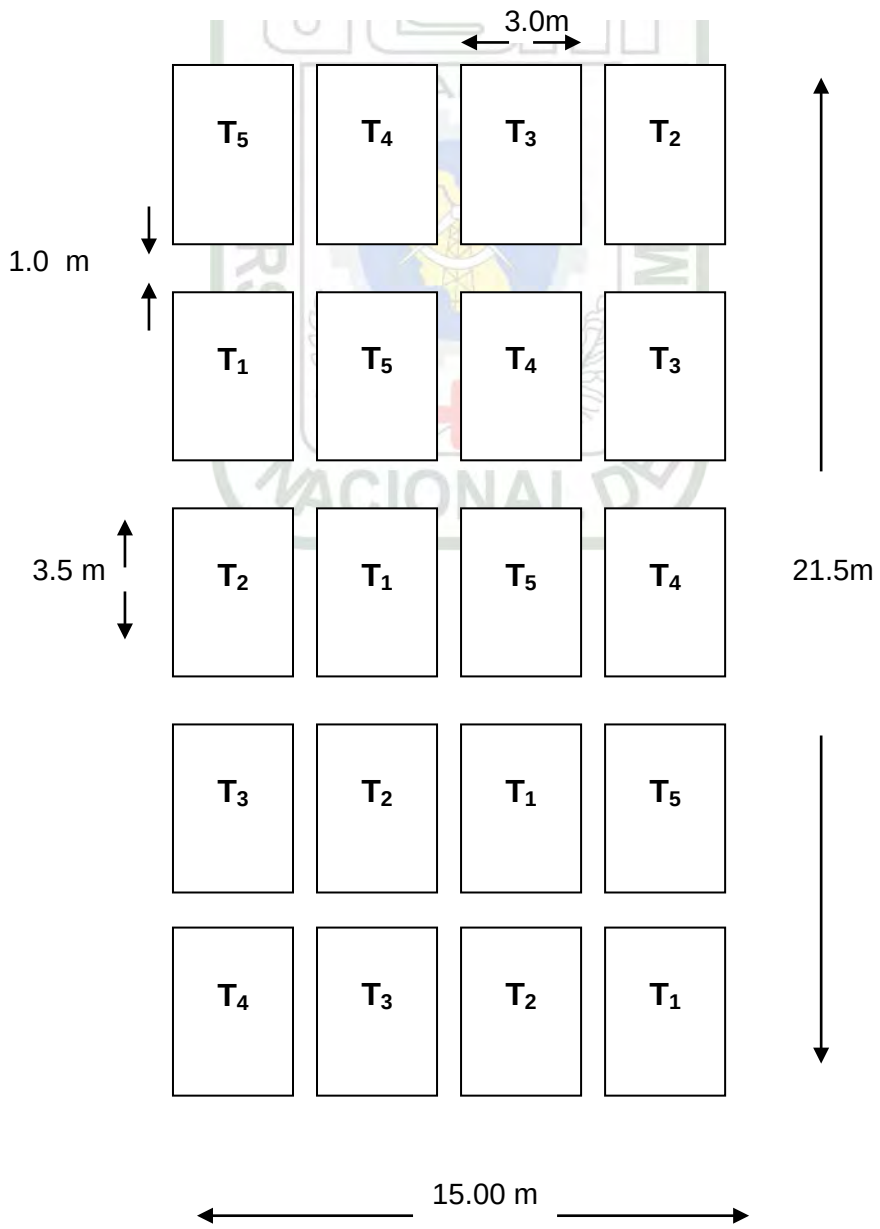
Anexo 3: Contenido promedio de materia seca por tratamiento estudiado

DDS	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5
10	3.81	4.45	3.63	4.84	2.79
17	24.98	50.43	32.13	19.11	19.35
24	89.34	158.07	117.62	73.3	60.05
31	533.95	480.93	251.77	158.02	126.25
38	729.16	697.91	689.57	674.99	408.33
45	2385.4	933.33	859.39	1093.74	612.49
52	2395.2	1148.98	949.99	1115.34	698.94
59	2154.75	1114.72	909.97	1049.91	690.13
66	2149.98	1111.35	907.54	1031.65	681.87
80	2149.98	1111.35	977.54	1031.65	681.87

Anexo 4: Contenido promedio de CO2 por tratamiento estudiado

DDS	CO2T1	CO2T2	CO2T3	CO2T4	CO2T5
10	0.1425	0.1675	0.1358	0.1816	0.1042
17	0.9366	1.8908	1.205	0.7166	0.725
24	3.35	5.9275	4.41	2.7483	2.2516
31	20.0233	18.035	9.4408	5.9258	4.7341
38	27.3433	26.1716	37.1091	14.0625	7.8125
45	89.4525	34.9991	32.2266	41.015	22.1433
52	89.82	55.8675	35.6241	41.8225	26.21
59	80.8025	41.8016	34.1233	39.3708	25.8791
66	80.6241	41.6758	34.0325	38.6866	25.57
80	80.6241	41.6758	34.0325	38.6866	25.57

Anexo 5: CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL



I. INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos es la finalidad más importante de la agricultura, sin embargo, la obtención de productos industriales como fibras, aceites, etc. y últimamente la producción de productos energéticos (biomasa, alcohol, metano) son otras alternativas que han adquirido importancia con la crisis energética. Para la obtención de éstos productos en forma adecuada, el hombre ha necesitado contar con el material biológico capaz de generar un producto determinado, en la forma lo más eficiente posible. Este material biológico es la planta y su eficiencia de producción estará determinada por factores del medio ambiente que van a interactuar con el sistema fisiológico y bioquímico, el cual esta predeterminada genéticamente.

El caupí, conocido localmente como “Chiclayo” es un componente proteico importante en la dieta alimenticia del poblador rural y urbano de la región San Martín. Desde el punto de vista agronómico, es importante por ser una leguminosa de corto período vegetativo, y su capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelos tropicales y su tolerancia a la sequía, lo cual constituye una valiosa contribución como cultivo de rotación incorporados a los sistemas de producción.

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico de primer orden, biorregulador y corrector del suelo cuya característica fundamental es la bioestabilidad, lo protege de la erosión, mejorando sus características físico-químicas, 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).

Para lograr este propósito y debido a que los terrenos cultivados sufren la pérdida de una gran cantidad de nutrientes, lo cual puede agotar la materia orgánica del suelo, se deben restituir permanentemente. Esto se puede lograr a través del aporte de los abonos orgánicos introducido en el campo, como es el caso de humus de lombriz.

II OBJETIVOS

2.1 Evaluar el efecto de la fertilización con humus de lombriz para la fijación de CO_2 en el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata)*.

2.2 Determinar la curva de fijación de CO_2 y el punto máximo de producción de biomasa en el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata)*.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origen del caupi

Las poblaciones silvestres de *Vigna unguiculata* subespecies *dekindtiana* fueron las que se asume suplieron los materiales para la domesticación. Son plantas de legumbres dehicentes y pequeñas, con semillas duras y de menor tamaño que las cultivadas. Crece desde Senegal hasta Etiopia con la mayor diversidad en este último país, en contraste con la uniformidad de las poblaciones de África Occidental. Se puede asumir que fue domesticada en África Occidental o Central, y que con el sorgo y el millo formaron la base de una agricultura muy antigua. León (1987).

De África pasó a India, posiblemente junto con el sorgo y el millo formó la base de una agricultura muy antigua. De África pasó a india, posiblemente junto con el sorgo, unos 1500 a 1000 años a.C. en India se formó un centro secundario de viabilidad, del cual se derivan muchos de los cultivares modernos, se desarrolló también un tipo forrajero, la subespecie *cylindrica*, y se originó por mutación la subespecie *sesquipedalis*, caracterizada por las legumbres hasta de un metro de largo, que se comen tiernas. Litzenberger (1984).

3.2 **Taxonomía** (León, 1987)

Familia	: Fabacea
Sub familia	: Papilonaceae
Género	: *Vigna*
Especie	: *unguiculata*
Nombre común	: Caupí, chiclayo
Nombre científico	: *Vigna unguiculata* L.

3.3 Características botánicas

León (1987), señala que el caupí es una hierba anual de germinación epigea, el sistema pedicular se compone de una raíz principal, fuerte y profunda y de numerosas raicillas laterales que portan muchos nódulos, las hojas son trifoliadas, tiene el pecíolo y raquis fuertes y acanalados en el lado superior, el mismo autodefine que la legumbre difiere en tamaño, posición, numero de semillas y estructura en las diferentes grupos de cultivares.

Así mismo menciona que el caupí es altamente autógama aunque se a registrado casos de hasta 14% de alogamía, es fácil de hibridizar y las semillas de los cruces son de alta variabilidad y reconoce que en el caupí hay tres grupos de cultivares.

3.3.1 Sistema radicular

Es muy ligero y poco profundo y está constituido por una raíz principal y gran número de raíces secundarias con elevado grado de ramificación.

3.3.2 Tallo principal

Es herbáceo. En variedades enanas presenta un porte erguido y una altura aproximada de 30 a 40 centímetros, mientras que en los porotos de enrame alcanza una altura de 2 a 3 metros, siendo voluble y dextrógiro (se enrolla alrededor de un soporte o tutor en sentido contrario a las agujas el reloj).

3.3.3 Hoja

Sencilla, lanceolada y acuminada, de tamaño variable según la variedad.

3.3.4 Fruto

Legumbre de color, forma y dimensiones variables, en cuyo interior se disponen 4-6 semillas. Existen frutos de color verde, amarillo jaspeado de marrón o rojo sobre verde, etc., aunque los más demandados por el consumidor son los verdes y amarillos con forma tanto cilíndrica como acintada. En estado avanzado las paredes de la vaina o cáscara se refuerzan por tejidos fibrosos.

3.3.5 Inflorescencia

Puede presentar diversos colores, únicos para cada variedad, aunque en las variedades más importantes la flor es blanca. Las flores se presentan

en racimos en número de 4 a 8, cuyos pedúnculos nacen en las axilas de las hojas o en las terminales de algunos tallos.

Las inflorescencias son racimos compuestos de crecimiento indeterminado, excepto en los grupos de cultivares cilíndrica, que tiene una flor terminal. Los pedúnculos, largos y fuertes, se continúan en el caquis floral, que es más comprimido que en *Phaseolus.* Hay hasta seis nudos de flores en el racimo y cada uno consiste de dos flores laterales y un cojín central. Este último órgano es un protuberancia formada de varias flores que abortan y dejan como restos una cavidades que han sido llamadas nectarios.

3.3.6 Variabilidad

Vigna unguiculata es altamente autógama, aunque se ha registrado casos hasta de 14% de alogamia. Es fácil de hibridazar y las semillas de los cruces son de alta viabilidad. El mejoramiento se ha dirigido a incrementar el rendimiento, obtener líneas indiferentes a fotoperíodo, resistencia a enfermedades especialmente virosas, porte recto y regular pedúnculos florales largos que sobresalgan del follaje, y otros. Como existe una correlación negativa entre numero de legumbres y de semillas por planta, una posibilidad es obtener tipos cuyo porte permita aumentar la densidad de siembra.

3.4. Composición química del caupi (*Vigna unguiculata)*

Para conocer el potencial químico del caupi Agreda nos presenta una comparación de la composición química del caupi con la soya y un frijol regional.

Cuadro 1: Composición química del caupi (*Vigna unguiculata)*

NUTRIENTES	CAUPI	SOYA	FRIJOL UCAYALINO
Humedad	9.3	16.6	14.0
Materia seca	91.7	83.4	86.0
Grasa	1.3	17.2	1.1
Proteínas	24.8	36.9	24.5
Fibra	3.3	4.5	4.2
Cenizas	64.3	18.1	50.7

Fuente: Agreda (1986)

El caupí; conjuntamente con la soya, significan una buena alternativa para solucionar este problema con amplia ventaja sobre las demás leguminosas porque se obtienen altos rendimientos con las técnicas del cultivo de estas especies (Ormeño (1996).

3.5. Exigencias de clima y suelo

3.5.1. Exigencias climáticas

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto. Es planta de clima húmedo y suave, dando las mejores producciones en climas cálidos. Además requiere de una precipitación promedio de 1 500 - 2 000 mm/año bien distribuidos, mayor precipitación en la etapa de crecimiento vegetativo, menor cantidad en el llenado de granos envainas y seco o con escasa lluvias en la maduración y secado de vainas. Ricaldi (1990).

3.5.1.1. Temperatura

Cuadro 2: Temperaturas críticas para caupí en las distintas fases de desarrollo.

Temperatura óptima del suelo	15 - 20 ºC
Temperatura ambiente óptima de germinación	20 - 30 ºC
Temperatura mínima de germinación	10 ºC
Temperatura óptima durante el día	21 - 28 ºC
Temperatura óptima durante la noche	16 - 18 ºC
Temperatura máxima biológica	35 - 37 ºC
Temperatura mínima biológica	10 - 14 ºC
Temperatura mínima letal	0 - 2 ºC
Temperatura óptima de polinización	15 - 25 ºC

Fuente: CIAT (1987).

Cuando la temperatura oscila entre 12-15 ºC la vegetación es poco vigorosa y por debajo de 15 ºC la mayoría de los frutos quedan en forma

de “ganchillo”. Por encima de los 30 ºC también aparecen deformaciones en las vainas y se produce la caida de flores; siendo la temperatura media de 20-26 ºC y la óptima de 23 ºC. (CIAT, 1987).

3.5.1.2. Humedad

La humedad relativa óptima del aire en el invernadero durante la primera fase de cultivo es del 60 % al 65 %, y posteriormente oscila entre el 65 % y el 75 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad (Ricaldi, 1990).

3.5.1.3. Luminosidad

Es una planta de día corto. No obstante, la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas cuanto mayor es aquélla, siempre que la humedad relativa sea adecuada (Ricaldi, 1990).

3.5.2. Exigencias en suelo

Aunque admite una amplia gama de suelos, los más indicados son los suelos ligeros, de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos fuertemente arcillosos, muy calizos y demasiado salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo, quedando la planta de color pajizo y achaparrado (Ricaldi, 1990). Los valores de pH óptimos oscilan entre 6 y 7,5, aunque

en suelo enarenado desarrolla bien con valores de hasta 8,5 (Litzenberger, 1984).

3.6. Siembra

3.6.1. Época de siembra

La siembra se debe efectuar durante todo el año pero la disponibilidad del agua condiciona. La maduración y cosecha debe coincidir con un período seco, sin lluvias (Ricaldi, 1990).

3.6.2. Sistema de siembra

La siembra se hace manualmente, directo en hileras y por golpes, con tacarpo a una profundidad de 5 cm. y colocando de 3-4 semillas/golpe. (Ricaldi, 1990).

3.6.3. Densidad de siembra

El distanciamiento de siembra se realiza en función al cultivo, según su porte y hábitos de crecimiento. La cantidad de semilla necesaria para sembrar una hectárea depende de la calidad, tamaño de la semilla, del sistema de cultivo, del método y espacio disponible (Araujo, 1979). Ensayos realizados de distanciamiento realizados en la Estación Experimental Agraria-Tingo María, reportan que los mejores resultados fueron de 0.50 m entre líneas y de 0.20 m entre golpes con la variedad de caupí Black Eye (Vargas, 1989).

3.7. Requerimientos nutricionales

Por ser una leguminosa, el caupí no necesita fertilizante nitrogenado, aunque sus requerimientos de fosfato y potasio son relativamente altos para un mayor rendimiento. El cultivo responde muy bien a un buen nivel de cal. Sánchez (1973). En el caso de aplicarse fertilizantes, éstos deben colocarse en bandas hacia un lado de la hilera de semillas, para impedir que las nuevas raíces mueran y evitar su interacción indebida con el suelo que tiene a convertir los fosfatos en forma no aprovechable. (Litzenberger, 1984).

El ácido fosfórico interviene en la floración y fructificación de una forma decisiva, no consiguiéndose buenos resultados sin cantidades suficientes de este elemento; además, el fósforo incrementa su precocidad y rendimiento (Box, 1961).

Experimentos con aplicación combinada de fósforo y potasio en las condiciones agro-ecológicas de Tarapoto, señalaron que el mejor rendimiento obtenido para el fríjol caupí fue la dosis de 100-0 (PK) y que el rendimiento de peso total de semilla por tratamiento fue influenciado por el fósforo en la dosis de 100 Kg /Ha (Tuesta, 1985).

3.8. Plagas y enfermedades del cultivo de caupí

Principales plagas:

Grillos (*Grillus assimilis)* y gusano medidor (*Pseudoplusia incluidens*), se comen las hojas y brotes tiernos, produciendo fuertes defoliaciones. Para controlar estas plagas se debe mantener el campo libre de malezas.

Afidos (*Empoasca Krameri)* y escarabajos *(Diabrotica sp.)*, que producen clorosis con encarrujamiento de bordes de hoja y virosis.

La principal enfermedad es la chupadera fungosa causada por (*Rhizoctonia solani),* atacando a nivel del cuello cuando la plantita emerge produciendo su muerte (Tuesta, 1985).

Fisiopatías:

Caída de flores: La flor es el órgano más débil de la planta y cualquier deficiencia que ésta sufra la va a manifestar cayéndose. Los factores causantes pueden ser: cambios bruscos de temperatura, crecimiento vegetativo excesivo, bajada de la humedad relativa, estrés hídrico en el momento de la floración, exceso de temperatura, exceso de fertilización nitrogenada o tratamientos fitosanitarios que, sin llegar a ser fitotóxicos, dañen la flor (Tuesta, 1985).

3.9. 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 CO_2.

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.

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 al ATP y el $NADPH_2$ necesarios para la reducción del CO_2 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 substrato total, será entonces el mecanismo responsable de proporcionar el esqueleto de los nuevos compuestos (cadenas carbonadas), y la energía necesaria (ATP y $NADPH_2$) para el ensamble (parte aérea y raíces). Para el funcionamiento de la respiración la planta necesita absorber el O_2 de la atmósfera (o del suelo en el caso de la respiración radicular) y al mismo tiempo desprender CO_2. 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 substrato orgánico (glucosa) sea deficiente.

3.10. 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 (CO_2) y de la energía luminosa.

Factores como la radiación, la concentración de CO_2 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 influencian en la productividad vegetal son de tipo atmosférico y edáfico.

3.10.1. 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 CO_2, cuya concentración es la atmósfera es de alrededor de 350 vpm.
- El O_2, 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.

3.10.2. 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.

3.11. 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. **http://www.peruecologico.com**

3.12. El humus de lombriz

El humus de lombriz es de color negruzco, granulado, 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. 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**

3.12.1. 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
Relaciòn aer/anaerob.	1.:1000

Fuente: Centro de Investigación y Desarrollo. Lombricultura S.C.I.C

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**

Cuadro 4. Análisis químico proximal del humus, el cual nos sirve para conocer los componentes del humus.

Humedad	**52.30%**	**Mercurio**	**0%**
PH	6.8-7.2	Cromo	0%
Materia orgánica	46.06%	Manganeso ppm	735
Ceniza	54.94%	Cobre ppm	312
Nitrógeno	1.5-3.35%	Zinc ppm	844
Fósforo (P20 5)	1.94%	Cobalto ppm	28
Fósforo ppm	700-7.700	Carga bacterial total	
Calcio	9.67%	A 20 grados centígrados	
Magnesio	1.51%	Por 96 hrs.	
Hierro	1.44%	Colonias 1 gramo	5x1012
Plomo	0%		

Fuente: FERRUZZI (1994)

3.13. 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 CO_2.

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 (2000), 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 (Schindler, 1999).

En el pasado, el desarrollo de la agricultura fue la principal causa del incremento de la concentración de CO_2 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. Esto representa lo que es conocido como el *carbono faltante* en el ciclo: un sumidero que podría estar situado principalmente en la parte norte del hemisferio norte (Schindler, 1999). Los principales factores que actúan sobre la evolución de la materia orgánica conciernen la vegetación, ingreso de residuos, composición de las plantas, los factores climáticos: condiciones de temperatura y humedad, y las propiedades del suelo: textura, contenido y mineralogía de la arcilla, acidez.

3.13.1. 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).

3.13.2. 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).

3.13.3. 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.

3.13.3.1. 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 vivientes 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 (FAO, 2005).

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 (FAO, 2005).

3.13.3.2. 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 protectiva 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).

3.14. Efectos Del Cambio Climático

Mientras que un aumento del contenido atmosférico de gases de invernadero está llevando a un cambio climático, también ocurrirán numerosos efectos complejos, contrastantes y opuestos (Brinkman y Sombroek, 1996).

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 C3. Otro efecto importante del aumento del CO_2 es la disminución de la transpiración de las plantas a través de los estomas lo cual redunda en una mayor eficiencia en el uso del agua (WUE), sobre todo en las plantas C4. En lo que se refiere al agua, hay un efecto neto favorable del CO_2 sobre la reducción de la transpiración de las plantas

(Gregory, 1998). Evidentemente, para llegar a un aumento de rendimiento en el campo, también deben ser satisfechos otros requerimientos de las plantas como el agua y los nutrientes disponibles.

En lo que se refiere al ciclo del carbono, habrá una mayor captura de carbono por la biomasa aérea y un correlativo ingreso de carbono en el suelo a partir de los residuos de las plantas y del crecimiento y la muerte de las raíces más finas. Los compuestos de las raíces tienen una mayor relación C/N y son más estables (FAO, 2005).

Otro factor que juega un papel importante en la captura de carbono es la temperatura, la que podría aumentar en algunas partes del globo terráqueo. Tal incremento podría provocar una mayor tasa de mineralización de la materia orgánica por los microorganismos y una mayor tasa de respiración de las raíces. Este efecto de la temperatura sobre la mineralización podría ser significativo en los países fríos, donde la temperatura es un factor limitante y donde puede ser esperado un incremento de las emisiones de CO_2. Sin embargo, en la mayor parte del mundo es de esperar un aumento de la captura de carbono (Van Noordwijk, 1997).

3.15. Ciclo del carbono

La atmósfera que rodea el globo terráqueo suministra el CO_2 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 O_2). Actualmente, los componentes principales de la tropósfera son: 78 Vol. % nitrógeno, 21 Vol. % oxígeno, 0,95 Vol. % gases raros y 0,035 Vol. % anhídrido carbónico (Hernández, 2001).

Las plantas capturan el dióxido de carbono de la atmósfera y de los océanos, fijándolo en compuestos orgánicos (son consumidoras de CO_2). Las plantas producen también CO_2 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 CO_2, como producto final de la respiración, en la que se degradan carbohidratos sintetizados en la fotosíntesis. El balance entre el CO_2 fijado y el CO_2 producido es mantenido por la formación de carbonatos en los océanos. Lo que remueve el exceso de CO_2 del aire y del agua (que están en equilibrio en relación al CO_2). Desde mediados del siglo XVIII, el contenido del CO_2 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. 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 CO_2 a la atmósfera. El dióxido de carbono en la atmósfera, al lado del vapor de agua , metano, ozono y óxido de nitrógeno (N_2O) 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 (Hernández, 2001).

Como resultado de la combustión de los vehículos automotores, se liberan a la atmósfera dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y CO_2, que al combinarse con el vapor de agua de la atmósfera, generan ácidos, que al ser lavados por las aguas de lluvia, nieve o niebla 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. La lluvia ácida produce alteraciones en los suelos y en las aguas, afectando la microflora, la macro y microfauna; así como los procesos de nitrificación y disponibilidad de cationes básicos. Al lado del efecto tóxico de sus componentes químicos, el deposito 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. Una alternativa que reduciría la cantidad de anhídrido carbónico atmosférico sería capturando el CO_2 al plantar bosques que actúen como sumideros de CO_2 reduciendo las concentraciones de éste gas mediante su fijación en la fotosíntesis y su conversión en materia orgánica (Hernández, 2001).

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.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales y equipos.

Campo:

- Material biológico: Semilla de caupi
- Humus de lombriz.
- Campo Experimental.
- Estacas
- Palana.
- Machete.
- Rastrillo.
- Balanza.
- Cordel (rafia)
- Bolsas plásticas
- Plumón indeleble
- Costales
- Carretilla

Gabinete

- Libreta de apuntes
- Lápiz o lapicero
- Calculadora
- Papel A4
- Computadora

4.2. Metodología.

- **Ubicación del campo experimental:**

  El campo experimental esta ubicado en el “Fundo Miraflores”, propiedad de la UNSM; a 3.5 Km., de la ciudad de Tarapoto, en el sector Ahuashiyacu del distrito de la Banda de Shilcayo.

Ubicación geográfica:

Latitud sur	:	6° 32’
Latitud oeste	:	76° 17’ 15”
Altitud	:	426 m.s.n.m.
Ecosistema	:	Bosque seco tropical
Suelo	:	Ultisol.
Temperatura media anual	:	26º C.
Precipitación media anual	:	1 000 mm.
Época de máxima precipitación	:	Febrero a Mayo.
Época de mínima precipitación	:	Junio a Setiembre.

Ubicación Política:

Departamento	:	San Martín.
Provincia	:	San Martín.
Distrito	:	Banda de Shilcayo.
Lugar	:	Fundo Miraflores

(U.N.S.M.).

4.2.1. Historia del campo

En el terreno donde se instaló las parcelas demostrativas del trabajo de investigación anteriormente se desarrollaron trabajos de experimentación en cursos dictados en la facultad de Ciencias Agrarias, al momento que se dispuso el trabajo de instalación de el proyecto de tesis; se encontraron gramíneas y arbustos diversos.

4.2.2. Características Climáticas.

Presenta una zona de vida bosque seco tropical (Bs-T), con una precipitación anual de 1147.8 mm y temperatura varía entre los 28 y 34 Cº, con temperatura media anual de 26,2 ºC. La humedad relativa de

78,5%. Los vientos van en dirección norte y alcanzan velocidades anuales de 4,9 Km. /h.

4.2.3. Vías de acceso

La carretera Fernando Belaúnde Terry Tarapoto – Juanjui Km. 5, es la principal vía de acceso, entrando al margen izquierdo sector Ahuashiyacu, carretera que conduce al caserío de Bello Horizonte perteneciente al distrito de la Banda de Shilcayo.

4.3. Conducción del experimento.

El trabajo de investigación se ejecutó en 4 meses, de acuerdo a lo estipulado con el cronograma de actividades y se instaló en un terreno destinado a la investigación del experimento.

4.3.1. Instalación de unidades experimentales.

Se instalaron parcelas experimentales de 15,0 m x 21,5 m., total del área experimental: $m^{2.}$

a. Preparación del terreno.

Se habilitó un área determinada para el presente experimento (Fundo Miraflores, propiedad de la UNSM-T).

b. Obtención del material a evaluar (humus).

El humus de lombriz se obtuvo del módulo de lombrices cuyas instalaciones cuentan con cuatro camas en producción, ubicadas en el mismo Fundo Miraflores.

c. Obtención de material biológico.

La semilla de caupí (*vigna unguiculata*) de la variedad “San Roque” se obtuvo de la estación experimental El Porvenir INIEA – Juan Guerra.

4.4. Diseño y características del experimento

- **Diseño experimental**:

  El presente proyecto se condujo en campo utilizando un Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 05 tratamientos (3 con humus de lombriz, un testigo químico y uno absoluto) y 04 repeticiones por cada tratamiento.

- **Unidad experimental:** 10,50 m².

- **Características del diseño experimental**

  Número de tratamientos (t) : 5
  Número de bloques (b) : 4
  Número total de UE : 20
  Número de repeticiones : 4

a. Campo experimental

Largo	:	21.5 m
Ancho	:	15 m
Área total	:	322.5 m^2
Nº de tratamientos	:	5
Nº de repeticiones	:	4
Nº de parcelas	:	20

b. Bloques o repeticiones

Nº de repeticiones	:	4
Largo	:	21.5 m
Ancho	:	3 m

Área total : 64.5 m^2

Calles : 1 m

c. Parcelas

Nº de parcelas : 20

Nº parcelas/bloque : 5

Largo : 3.5m

Ancho : 3m

Área total : 10.5 m^2

Calles : 1 m

Cuadro 4: Tratamientos evaluados

Clave	Detalle	Descripción
T_1	Dosis	4 tm./ha (humus)
T_2	Dosis	6 tm./ha (humus)
T_3	Dosis	8 tm./ha (humus)
T_4	Químico	NPK (75- 60-30) Kg./ha
T_5	Testigo	Absoluto

4.5. Características edáficas.

A continuación se presenta un análisis Físico-Químico del suelo de una parte del Fundo Miraflores, donde se encuentra una clase textural Franco Arenosa, con un contenido de materia orgánica de 4.1 %. pH ácido de 5.21, además, con alto contenido de P2O5: 48.0 ppm; bajo en k20: 0.17 meq/100 g suelo y bajo en Ca+Mg: 2.0 meq/100 g suelo. Que se describe en el siguiente cuadro:

Cuadro 5: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL SUELO – CAMPO EXPERIMENTAL DEL FUNDO MIRAFLORES

MUESTRA DE SUELO	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
Textura.		**Franco arenoso.**
Arena.	78,6**%**	
Arcilla.	14,2**%**	
Limo.	7,2**%**	
pH	5,21	**Ácido.**
M.O.	4.1**%**	**Alto.**
Fósforo disponible	48,0 **ppm.**	**Alto.**
Potasio intercambiable	0,17 **meq/100g**	**Bajo.**
Calcio + magnesio	2 **meq/100g**	**Bajo.**

Fuente: Laboratorio de suelos de la FCA-UNSM-T, 2006

4.6. Parámetros evaluados

- **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.

- **Carbono en la biomasa vegetal**

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

  Una vez obtenido los datos de materia seca y mediante el modelo matemático para el cálculo de carbono en la biomasa mencionada por Alegre (2002), se obtuvo como resultado el contenido de carbono.

- **CO_2 en la biomasa**

  A partir del cálculo de carbono en la biomasa y utilizando la fórmula balanceada de la fotosíntesis, se calculó el contenido de los moles de CO_2 fijado teniendo en cuenta su peso molecular. La cual también nos permitió calcular el agua consumida, la tasa de biomasa producida y el oxígeno liberado por el proceso fotosintético en un tiempo dado.

- **Tamaño de vainas**

  Con la ayuda de una regla milimétrica se midió el tamaño de vainas por planta del área neta experimental ($1m^2$) de cada parcela.

- **Número de vainas por ha**

  Se contabilizó el numero 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.

- **Número de granos por vainas**

  Se registro el número de semillas por vaina del área neta experimental ($1m^2$) de cada parcela, para luego promediarse.

- **Peso de semillas**

  Después de separar las semillas de las vainas se procedió a pesar en una balanza analítica un total de 10 semillas al azar por tratamiento con 10 repeticiones cada una.

- **Rendimiento de granos**

  Teniendo los datos expresados en g.subparcela neta^{-1}, se procedió a calcular los verdaderos rendimientos estados en Tn.ha^{-1} 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 m^2.

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

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

Siendo:

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 %.

V. RESULTADOS

Cuadro 1: Análisis de varianza para la longitud de vainas expresado en centímetro

F. V.	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P-valor
Blocks	7506.766	3	2502.255	1362.142	0.000
Trats	22.602	4	5.651	3.076	0.058 **N.S.**
Error	22.042	12	1.837		
Total	7551.410	19			
R^2 = 99,7%		CV = 6,98%		Promedio = 19,344	

Cuadro 2: Duncan para los promedios de tratamientos respecto a la longitud de vaina expresado en centímetro

Trats	Descripción	Duncan (alfa 0.05)	
		a	b
3	8 TM de humus de lombriz	18.50	
5	Testigo absoluto	18.70	
4	NPK (75- 60-30) Kg./ha	18.95	
2	6 TM de humus de lombriz	19.15	
1	4 TM de humus de lombriz		21.42

Cuadro 3: Análisis de varianza para el peso del grano expresado en gramos

F. V.	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P-valor
Blocks	1.447	3	0.482	2.720	0.091
Trats	39.914	4	9.978	56.282	0.000**
Error	2.128	12	0.177		
Total	119.188	19			
R^2 = 98,2%		CV = 21,4%		Promedio = 1,948	

Cuadro 4: Duncan para los promedios de tratamientos respecto al peso del grano expresado en gramos

Trats	Descripción	Duncan (alfa 0.05)		
		a	b	c
5	Testigo absoluto	0.84		
4	NPK (75- 60-30) Kg./ha	0.92		
3	8 TM de humus de lombriz	1.06		
2	6 TM de humus de lombriz		2.38	
1	4 TM de humus de lombriz			4.54

Cuadro 5: Análisis de varianza para el número de vainas por ha

F. V.	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P-valor
Blocks	4960024.829	3	1653341.610	1.959	0.174
Trats	2396768826.43	4	599192206.61	709.99	0.000**
Error	10127326.819	12	843943.902		
Total	24570916900.227	19			
R^2 = 99,9%		CV = 2,75%		Promedio = 33285,93	

Cuadro 6: Duncan para los promedios de tratamientos respecto al número de vainas por ha

Trats	Descripción	Duncan (alfa 0.05)			
		a	b	c	d
5	Testigo absoluto	16876.58			
3	8 TM de HL		23616.47		
4	NPK (75- 60-30) $Kg.ha^{-1}$			40163.79	
2	6 TM de HL			41339.73	
1	4 TM de HL				44433.06

Cuadro 7: Análisis de varianza para el número de granos por vaina.

F. V.	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P-valor
Blocks	1.138	3	0.379	0.257	0.855
Trats	32.625	4	8.156	5.537	0.009**
Error	17.675	12	1.473		
Total	3901.750	19			
R^2 = 99,5%		CV = 8,72%		Promedio = 13,96	

Cuadro 8: Duncan para el promedio de tratamientos respecto al número de granos por vaina.

Tratamientos	Descripción	Duncan (alfa 0.05)		
		a	b	c
5	Testigo absoluto	12.00		
3	8 TM de humus de lombriz	12.75	12.75	
4	NPK (75- 60-30) Kg./ha		14.38	14.38
1	4 TM de humus de lombriz			15.13
2	6 TM de humus de lombriz			15.13

Cuadro 9: Análisis de varianza para el rendimiento de granos en $kg.ha^{-1}$

F. V.	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	P-valor
Blocks	9189.948	3	3063.316	1.295	0.321
Trats	15531930.28	4	3882982.572	1640.988	0.000**
Error	28394.963	12	2366.247		
Total	55621854.68	19			
R^2 = 99,9%	CV = 3,44%		Promedio = 1415,13		

Cuadro 10: Duncan para los promedios de tratamientos respecto al rendimiento de granos en kg/ha

Trats	Descripción	Duncan (alfa 0.05)				
		a	b	c	d	e
5	Testigo absoluto	540.04				
3	8 TM de humus de lombriz		637.64			
4	NPK (75- 60-30) Kg./ha			1245.07		
2	6 TM de humus de lombriz				1685.08	
1	4 TM de humus de lombriz					2967.84

Cuadro 11: Contenido de carbono en $Kg.ha^{-1}$ por tratamiento estudiado.

Días después de la siembra	Carbono T1	Carbono T2	Carbono T3	Carbono T4	Carbono T5
10	1.71	2.01	1.63	2.18	1.25
17	11.24	22.69	14.46	8.6	8.7
24	40.2	71.13	52.92	32.98	27.02
31	240.28	216.42	113.29	71.11	56.81
38	328.12	314.06	445.31	303.74	183.75
45	1073.43	419.99	386.72	492.18	265.72
52	1077.84	670.41	427.49	501.9	314.52
59	969.63	501.62	409.48	472.45	310.55
66	967.49	500.11	408.39	464.24	306.84
80	967.49	500.11	408.39	464.24	306.84

Cuadro 12: Valor de la regresión y coeficiente de determinación para la fijación de Carbono en Kg.ha^{-1} por unidad de tiempo transcurrido

Tratamientos	Descripción	Regresión (b)	R^2 (%)
T1	4 TM de humus de lombriz	18.623	72.8
T2	6 TM de humus de lombriz	9.123	73.5
T3	8 TM de humus de lombriz	7.242	67.0
T4	NPK (75- 60-30) Kg./ha	8.806	74.3
T5	Testigo absoluto	5.695	82.2

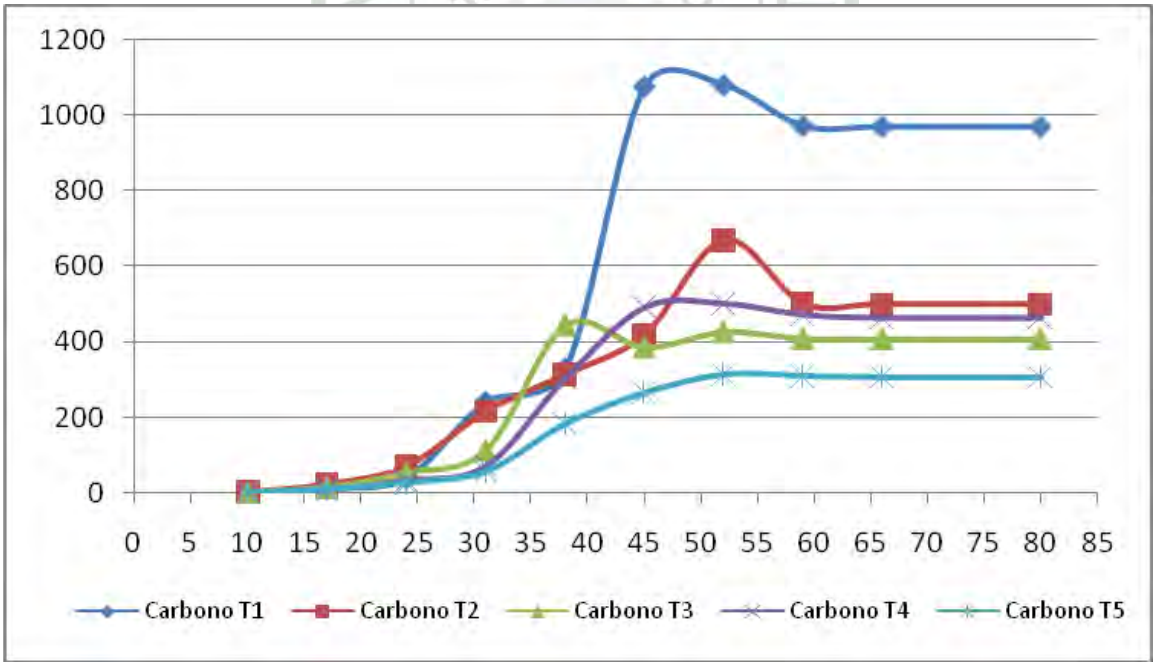


Figura 1: Grafico de distribución de frecuencias para el contenido de carbono en Kg.ha^{-1} por tratamiento estudiado

Cuadro 13: Contenido de materia seca en Kg.ha^{-1} por tratamiento estudiado.

Días después de la siembra	Materia Seca T1	Materia Seca T2	Materia Seca T3	Materia Seca T4	Materia Seca T5
10	3.81	4.45	3.63	4.84	2.79
17	24.98	50.43	32.13	19.11	19.35
24	89.34	158.07	117.62	73.3	60.05
31	533.95	480.93	251.77	158.02	126.25
38	729.16	697.91	689.57	674.99	408.33
45	2385.4	933.33	859.39	1093.74	612.49
52	2395.2	1148.98	949.99	1115.34	698.94
59	2154.75	1114.72	909.97	1049.91	690.13
66	2149.98	1111.35	907.54	1031.65	681.87
80	2149.98	1111.35	977.54	1031.65	681.87

Cuadro 14: Valor de la regresión y coeficiente de determinación para el contenido de materia seca en Kg.ha^{-1} por unidad de tiempo transcurrido.

Tratamientos	Descripción	Regresión (b)	R^2 (%)
T1	8 TM de humus de lombriz	41.384	72.8
T2	6 TM de humus de lombriz	19.536	84.2
T3	4 TM de humus de lombriz	16.956	81.7
T4	NPK (75- 60-30) Kg./ha	19.570	74.3
T5	Testigo absoluto	12.670	81.4

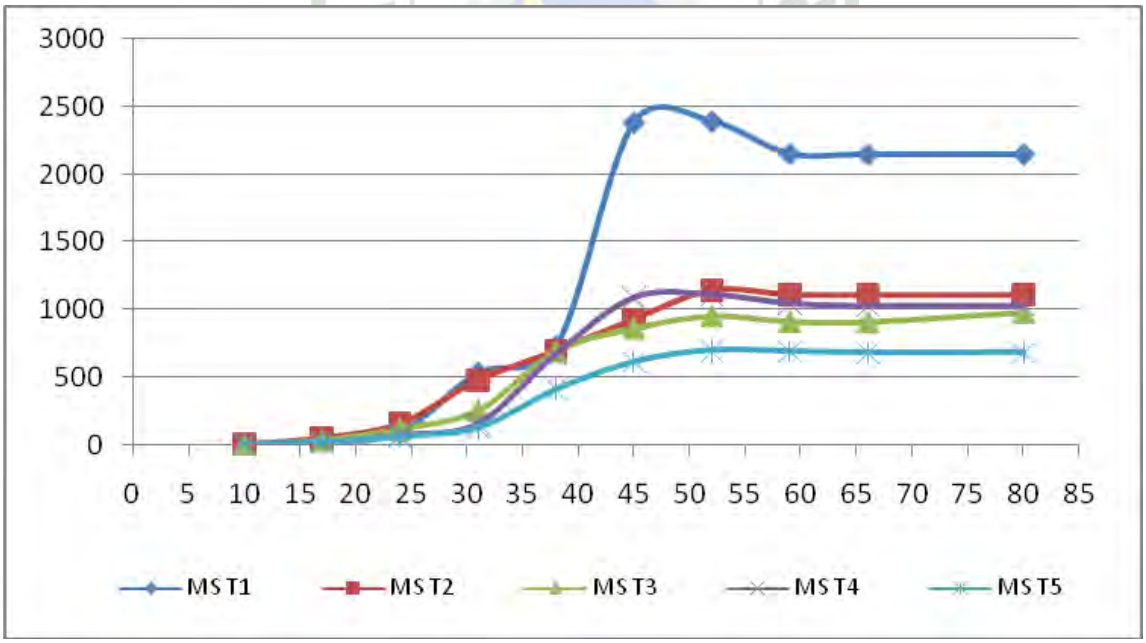


Figura 2: Grafico de distribución de frecuencias para el contenido de materia seca en Kg.ha^{-1} por tratamiento estudiado.

Cuadro 15: Contenido de CO_2 en Kg.ha^{-1} por tratamiento estudiado

Días después de la siembra	CO_2 T1	CO_2 T2	CO_2 T3	CO_2 T4	CO_2 T5
10	0.1425	0.1675	0.1358	0.1816	0.1042
17	0.9366	1.8908	1.205	0.7166	0.725
24	3.35	5.9275	4.41	2.7483	2.2516
31	20.0233	18.035	9.4408	5.9258	4.7341
38	27.3433	26.1716	37.1091	14.0625	7.8125
45	89.4525	34.9991	32.2266	41.015	22.1433
52	89.82	55.8675	35.6241	41.8225	26.21
59	80.8025	41.8016	34.1233	39.3708	25.8791
66	80.6241	41.6758	34.0325	38.6866	25.57
80	80.6241	41.6758	34.0325	38.6866	25.57

Cuadro 16: Valor de la regresión y coeficiente de determinación para el contenido de CO_2 en $Kg.ha^{-1}$ por unidad de tiempo transcurrido.

Tratamientos	Descripción	Regresión (b)	R^2 (%)
T1	8 TM de humus de lombriz	1.552	72.8
T2	6 TM de humus de lombriz	0.760	73.5
T3	4 TM de humus de lombriz	0.604	67.0
T4	NPK (75- 60-30) Kg./ha	0.744	74.8
T5	Testigo absoluto	0.482	81.6

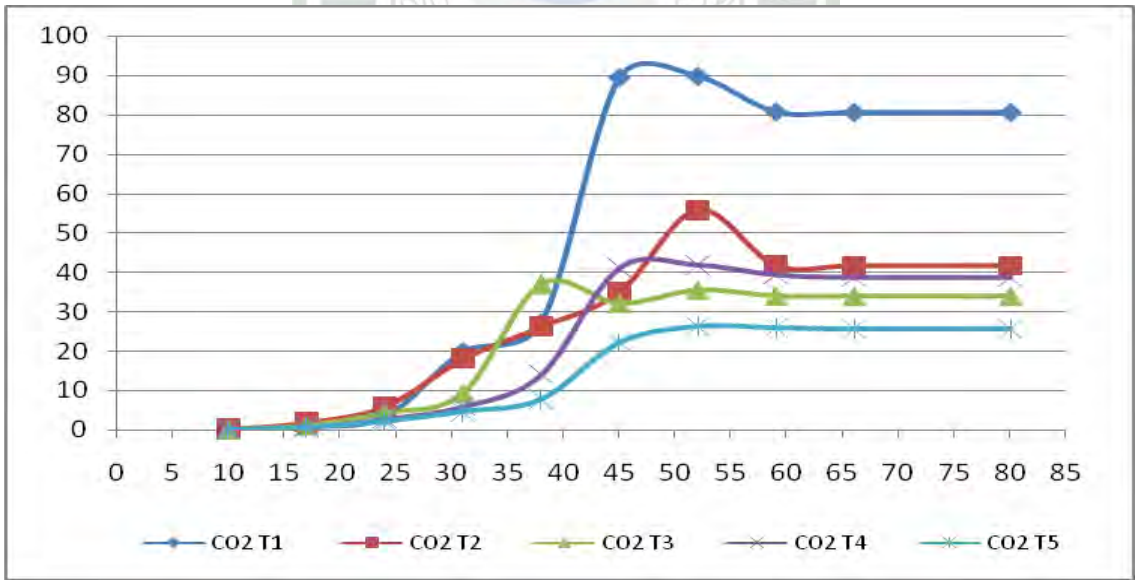


Figura 3: Grafico de distribución de frecuencias para el contenido de CO_2 en $Kg.ha^{-1}$ por tratamiento estudiado.

VI. DISCUSIONES

6.1. De la longitud de vainas expresado en centímetro

En los cuadros 1 y 2 de resultados se muestran en análisis de varianza y la prueba de Duncan para los valores del efecto de las dosis de humus de lombriz, del tratamiento químico y del testigo absoluto, respecto a la longitud de vainas expresado en centímetro.

El Análisis de varianza no detectó diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo el valor del Coeficiente de Determinación (R^2) de 99,7% explica la extensa relación entre los tratamientos estudiados y la longitud de vainas expresado en centímetro; por otro lado, el valor obtenido para el coeficiente de variabilidad (CV) con 6,98% no implica mayores cuidados de interpretación, debido a que la dispersión de la información obtenida es muy pequeña.

La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 2), determina que el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un promedio de 21,42 centímetros superó estadísticamente a los demás tratamientos.

Este resultado pudo deberse al efecto de las hormonas de crecimiento que contienen los abonos orgánicos y en especial el humus de lombriz y esto se corrobora por lo indicado por la RAAA (1995) respecto a las sustancias

fitohormonales (auxinas, giberelinas, citoquininas) que contiene el humus de lombriz.

6.2. Del peso del grano

En los cuadros 3 y 4 de resultados se muestran en análisis de varianza y la prueba de Duncan para los valores del efecto de las dosis de humus de lombriz, del tratamiento químico y del testigo absoluto, respecto al peso del grano expresado en gramos.

El análisis de varianza (cuadro 3) detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El valor del Coeficiente de Determinación (R^2) con 98,2% explica la extensa relación entre los tratamientos estudiados y el peso del grano, por otro lado, el valor obtenido para el coeficiente de variabilidad (CV) no implica mayores cuidados de interpretación, debido a que la dispersión de la información obtenida se encuentra dentro de los límites permisibles para trabajos en campo definitivo, con un valor de 21,4%.

La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 4), determinó que existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos para cada tratamiento evaluado. Este resultado es corroborado por el análisis de varianza respectivo (cuadro 3). La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 4), determina que el T1 (4 TM de humus de

lombriz) con un promedio en peso de 4.54 g por grano superó estadísticamente a los demás tratamientos; seguido del T2 (6 TM de humus de lombriz) quién arrojó un promedio en peso de 2.38 g por grano superó estadísticamente a los T3, T4 y T5.

Estos resultados corroboran el efecto directamente proporcional de la aplicación de humus de lombriz en relación al incremento en peso del grano del cultivo de caupí (*vigna unguiculata*).

6.3. Del número de vainas por ha

En los cuadros 5 y 6 de resultados se muestran en análisis de varianza y la prueba de Duncan para los valores del efecto de las dosis de humus de lombriz, del tratamiento químico y del testigo absoluto, respecto al número de vainas por ha.

El análisis de varianza (cuadro 5) detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El valor del Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 99,9% explica la amplia relación entre los tratamientos estudiados y el número de vainas.ha^{-1}, por otro lado, el valor obtenido para el coeficiente de variabilidad (CV) no implica mayores cuidados de interpretación, debido a que la dispersión de la información obtenida es muy pequeña, con un valor de 2,75%.

La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 6), determinó que existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos para cada tratamiento evaluado. Este resultado es corroborado por el análisis de varianza respectivo (cuadro 5). La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 4), determinó que el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un promedio en peso de 44.433.06 vainas.ha^{-1} superó estadísticamente a todos los tratamientos; seguido del T2 (6 TM de humus de lombriz) y al T4 (NPK (75- 60-30) quiénes arrojaron promedios estadísticamente iguales con valores promedio de 41.339,73 y 40.163,79 vainas.ha^{-1} respectivamente; el T3 (8 TM de humus de lombriz) con un promedio de 23.616.47 vainas.ha^{-1} y por último el T5 (testigo absoluto) con un promedio de 16.876,58 vainas.ha^{-1}.

Estos resultados demuestran la forma como ha influenciado la incorporación de humus de lombriz para la formación de vainas gracias a los múltiples beneficios que este aporta al suelo y a la planta como lo menciona el MINAG (2005); por otro lado, RÍOS (1993), menciona que el humus de lombriz es un fertilizante bio orgánico activo, procede de la descomposición de la materia orgánica en el terreno en una acción biodinámica mejorando las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.

6.4. Del Número de granos por vaina

En los cuadros 7 y 8 de resultados se muestran en análisis de varianza y la prueba de Duncan para los valores del efecto de las dosis de humus de lombriz, del tratamiento químico y del testigo absoluto, respecto al número de granos por vaina.

El análisis de varianza (cuadro 7) detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El valor del Coeficiente de Determinación (R^2) con un valor de 99,5% explica la amplia relación entre los tratamientos estudiados y el número de granos por vaina, por otro lado, el valor obtenido para el coeficiente de variabilidad (CV) no implica mayores cuidados de interpretación, debido a que la dispersión de la información obtenida es muy pequeña, con un valor de 8,72%.

La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 8), determinó que existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos para cada tratamiento evaluado. Este resultado es corroborado por el análisis de varianza respectivo (cuadro 7). Donde los Tratamientos T1, T2 y T4 son estadísticamente iguales y con promedios de 15.13, 15.13 y 14.38 granos por vaina respectivamente, superando estadísticamente al tratamiento testigo (T5) quién arrojó un promedio de 12.00 granos por vaina.

Estos resultados demuestran como el humus de lombriz es un fertilizante bioorgánico activo, emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos como lo mencionan MINAG (2005); y Ríos (1993). Por otro lado, no siempre un mayor número de granos por vaina se traduce en un mayor tamaño y peso del grano, pudiendo resultar en resultados inversos.

6.5. Del rendimiento de granos en kg.ha^{-1}

En los cuadros 9 y 10 de resultados se muestran en análisis de varianza y la prueba de Duncan para los valores del efecto de las dosis de humus de lombriz, del tratamiento químico y del testigo absoluto, respecto al rendimiento de granos expresado en kg.ha^{-1}.

El análisis de varianza (cuadro 9) detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos. El valor del Coeficiente de Determinación (R^2) con 99,9% explica la profunda relación entre los tratamientos estudiados y el rendimiento de granos en kg.ha^{-1}, por otro lado, el valor obtenido para el coeficiente de variabilidad (CV) no implica mayores cuidados de interpretación, debido a que la dispersión de la información obtenida es muy pequeña, con un valor de 3,44%.

La comparación de los promedios obtenidos por tratamiento a través de la Prueba de Duncan (cuadro 10), determinó que existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos para cada tratamiento evaluado. Este

resultado es corroborado por el análisis de varianza respectivo (cuadro 9). Donde el T1 con un promedio de 2.967,84 kg.ha^{-1} superó estadísticamente a los demás tratamientos; seguido del T2, T4, T3 y T5 quienes alcanzaron promedios de 1.685,08; 1.245,07; 637,64 y 540,04 kg.ha^{-1} respectivamente.

Resultados que demuestran que el humus de lombriz por su naturaleza de producción contiene todos los macro y micro nutrientes de forma estable y asimilables por la planta. Mencionado por Martínez (1991).

Esto se explica debido a que los procesos metabólicos responsables de la síntesis de los diferentes constituyentes de la materia seca son fundamentalmente la fotosíntesis y la respiración (Pinto, 1984), es así que el contenido de materia orgánica en el suelo con un valor de 4,1% (cuadro 5 de la metodología) y la aplicación de humus de lombriz al suelo facilitó la retención del agua en el suelo y su absorción por parte de las raíces, manteniéndola por mayor tiempo disponible para las plantas en crecimiento, mejorando la textura y estructura de los suelos, produciendo además hormonas como el ácido indol acético y ácido giberélico, estimulando el crecimiento y las funciones vitales de las plantas, su color oscuro contribuyó a la absorción de energía calórica y la actividad residual del humus de lombriz que se mantiene en el suelo hasta cinco años, entre otras características.

6.6. Del Contenido de Carbono, Materia Seca y CO_2 en Kg.ha-1 por tratamiento

En el cuadro 11 de resultados se presentan los valores promedio obtenidos para el contenido de Carbono en Kg.ha-1 por tratamiento estudiado, evaluados inicialmente a 10 días después de la siembra y con una frecuencia de 7 días después de cada evaluación.

En el cuadro 12, se observan los valores de la Regresión y Coeficiente de determinación para la fijación de Carbono en $Kg.ha^{-1}$ por unidad de tiempo transcurrido, es así que, el tratamiento con mayor valor promedio del coeficiente de regresión fue el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un valor de 18.623, seguido de los tratamientos T2 (6 TM de humus de lombriz), T4 (NPK 75- 60-30) Kg./ha, T3 (8 TM de humus de lombriz) y T5 (testigo absoluto) con valores de 9,123; 8,806; 7,242 y 5,695 respectivamente. Estos valores de regresión manifiestan en efecto de los tratamientos estudiados sobre la tasa de fijación de carbono en las plantas de caupí.

Así mismo, los tratamientos T2 y T4 con valores de 9,123 y 8,806 tuvieron comportamientos similares en sus efectos de fijación de carbono por unidad de tiempo transcurrido. Esta tendencia se observa también en los resultados presentados para el Contenido de Materia Seca en $Kg.ha^{-1}$ por tratamiento (cuadro 13) y para el Contenido de CO_2 en $Kg.ha^{-1}$ por tratamiento (cuadro 15) respectivamente; donde el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un valor de 41.384, seguido de los tratamientos T2 (6 TM de

humus de lombriz), T4 (NPK 75- 60-30) Kg./ha, T3 (8 TM de humus de lombriz) y T5 (testigo absoluto) con valores de 19,536; 19,570; 16,956 y 12,670 para el Contenido de Materia Seca en Kg.ha-1 por tratamiento respectivamente.

Por otro lado, el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un valor de 1.552 seguido de los tratamientos T2 (6 TM de humus de lombriz), T4 (NPK 75-60-30) Kg./ha, T3 (8 TM de humus de lombriz) y T5 (testigo absoluto) con valores de 0.760; 0.744; 0,604 y 0,482 para el contenido de CO_2 en Kg.ha-1 por tratamiento respectivamente.

Esto demuestra 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 CO_2 y la producción de glucosa.

Las figuras 1, 2 y 3 demuestran que la máxima tasa de fijación de CO_2 fue desarrollada por el T1 entre los 45 y 55 días después de la siembra y en general entre los 45 a 55 días para los demás tratamientos, pero con menores valores de cambio por unidad de tiempo transcurrido (regresión) en tal sentido, los factores que favorecieron son un ecosistema favorable para la plantación y homogeneidad de la plantación, existiendo un mayor área foliar y por lo tanto una mayor sombra al suelo disminuyendo su temperatura y del ambiente, aumentando la humedad, asimilación de sustratos minerales, disminuyendo su respiración acelerada y consumo de

sus reservas, favoreciendo una mayor fijación del CO_2 en los procesos de fotosíntesis, para el proceso de maduración.

Por otro lado, estos resultados nos permiten sustentar que plantaciones de especies de rápido crecimiento capturan una considerable cantidad de CO_2, liberando oxígeno a través de la fotosíntesis, proceso en el que participan la energía del sol, el agua de la tierra y el anhídrido carbónico del aire, donde las plantas producen glucosa y almidones, y liberan el oxígeno**;** así mismo FAO (2005), menciona que 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.

VII. CONCLUSIONES

Luego de discutir los resultados obtenidos, las siguientes conclusiones se dieron para las condiciones edafoclimáticas especificas del experimento:

- La aplicación al suelo de 4 TM de humus de lombriz (T1) para la producción del cultivo de caupí (*Vigna unguiculata)* resultó en promedios que superan a los demás tratamientos, con 21,42 centímetros de longitud de vainas, 4,54 g por grano y 44.433,06 vainas.ha^{-1}.

- Respecto al rendimiento de granos, el T1 (4 TM de humus de lombriz) con un promedio de 2.967,84 kg.ha^{-1} superó estadísticamente a los demás tratamientos; seguido del T2 (6 TM de humus de lombriz), T4 (NPK 75- 60-30), T3 (8 TM de humus de lombriz) y T5 (testigo absoluto) quienes alcanzaron promedios de 1.685,08; 1.245,07; 637,64 y 540,04 kg.ha^{-1} respectivamente.

- El T1 (4 TM de humus de lombriz) con un valor de regresión de 18.623 respondió con mayor eficiencia respecto al contenido de Carbono fijado, seguido de los tratamientos T2 (6 TM de humus de lombriz), T4 (NPK 75-60-30) Kg./ha, T3 (8 TM de humus de lombriz) y T5 (testigo absoluto) con valores de 9,123; 8,806; 7,242 y 5,695 respectivamente. Estos valores de regresión manifiestan el efecto de los tratamientos estudiados sobre la tasa de fijación de carbono en las plantas de caupi.

- Los tratamientos T2 (6 TM de humus de lombriz) y T4 (NPK 75- 60-30) con valores de 9,123 y 8,806 tuvieron comportamientos similares en sus efectos de fijación de carbono por unidad de tiempo transcurrido.

- El comportamiento para la fijación de carbono, se refleja en la tendencia observada para el Contenido de Materia Seca en $Kg.ha^{-1}$ y para el Contenido de CO_2 en $Kg.ha^{-1}$ por tratamiento.

- Se evidencia que la tasa de producción de granos en $Kg.ha^{-1}$ a través de la fotosíntesis es función del incremento de las dosis de humus de $lombriz.ha^{-1}$, demostrándose 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 CO_2 y la producción de biomasa traducida en mayor rendimiento.

- La máxima tasa de fijación de CO_2 fue desarrollada por el T1 entre los 45 y 55 días después de la siembra y en general entre los 45 a 55 días para los demás tratamientos, pero con menores valores de cambio por unidad de tiempo transcurrido.

VIII. RECOMENDACIONES

Las conclusiones obtenidas nos permite proponer las siguientes recomendaciones:

1. En futuros trabajos de similar objetivo, tomar en consideración los factores atmosféricos (Incidencia solar, precipitación, época del año) y/o edáficos (pH del suelo, contenido de humedad, materia orgánica) para relacionarlos con la producción de biomasa, la tasa de respiración y el flujo calórico.

2. Considerar en investigaciones futuras la evaluación del área foliar como variable de interés para los efectos del humus de lombriz en la captura de carbono.

3. Considerar los deshierbos oportunos, para reducir la competencia por luz, agua, nutrientes y radiación solar.

4. Reducir el ataque de plagas cortadoras y perforadoras de hoja ya que disminuyen el área fotosintética de las plantas afectando la tasa de fijación de CO_2.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEGRE, J., RICSE A, ARÉVALO, BARBARÁN J., PALM C. 2002. Determinación de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Ucayali-Perú. (CODESU), Manual 12:8-9.

ARAUJO, J. P. P. 1979. Morfología, estadios de crecimiento y desenvolvimiento de caupí. In: Curso de entrenamiento para pesquisadores de caupí. Goiania, Brasil. EMBRAPA-CNPAF. Pp. 42-44.

AGREDA, O. 1986. ”Posibilidades de la utilización de las leguminosas forrajeras para mejorar la productividad agrícola y ganadera en la Selva Peruana”. Lima – Perú, Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. Publicación miscelanea N°. 670. 104 pág.

BATJES, N.H. 1999. Management options for reducing CO_2- concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. ISRIC. Wageningen, The Netherlands. 114 Pp.

BRINKMAN, R., SOMBROEK, W.G. 1996 The effects of global change on soil conditions in relation to plant growth and food production. In F. and W.G. Sombroek eds. Global Climate Change and Agricultural Production. Bazzaz FAO and Wiley, Chichester, UK. Pp 49-63.

BOX, J. M. 1961 Leguminosas de grano. Ed. Salvat. Barcelona. Pp. 190-218.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1990 Morfología de la planta de fríjol común. Volumen. Nº 9. Cali, Colombia, pp. 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

FERRUZZI, C. 1994 Manual de lombricultura, Madrid, España. 79p

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

LEÓN, J. 1987 Botánica de los cultivos tropicales. IICA. 2da. Edición. San José, CostaRica. Pp. 263-277.

LITZENBERGER, S. C. 1984 Guía para cultivos en los trópicos y los sub-trópicos. AID. México/Buenos Aires. Pp.73-76.

MARTINEZ, J. 1991 Horticultura y materia orgánica. Horticultura, Pp 42 – 50

MINAG 2005 Instituto de Pastos y Forrajes “Niña Bonita. Edit Trillas, Mexico, Pp 57-59

ORMEÑO L. Javier 1996 “EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CAUPI BLANCO CUMBAZA – INIA (VIGNA UNGUICULATA L. WALP) EN EL BAJO MAYO” Tarapoto.

RAAA 1995 Manejo Ecológico de suelos / abonos orgánicos. http;//www.geocities.com/raaaperu/ao.htl#humus

RICALDI, V. N. 1990. Desarrollo de tecnología agraria en la selva alta. Lima, INADE/APODESA. Pp. 62-65.

RÍOS, O. 1993 Manual de lombricultura en trópico Húmedo 1era edición grafica S.A. Iquitos Perú, PP 35 -39

SÁNCHEZ, P. A. 1973 Un resumen de la investigación edafológica en América Latina Tropical. North Carolina State University. USA. Pp. 214.

TUESTA, C. G. 1985 Respuesta del caupí a la aplicación de PK bajo condiciones de campo en la provincia de San Martín-Tarapoto. Tesis. Huanuco, Perú. Pp. 64.

UNEP, GEMS. 1992 Los gases que producen el efecto invernadero, cambio climático global., tradyuctores. Universidad Autónoma de Chapingo, México, 41Pp.

UNIVERSIDAD DE CHILE. 1994 “Fisiología de la Producción Vegetal” Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Departamento de producción Agrícola. Publicación docente N° 5. Santiago – Chile.

VARGAS, M. J. 1959 Fréjoles, distanciamiento y abonamiento en la Estación Experimental Agropecuaria de Tingo María. Pp. 38-39.

VAN NOORDWIJK, M., CERRI, C., WOOMER, P.L., NUGROHO, K., BERNOUX, M. 1997 Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. Geoderma Pp. 79: 187-225.

WOODS HOLE RESEARCH CENTER (WHRC) 1998 Global Carbon Cycle. The Woods Hole Research Center.

http://www.peruecologico.com

http://es.wikipedia.org/wiki/Biomasa