

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**EFFECTO DE LA MUCUNA NEGRA (*Stizolobium aterrimum*) MEDIANTE
ANALISIS DE LABORATORIO FISICO-QUIMICO SOBRE LA FERTILIDAD DEL
SUELO EN LA PROPIEDAD PRIVADA PICUIBA-BAJO VIRTUDES**

Tesis de Grado para optar el Título de Ing. Ambiental

Tesista: Joshemi Zamora Vaca

Asesor: Ing. David Gómez Roca

COBIJA – PANDO – BOLIVIA

2017

HOJA DE APROBACIÓN

Tesis aprobada por:

.....
Ing. Zenobio Mamani Rivas
TRIBUNAL

.....
Ing. Mary Jesús Añez Campos
TRIBUNAL

.....
Ing. Dunia Calderón Vaca
TRIBUNAL

.....
Ing. David Gómez Roca
ASESOR

Cobija _____ de _____ del 2017

DEDICATORIA

Primeramente a Dios, por darme la oportunidad de vivir, por darme fuerzas en momentos de tormentas, gracias señor porque si tú estás conmigo nada es imposible, gracias por iluminar mi mente en estos momentos de estudio y sobre todo gracias por tu infinito amor.

A mi madre: Ydovilda Vaca Cuellar por haberme dado la vida por enseñarme a salir adelante a pesar de los obstáculos que se puedan presentar, por la fuerza, paciencia que siempre muestras, las palabras exactas que te reaniman ese calor de un abrazo que te hace sentir que estas a salvo y en paz gracias mama por eso y mucho más te amo.

A mí esposo por darme su apoyo incondicional en las buenas y en las malas eres mi soporte junto a nuestra pequeña hija a la cual amo muchísimo esta tesis va dedicada a ti especialmente mi niña “Andrea Kate” que eres el motor de nuestras vidas.

A mi padrino: Félix Ari Quispe que es como un padre, ha estado en cada etapa de mi vida apoyándome con sus consejos, motivándome a seguir adelante en los momentos de crisis en las que el estrés las preocupaciones que como madre uno tiene que pasar ha estado ahí para mi gracias papito por todo su cariño, su amor hacia nosotros lo queremos muchísimo.

Y a todas las personas que estuvieron conmigo apoyándome.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por haberme permitido llegar a esta meta tan importante para mi vida y darme la dicha de compartirla con las personas que amo.

A mi asesor Ing. David Gómez Roca por sus orientaciones, por su paciencia en la realización de la presente investigación.

A los miembros del tribunal: Ing. Mary Jesús Añez Campos, Ing. Zenobio Mamani Rivas e Ing. Dunia Calderón Vaca por sus valiosas sugerencias en la revisión de la investigación de mi tesis.

ÍNDICE

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	I
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE	iv
LISTA DE TABLAS	Viii
LISTA DE CUADROS	xi
LISTA DE GRÁFICOS	x
RESUMEN	Xi
SUMMARY	Xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. La Mucuna Negra Como Producto De Materia Orgánica	4
2.2. Importancia De Los Cultivos De Cobertura	4
2.3. Cultivo De La Mucuna Negra (Stizolobium Aterrimum)	5
2.4. Formas de Uso de los Cultivo de Cobertura	6
2.4.1 Abono verde	6
2.4.2 Cobertura Muerta o acolchado orgánico	7
2.5. Géneros Vegetales Más Usados Como Cultivos De Cobertura	7
2.6. El Uso De Mucuna Negra (Stizolobium Aterrimum)Como Cobertura Vegetal	7
2.7. Características Morfológicas y Fisiológicas de la (Stizolobium Aterrimum)	8

2.8.	Producción de Materia Verde de la Mucuna Negra	10
2.9.	Efectos de Stizolobium Aterrimum Sobre Algunas propiedades del suelo	11
2.9.1.	QUIMICAS	11
2.9.1.1	Fijación de Nitrógeno atmosférico al suelo	11
2.9.1.2	Nitrógeno mineralizable	12
2.9.1.3	Interpretación del análisis químicos de suelos	13
2.9.1.3.1	Clasificación pH	13
2.9.1.3.2	Conductividad Eléctrica	14
2.9.1.3.3	Clasificación del contenido de Calcio	14
2.9.1.3.4	Clasificación del contenido de Magnesio	14
2.9.1.3.5	Clasificación del Contenido de Potasio	15
2.9.1.3.6	Materia Orgánica	15
2.9.1.3.7	Clasificación del Contenido de Nitrógeno	15
2.9.1.3.8	Clasificación del Contenido de Fósforo	15
2.9.1.3.9	Densidad Aparente	15
2.9.1.3.10	Densidad Real	16
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1	UBICACIÓN DEL ENSAYO	17
3.2.	DURACIÓN DEL TRABAJO	18
3.3.	MATERIAL VEGETAL	18
3.4.	EQUIPOS HERRAMIENTAS	18

3.5.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	19
3.5.1.	Limpieza del Área Experimental	19
3.5.2.	Medición de la Parcela	19
3.5.3	Muestreo del suelo para análisis físico-químico	20
3.5.4	Métodos empleados en los análisis físico-químicos de las muestras de suelos	21
3.5.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	22
3.5.6	ANÁLISIS DE DATOS	22
4.	RESULTADOS	23
4.1.	DATOS METEOROLÓGICOS	23
4.2.	PRIMER RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO	30
4.3.	SEGUNDO RESULTADO DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO	31
5.	DISCUSIÓN	32
5.1.	DATOS METEOROLÓGICOS	32
5.2.	TEXTURA Y PH DEL SUELO	32
5.3.	NITRÓGENO	33
5.4	MATERIA ORGANICA	34
5.5	Densidad Aparente	35
5.6	Densidad Real	35
6.	CONCLUSIÓN	36
7.	RECOMENDACIONES	37

8.	BIBLIOGRAFÍA	38
	ANEXO	
	ANEXO N°1 Croquis de campo	41
	ANEXO N°2 semillas y planta de la mucuna negra	42
	ANEXO N°3 Recolección y cuarteo de muestras	43

LISTA DE TABLAS

N°	Título	Pág.
1.	Composición química de la biomasa aérea de la <i>Stizolobium aterrimum</i> , de acuerdo a tres investigaciones.	10
2.	Equipos, herramientas y material de gabinete	18
3.	Parámetros y métodos del análisis físico-químico del suelo	21

LISTA DE CUADROS

N°	Título	Pág.
1.	Registro de promedios mensuales de temperatura y precipitación pluvial durante la investigación	23
2.	Primer resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la mucuna negra	30
3.	Segundo resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la mucuna negra	31

LISTA DE GRÁFICOS

N°	Título	Pág.
1.	Promedios de Temperatura, durante la investigación	24
2.	Precipitación pluvial, registrada durante la investigación	25
3.	Diferencia M1 Y M2 DEL T1	26
4.	Diferencia M1 Y M2 DEL T2	27
5.	Diferencia M1 Y M2 DEL T3	28
6.	Diferencia M1 Y M2 DEL T4	29

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado EFECTO DE LA MUCUNA NEGRA (*Stizolobium aterrimum*) MEDIANTE ANALISIS DE LABORATORIO FISICO-QUIMICO EN LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LA PROPIEDAD PRIVADA PICUIBA, en zona rural Comunidad Bajo Virtudes del Departamento Pando, se encuentra aproximadamente a 5 kilómetros de la ciudad de Cobija, geográficamente está situado entre 68°48'24.88 de Longitud oeste y 11°1'27.97 Latitud Sur y una temperatura media anual de 33.1 °C, con una precipitación promedio anual de 1648.6 mm, y una altitud de 203 m.s.n.m. Como objetivo general fue, evaluar el efecto de la mucuna negra (*Stizolobium aterrimum*), mediante análisis de laboratorio físico-químico sobre la fertilidad del suelo en la propiedad privada Picuiba-Bajo Virtudes en el periodo 2015. Y como objetivos específicos, a) Determinar propiedades químicas del suelo, como el potencial de hidrogenoides (pH), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), conductibilidad eléctrica (CE), nitrógeno (N) y materia orgánica (M.O.); durante el establecimiento de la *Stizolobium aterrimum*; b) Comprobar los cambios de las propiedades físicas del suelo como; Da, Dr, y Textura, durante el establecimiento de la *Stizolobium aterrimum*; c) Evaluar el nivel de fertilización de la mucuna negra en el suelo, entre el primero y segundo muestreo. El trabajo de investigación tuvo una duración de 324 días (10 meses 20 días), iniciándose el 05 de diciembre del 2014, las principales actividades que se ejecutaron fueron: rosado, basureado, delimitación de las unidades experimentales, muestreo del suelo, siembra, control de malezas y toma de datos, culminando el trabajo en fecha 25 de octubre del 2015. Los resultados obtenidos se transcribieron en una base de datos de Excel. Posteriormente haciendo uso de este, se efectuó el análisis de los niveles de fertilidad del cultivo de la mucuna negra en el suelo. Se recomienda al agricultor campesino de nuestra región sembrar la especie de la mucuna utilizando las diferentes

densidades de los T1=40x80cm; T2=60x60cm y T4=1x1m, habiendo obtenido mejores resultados durante la investigación.

Palabras claves: especie, fertilidad, nitrógeno, pH.

SUMMARY

The present work of investigation titled EFFECT OF THE BLACK MUCUNA (*Stizolobium aterrimum*) BY MEANS OF ANALYSIS OF PHYSICAL-CHEMICAL LABORATORY IN THE FERTILITY OF THE FLOOR IN THE PRIVATE PROPERTY PICUIBA, in area rural Community Lowers Virtues of the Department Pando, he/she is approximately to 5 kilometers of the city of it Covers, geographically it is located between 68°48'24.88 of Longitude west and 11°1'27.97 South Latitude and an annual half temperature of 33.1 °C, with a precipitation annual average de1648.6 mm, and an altitude of 203 m.s.n.m. As general objective it was, to evaluate the effect of the black mucuna (*Stizolobium aterrimum*), by means of analysis of physical-chemical laboratory about the fertility of the floor in the property private Picuiba-low Virtues in the period 2015. And as specific objectives, to) to Determine chemical properties of the floor, as the hidrogenoides(pH potential), match (P), potassium (K),calcio(Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), conductivity eléctrica(CE), nitrogen (N)y matter orgánica(M.O.) ;durante the establishment of the *Stizolobium aterrimum*; b) to Check the changes of the physical properties of the floor like; He/she gives, Dr, and Texture, during the establishment of the *Stizolobium aterrimum*; c) to Evaluate the level of fertilization of the black mucuna in the floor, between the first one and second sampling. The investigation work had a duration of 324 days (10 months 20 days), beginning December 05 the 2014, the main activities that were executed were: rosy, basureado, delimitation of the experimental units, sampling of the floor, siembra, control of overgrowths and taking of data, culminating the work in date October 25 the 2015. The obtained results were transcribed in a database of Excel. Later on making use of this, the analysis of the levels of fertility of the cultivation of the black mucuna was made in the floor. It is recommended the rural farmer of our region to sow the species of the mucuna using the different densities of the T1=40x80cm; T2=60x60cm and T4=1x1m, having obtained better results during the investigation.

Key words: species, fertility, nitrogen, pH.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de abonos verdes y sistemas de cobertura vegetal, son tecnologías alternativas que han sido aplicadas a los cultivos establecidos posteriormente al sistema de roza, tumba y quema; principalmente en África, Asia y Centroamérica; donde se han obtenido resultados bastante buenos en la mejora de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; así como el incremento de los rendimientos en cultivos de cereales como el maíz, arroz de secano y sorgo; gracias al efecto de éstas tecnologías sobre la eficiencia del uso de fertilizantes minerales. (Taylor & Francis, 1998)

En Colombia, el uso de la Mucuna negra como abono verde o sistema de cobertura vegetal en los cultivos de las zonas de ladera, es incipiente; al igual que los estudios de investigación que estimen los beneficios obtenidos con esta especie, bajo nuestras condiciones agroecológicas. Estos hechos, limitan el proceso de extensión de prácticas agroambientales adecuadas, desde los entes de investigación agraria hacia los productores. (Taylor & Francis, 1998)

En la actualidad el sistema productivo de roza, tumba y quema; es todavía muy utilizado por los pequeños agricultores de las zonas del Municipio de Porvenir del Departamento Pando. Sin embargo, éste sistema se torna cada vez menos productivo debido en parte a los largos periodos de establecimiento de cultivos bajo prácticas tradicionales y a los cortos periodos de descanso; factores que agotan rápidamente los nutrientes del suelo y aceleran su proceso erosivo.

La baja productividad en la agronomía es un efecto combinado de la baja fertilidad de los suelos en el Departamento de Pando en la alternancia de periodos de sequía e inundaciones y de la vigencia de técnicas rudimentarias, en donde la utilización de maquinaria, fertilizantes o semillas mejoradas, no están al alcance o al conocimiento del agricultor.

En el presente estudio de investigación, se estimó la producción de la Mucuna usado como abono verde, más un complemento de fertilización; sobre algunas propiedades químicas y físicas del suelo como el aporte de Nitrógeno y Carbono en la actividad biológica del suelo.

En el Departamento de Pando los suelos son ácidos y de baja fertilidad por lo cual los agricultores recurren a los agroquímicos, fertilizantes para mejorar sus cultivos. Sin darse cuenta, que los diferentes productos que se utilizan degradarían el suelo, habría pérdidas de nutrientes y por ende afectaría a la calidad, al rendimiento en la producción de los cultivos no cumpliendo así con lo que el consumidor espera, la recuperación de sus propiedades químicas y físicas del suelo.

La Mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***) se utilizara como un cultivo de cobertura o abono verde, de los cuales aportaran materia orgánica y nitrógeno (N) al suelo. Además, se adapta a muchos tipos de suelo, incluyendo los suelos ácidos y de baja fertilidad. Como son los suelos del Departamento Pando esta especie mejoraría la fertilidad del suelo, la productividad agrícola sin dañarlo. Mediante análisis de laboratorio físicos, químicos se obtendrían estos resultados.

¿Cómo influirá la evaluación del efecto de la mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***) mediante un análisis físico-químico sobre la fertilidad del suelo en la propiedad privada Picuiba- Bajo virtudes?

Los agricultores de nuestra región, se ven en la necesidad de habilitar más área por las pérdidas de nutrientes debido a los cortos periodos de descanso con el sistema tradicional practicado por los agricultores como; rosa, tala y quema de esa manera van incrementando anualmente las áreas de barbecho y suelos degradados.

La utilización de la mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***), ayuda a reducir el uso del fuego, dándole así a los agricultores otras formas de habilitación y recuperación de áreas degradadas, de esa forma se tendrá una reducción de áreas deforestadas o incremento de la frontera agrícola.

Con la siembra de la mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***), se mejorara las condiciones del suelo y por ende el rendimiento de los productos.

Lo anterior, con la perspectiva de obtener información que contribuya al desarrollo de nuevas alternativas tecnológicas de bajo costo, sostenibles desde el punto de vista agroambiental; las cuáles puedan ser accesibles no sólo a la comunidad científica sino también a los pequeños productores de éstas zonas del país.

Como objetivo general fue, Evaluar el efecto de la mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***), mediante análisis de laboratorio físico-químico sobre la fertilidad del suelo en la propiedad privada Picuiba– Bajo Virtudes . Y como objetivos específicos fueron: Determinar las propiedades químicas del suelo, como el pH, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica y conductividad eléctrica, durante el establecimiento de la ***Stizolobium aterrimum***; Comprobar los cambios de las propiedades físicas del suelo como; densidad aparente, densidad real y textura, durante el establecimiento de la ***Stizolobium aterrimum*** y Evaluar el nivel de fertilización de la mucuna negra en el suelo, entre el primero y segundo muestreo.

Como hipótesis alterna se planteo la siguiente: El efecto de la mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***) en la fertilidad del suelo es alto y como nula; El cultivo de la mucuna negra (***Stizolobium aterrimum***) no aporta a la fertilidad del suelo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. LA MUCUNA NEGRA COMO PRODUCTO DE MATERIA ORGÁNICA

Como buenas Leguminosas, desarrollan nódulos radiculares con la bacteria *Rhizobium*, un fijador de nitrógeno, lo cual permite su empleo como cobertura del suelo para el control de malezas debido a su gran producción de follaje, y también como abono verde en los cultivos. Este nitrógeno puede ser aprovechado por los cultivos que se siembran asociados a la mucuna, incrementándose su rendimiento. Se ha reportado que esta práctica agrícola aporta alrededor de 150 kg/ha de nitrógeno al suelo.

El uso de la mucuna negra promueve la incorporación de materia orgánica y nutriente, protege el suelo.

La mucuna negra produce una gran cantidad de materia orgánica, entre 30 y 50 toneladas por hectárea, así como 80 a 120 kilogramos de nitrógeno por hectárea (CIDICCO, 2003).

2.2. IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS DE COBERTURA

Los cultivos de cobertura se definen como una cobertura vegetal viva, que cubre el suelo en forma temporal o permanente, cultivada en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación). (CIDICCO, 2003).

Generalmente, se usan como coberturas algunas especies de leguminosas gracias a su acción de mantener y/o mejorar las condiciones de fertilidad de los suelos agrícolas. Debido a esto uno de los propósitos de promover la utilización de los cultivos de cobertura ha sido el poder reducir la dependencia de fertilizantes de síntesis química, los cuáles son costosos y muchas veces no disponibles localmente, para lograr producciones adecuadas de alimentos. (Flores, 1991).

Otras ventajas del uso de los cultivos de cobertura sobre el suelo son:

- Aporte de materia orgánica fresca al suelo.
- La fijación de Nitrógeno atmosférico, gracias a su asociación simbiótica con rizobios del suelo.
- El incremento de la diversidad de macro y microorganismos edáficos, mejorado el ciclaje de la materia orgánica fresca.
- La reducción de pérdidas superficiales causadas por los procesos erosivos, sobre todo en suelos con pendiente; debido a su efecto de interceptación de las gotas de lluvia y al amarre mecánico de los agregados del suelo por su acción radical.
- El control de adventicias, debido a su efecto inicial de competencia y a su efecto alelopático sobre otras especies.
- El mejoramiento de algunas propiedades físicas del suelo como la retención de humedad, la porosidad y la estabilidad estructural.
- El control de algunos patógenos presentes en el suelo, principalmente nematodos. (CIDICCO, 2003).

2.3 CULTIVO DE LA MUCUNA NEGRA (*Stizolobium aterrimum*)

El cultivo de la mucuna negra (*Stizolobium aterrimum*) crece muy bien al pleno sol y con abundante lluvia, preferiblemente de 40 a 100 pulgadas (1,000 a 2,500 mm) al año, pero no tolera los suelos inundados. También podrá crecer en lugares más áridos, con tan poca como 16 pulgadas (400 mm) de precipitación. Es un excelente cultivo de cobertura para proteger el suelo durante la época de lluvia. (Bryan Brunner, 2011)

(Braga, N. R. et al, 2006) indica que la mucuna negra se desarrolla en zonas con precipitaciones de 600-2500 mm y óptima de 1000 a 2000 mm, con una temperatura de 19-27 °C, y de 15-35 °C y no tolera heladas.

Las semillas se pueden sembrar al voleo en la superficie de terreno recién arado, sujeto a que llueva pronto después de la siembra o que haya riego disponible. Sin embargo, los resultados son mejores cuando las semillas se siembran a una profundidad de 1 pulgada (2.5 cm) en suelo bien preparado con una distancia de siembra de 1 a 3 pies (30 o 90 cm) entre plantas y 3 pies (90 cm) entre surcos. Se requieren aproximadamente unas 20 lb/acre (22 kg/ha) de semilla. La germinación tarda entre 14 y 21 días. El crecimiento inicial es algo lento, pero después es más rápido y los bejucos cubren el suelo rápidamente. Aunque no es imprescindible, se logra un mejor establecimiento de la mucuna si se cultiva una o dos veces mientras las plantas estén pequeñas. (Bryan Brunner, 2011)

La mucuna negra, tolera un amplio rango de suelos desde arenosos, con ligera acidez, con poco contenido de fósforo, de textura arenosa, arenosa-franca a franca- arcillosa, de fertilidad baja y moderada y pH de 4.5-7.7 y óptimo de 5.0-7.0. Además, se adapta a muchos tipos de suelo, incluyendo los suelos ácidos y de baja fertilidad (Braga, N. R. et al, 2006).

La mucuna se puede sembrar sola como un abono verde, o se puede intercalar con otros cultivos tales como el maíz o el sorgo, para uso como ensilaje o para el control de malezas en el cultivo principal. (FAO, 2009)

2.4 FORMAS DE USO DE LOS CULTIVO DE COBERTURA

2.4.1 Abono verde

El abono verde es un cultivo que se siembra en rotación o asocio con un cultivo comercial, el cual es incorporado al suelo in situ, con el fin de mantener, mejorar o restaurar sus propiedades físicas, químicas y biológicas; y que además en algunas ocasiones puede ser utilizado antes de su incorporación, como alimento de animales o el consumo humano. (Costa et al, 1992).

2.4.2 Cobertura Muerta o acolchado orgánico

La cobertura muerta o acolchado orgánico, es una práctica agrícola que consiste en mantener cubierto el suelo con un material orgánico, destinado tanto a proteger como a fertilizar. Se práctica en horticultura y arboricultura, ya sea en periodos de reposo del suelo como en periodos de cultivo y también en sistemas cerealistas, actuando como acolchado el propio rastrojo. (Smith et al, 1987).

2.5. GENEROS VEGETALES MÁS USADOS COMO CULTIVOS DE COBERTURA

El uso de géneros vegetales como cultivos de cobertura vegetal, es muy diverso; sin embargo los estudios de investigación muestran que en el continente Americano los géneros más usados son: *Mucuna* spp., *Canavalia* spp. Y *Phaseolus* spp. En Asia predominan los sistemas con especies leñosas como *Leucaena*, spp., *Flemingia macrophila*, *Sesbania* spp., *Tephrosia vogelii*, *Gleichenia linearis* y *Chromolaena odorata*. El uso de los cultivos de cobertura en África, es predominantemente, para producción de alimentos tanto animal como para el ser humano; la recuperación y la fertilidad del suelo, suele ocupar un segundo lugar, es por eso que se emplean con frecuencia los géneros de *Vigna* spp., *Mucuna* y *Cajanus* spp. (CIDICCO, 2003).

2.6. EL USO DE MUCUNA NEGRA (*Stizolobium aterrimum*) COMO COBERTURA VEGETAL

En los últimos años, los cultivos de cobertura han recibido gran atención por parte de la comunidad científica y los agentes para el desarrollo agrario, preocupados por la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas del mundo en desarrollo.

Stizolobium aterrimum, se destaca entre los cultivos de cobertura estudiados y fomentados (Durón et al, 1989; Bunch, 1990; Camas Gómez, 1991; Quiroga

Madrigal et al, 1991; Derpsch y Florentín, 1992; Lobo Burle et al, 1992; Zea 1992; Buckles y Arteaga, 1993; Chávez, 1993; Versteeg y Koudokpon, 1993; Arteaga et al, 1997; Calegari et al, 1997; Flores, 1997).

Los mayores reportes de esta especie en estudios de investigación formales, enfocados hacia el mejoramiento del recurso suelo provienen de Centroamérica, Brazil, África y La India. Los principales beneficios obtenidos con el uso de *Mucuna negra* como cobertura vegetal, son la fijación de Nitrógeno atmosférico al suelo (50 – 200 kg N.ha-1), el control de arvenses, el aporte de biomasa fresca al suelo, la reducción de la erosión del suelo y el incremento de la actividad biológica. (Anthofer et al, 2005) y (Blanchart et al, 2006).

2.7. CARACTERÍSTICAS MORFOLOGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LA (*Stizolobium aterrimum*)

Stizolobium aterrimum, es una leguminosa trepadora perteneciente a la familia Fabaceae, proveniente del sur de China y del este de la India. Es autógama y por tanto es rara su contaminación natura (Duke, 1981).

Los ciclos biológicos de esta especie, varían entre 100 y 300 días hasta la cosecha de la vaina, posee una semilla de color negro y la planta presenta una alta resistencia a factores abióticos adversos, como la sequía, la escasa fertilidad y la elevada acidez del suelo; sin embargo se desarrollan deficientemente en zonas muy frías y húmedas. (Duke, 1981; Hairiah, 1992; Lobo Burle et al, 1992).

El género *Mucuna* spp., se desarrolla mejor en condiciones de calor y humedad, por debajo de los 1500 m.s.n.m y en zonas con precipitaciones abundantes.

Produce una cantidad considerable de hojas antes de llegar a su madurez fisiológica, las cuáles se pudren gradualmente formando un lecho de hojarasca bajo la planta que crece activamente.

Las cantidades de biomasa aérea varían entre 5 Mg.ha⁻¹ y 12 Mg.ha⁻¹ de materia seca, y llega a producir hasta 1 Mg.ha⁻¹ de raíces secas (Duggar, 1989; Camas Gómez, 1991; Chávez, 1993). La producción de vainas es variable y dependiente de las condiciones ambientales, pero puede llegar a 2 Mg.ha⁻¹.

Como la mayoría de las leguminosas, *Mucuna* negra tiene la capacidad de fijar el Nitrógeno atmosférico mediante una relación simbiótica con microorganismos del suelo. El Nitrógeno es convertido por los rizobios de las raíces de la planta en una forma asimilable, que se almacena en las hojas, tallos y semillas; convirtiendo a la planta en una fuente eficiente de Nitrógeno. (Buckles, 1998).

El género *Mucuna* spp, contiene compuestos tóxicos como la L-Dopa, triptaminas alucinógenas y factores antinutricionales tales como fenoles y taninos (Awang et al, 1997). Debido a las concentraciones elevadas de L-Dopa (7%), la *Stizolobium aterrimum* se ha constituido como una fuente comercial de extracción de esta sustancia, usada en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson.

A pesar de sus propiedades tóxicas, se ha usado como alimento secundario. Las semillas de esta especie, *Stizolobium aterrimum* contienen alrededor de 27% de proteínas y son ricas en minerales, en especial de K, Mg, Ca y Fe (de la Vega et al, 1981), (Duke, 1981) y (Olaboro, 1993).

Tabla 1: Composición química de la biomasa aérea de la *Stizolobium aterrimum*, de acuerdo a tres investigaciones.

Compuesto químico	Buckles, 1998	Baijukya et al, 2004	Anthofer et al, 2005
%Nitrógeno	2.8	1.7	2.5
%Fósforo	0.2	0.1	0.2
%Potasio	1 0	.5	1.3
%Calcio	1.4	-	2.0
%Magnesio	2.6	-	0.9
%Lignina	-	16.6	16.8
%de polifenoles solubles	-	2.0	4.0
Relación lignina: Nitrógeno	-	9.6	6.7
Relación Polifenoles: Nitrógeno	-	1.1	1.6
Relación (Lignina+Polifenoles): Nitrógeno	10.5	10.7	8.3

Fuente: (Buckles, 1998).Fijación de nitrógeno: 120 a 160 kg N/ha/año (Braga, N. R. et al, 2006).

2.8 PRODUCCIÓN DE MATERIA VERDE DE LA MUCUNA NEGRA

La mucuna negra presenta una excelente producción de biomasa aérea rica en proteína que la hace recomendable para la utilización especialmente en épocas de escases de pastos y generalmente como suplemento en dosis bajas (2 – 5% de la dieta diaria). La producción de forraje es de 40 a 60 toneladas por hectárea año, en peso verde en clima medio Colombiano. El contenido de proteína en el forraje varía de 20,55% a 23,75% del peso seco del material vegetal (Braga, N. R. et al, 2006).

Se han reportado distintos rendimientos que van desde 11 t/ha, 17.4 t/ha, 19 t/ha, 36 y hasta 46 t/ha de materia verde. El rendimiento de materia seca es de 6 a 7 t/ha y de 3.8 t/ha de semilla. Por otro lado, se reporta que la planta contiene 15.65 % de proteína cruda y 34.47 % de fibra cruda (Quirós, 1998).

La producción de mucuna varía desde cinco a más de 12 toneladas de biomasa aérea por hectárea al año sobre la base de la materia seca y contiene en promedio más de 300 kg de N por ha, 100 kg de K por ha y 20 kg de P por ha. (Buckles *et al.* 1998).

2.9 EFECTOS DE *STIZOLOBIUM ATERRIMUM* SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO

2.9.1 QUIMICAS

2.9.1.1 Fijación de Nitrógeno atmosférico al suelo

(Kaizzi *et al.*, 2006), investigaron sobre los diferentes usos y beneficios del uso de la *Stizolobium aterrimum* como abono verde complementada con fertilización mineral, sobre los rendimientos de maíz (*Zea mays*) en cuatro zonas agroecológicas de Uganda, África. Se obtuvo un rango en la fijación de Nitrógeno atmosférico entre 34 y 108 kg.ha⁻¹ para las cuatro localidades.

Los autores atribuyeron las diferencias en la fijación del Nitrógeno atmosférico, a la diferencia de altitud y temperatura entre los sitios, factores que afectan el desarrollo de la especie.

(Anthofer *et al.*, 2005), evaluaron el aporte de nutrientes al suelo provenientes de dos variedades de *Mucuna*: *Stizolobium aterrimum* y *Mucuna* spp, en un suelo transitorio entre bosque (Rhodic Ferrasol) y sabana (Haplic Acrisol), de Ghana

África. En este estudio, se obtuvo una fijación de Nitrógeno por parte de la *Stizolobium aterrimum* de 107.7 kgN.ha⁻¹ de los cuáles el 57.8% provinieron de la atmósfera, y por parte de la *Mucuna spp.* De 46.1 kgN.ha⁻¹ de los cuáles el 22.6% fue fijado de la atmósfera; destacando la mayor eficiencia en la fijación de Nitrógeno, de la variedad ***Stizolobium aterrimum***.

(Ojiem et al, 2007), investigaron acerca de las contribuciones de algunas leguminosas sobre la economía del Nitrógeno del suelo, en tres zonas agroecológicas del oeste de Kenya, las cuáles fueron catalogadas como de baja, media y alta fertilidad. El uso de la *Stizolobium aterrimum* como abono verde en plantaciones de maíz, obtuvo una fijación de nitrógeno al suelo entre 42 y 132 kgN.ha⁻¹ en los suelos de baja fertilidad, entre 67 y 204 kgN.ha⁻¹ en los suelos de mediana fertilidad y entre 74 y 234 kgN.ha⁻¹ en los suelos con alta fertilidad.

2.9.1.2 Nitrógeno mineralizable

El proceso de mineralización del nitrógeno orgánico del suelo durante el crecimiento de los cultivos, es de importancia ya que puede contribuir en gran parte a la nutrición de los mismos (Dahnke and Johnson, 1990).

La estimación de la fracción del nitrógeno mineralizable es muy compleja ya que es afectada por diversos factores que tienen efecto sobre su dinámica, y están relacionados con los procesos de inmovilización y mineralización, que alteran la disponibilidad del nutriente para el cultivo (Loiseau et al, 1994).

La mineralización de nitrógeno del suelo responde a una cinética de primer orden (Rice and Havlin, 1994) ya que la cantidad neta que se obtiene por incubación de muestras en condiciones adecuadas para la actividad microbiológica, es directamente proporcional al tamaño del potencial de nitrógeno mineralizable (Stanford et al, 1972).

(Baijukya et al, 2004), estudiaron el efecto de la descomposición de algunas coberturas leguminosas usadas en maíz (*Zea mays*), sobre la tasa de mineralización del nitrógeno en el suelo. Este estudio se efectuó en dos tipos de suelos de Tanzania: Humic Acrisol y Alumi humic Ferrasol, los cuáles fueron muestreados durante las estaciones seca y húmeda.

De acuerdo a lo citado por el autor anterior en su trabajo dice que el nitrógeno mineralizado se halló como la diferencia entre el contenido de nitrógeno mineral del suelo tratado y el testigo, sobre la cantidad de residuos incorporados al suelo con las coberturas. En el tratamiento donde se usó como cobertura *Stizolobium aterrimum* se obtuvo durante las primeras semanas, una mineralización del 25% del nitrógeno aportado con la biomasa, equivalente a 58 mg.kg⁻¹ de suelo.

Se observó que durante las tres primeras semanas, el nitrógeno aportado con la cobertura fue inmovilizado por parte de los microorganismos edáficos, para posteriormente pasar a formas inorgánicas (N-NO₃ y N-NH₄). (Baijukya et al, 2004)

2.9.1.3 Interpretacion del Analisis Quimico de Suelos

2.9.1.3.1 Clasificacion pH

Fuertemente alcalino	8.0	Neutro	6.6 – 7.0
Moderadamente alcalino	7.6 – 8.0	Suavemente ácido	6.0 – 6.5
Suavemente alcalino	7.1 – 7.5	Moderadamente ácido	5.3 – 5.9
Fuertemente ácido	4.5 – 5.2	Muy fuertemente ácido	< 4.5

(CIAT,1998)

2.9.1.3.2 Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la cantidad de sales que contiene un suelo. Su resultado se expresa en mmhos/cm, dS/cm, etc.

$$\mu\text{S cm}^{-1} = \mu\text{mhos cm}^{-1}$$

Baja concentración de sales, sin problemas de salinidad < 400

Alta concentración de sales, con problemas de salinidad > 400

2.9.1.3.3 Clasificación del contenido de Calcio

	Ca ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	Ca ²⁺ (kg/ha)
Bajo	< 1.0	< 400
Medio	1.0 – 2.5	400 - 1000
Alto	> 2.5	> 1000

- Estabilidad de la pared celular.
- Aumenta la resistencia mecánica de los frutos.
- Activador y regulador de algunas enzimas.
- Actúa sobre la permeabilidad diferencial de la membrana plasmática.
- Estimula el desarrollo de hojas y raíces.

2.9.1.3.4 Clasificación del contenido de Magnesio

	Mg ²⁺ (cmolc kg ⁻¹)	Mg ²⁺ (kg/ha)
Bajo	< 0.5	< 120
Medio	0.5 – 1.0	120 - 240
Alto	> 1.0	> 240

- Forma parte de la molécula de la clorofila
- Es activador de enzimas
- Se asocia al potasio, al que se le parece, en su movimiento por el floema. Los frutos y órganos de reserva, abastecidos por el floema, van a verse afectados por la nutrición de potasio y de magnesio

(CIAT,1998)

2.9.1.3.5. Clasificación del Contenido de Potasio

	K+ (cmolc kg ⁻¹)	K+ (kg/ha)
Bajo	< 0.21	< 164
Medio	0.21 – 0.65	164 - 507
Alto	> 0.65	> 507

2.9.1.3.6. Materia Orgánica

	%
Bajo	< 2,0
Medio	2,0 – 4,0
Alto	> 4,0

2.9.1.3.7. Clasificación del Contenido de Nitrógeno

	N Total (%)	N Mineral (kg/ha)
Muy bajo	< 0.1	< 60
Bajo	0.1 – 0.2	60 - 120
Medio	0.2 – 0.5	120 - 300
Alto	0.5 – 1.0	300 – 600
Muy alto	> 1.0	> 600

2.9.1.3.8. Clasificación del Contenido de Fósforo

	Método Olsen	
	P (mg kg ⁻¹)	P (kg/ha)
Bajo	< 6	< 12
Medio	6 – 15	12 - 15
Alto	15	> 15

(CIAT,1998)

2.9.1.3.9 Densidad Aparente

Los simples valores de densidad aparente no permiten comparaciones de unos suelos con otros,pues los suelos con texturas mas livianas suelen dar valores mas altos.se consideran altos aquellos superiores a 1,3 en textura fina(arcillosos o franco arcillosos),a 1,4 en suelos de textura media(franco a franco limosos),y a 1,6 en suelos de textura gruesa(franco arenosos).

(Mendoza,2014)

2.9.1.3.10 Densidad Real

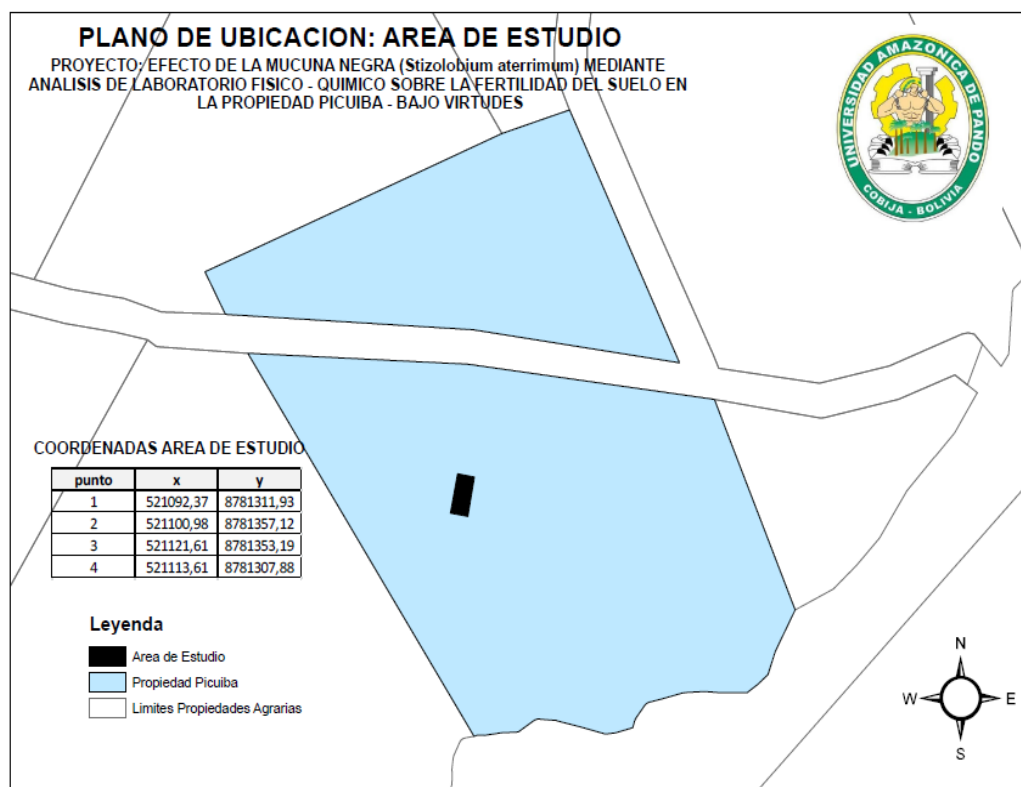
Permite estimar su composición mineralógica. si la densidad real es muy inferior a 2,65 gr/cm podemos pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica si es significativamente superior a 2,65gr/cm podemos inferir que posee un elevado contenido de minerales ferro magnésico y óxidos Feo.(Mendoza,2014)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El presente trabajo de investigación se realizó en una propiedad privada llamada PICUIBA en zona rural Comunidad Bajo Virtudes del Departamento Pando, se encuentra aproximadamente a 5 kilómetros de la ciudad de Cobija, geográficamente está situado entre 68°48'24.88 de Longitud oeste y 11°1'27.97 Latitud Sur y una temperatura media anual de 33.1 °C, con una precipitación promedio anual de 1648.6 mm, y una altitud de 203 m.s.n.m.

Plano de Ubicación



FUENTE: INRA-PANDO

3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

El trabajo de investigación tuvo una duración de 324 días (10 meses 20 días), iniciándose el 05 de diciembre del 2014, las principales actividades que se ejecutaron fueron: rosado, basureado, delimitación de las unidades experimentales, muestreo del suelo, siembra, control de malezas y toma de datos, culminando el trabajo en fecha 25 de octubre del 2015.

3.3. MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron semillas de mucuna negra (*Stizolobium aterrimum*), las mismas que fueron adquiridas de la Ciudad de Cochabamba - Bolivia.

3.4. EQUIPOS HERRAMIENTAS

En el presente trabajo de investigación, fueron utilizados diferentes equipos y herramientas, las mismas que fueron utilizadas tanto en los trabajos de campo como en gabinete:

Tabla N ° 2
Equipos, herramientas y material de gabinete

Herramientas de campo		
Machete	Azadón	Regadera de 10 litros
Cinta métrica	Rastrillo	Martillos
Estacas de madera	Wincha	Pala para el muestreo
Letreros	Clavos	Balde
Pintura Blanca	Carretilla	Bolsas de polietileno
Rosadora		
Gabinete		
Cámara fotográfica digital	Impresora	Hoja de Papel en carta
Libreta de Campo	Tinta de impresora	Lápiz

FUENTE: Elaboración propia (2014)

3.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La metodología empleada en el procedimiento experimental se describen a continuación:

3.5.1. Limpieza del área experimental

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en un terreno en estado de pastizal, la limpieza del área experimental se realizó el día 5 de diciembre del 2014, con la ayuda de una rozadora, azadón y rastrillo eliminando todas las malezas del área de estudio.

Fotografía N° 1 Limpieza del área experimental



FUENTE: Joshemi Zamora Vaca (2014)

3.5.2. Medición de la parcela

Esta actividad se la realizó en fecha 10 de diciembre del 2014, con la ayuda de una wincha y un flexómetro, mismas que hemos utilizado para medir el tamaño total de la parcela y las unidades experimentales.

3.5.3 Muestreo del suelo para análisis físico-químico

En fecha 17 de diciembre del 2014 se realizó el primer muestreo y el 25 de octubre del 2015 se llevó a cabo el segundo muestreo del suelo; los mismos consistieron en la toma de 6 sub-muestras por unidad experimental haciéndose un total de 24 sub-muestras por tratamientos, las cuales fueron tomadas al azar, y a una profundidad de 0 a 25 cm, para ellos se utilizó un azadón y una pala, una vez obtenidas todas las sub-muestras se las depositó en un balde limpio y luego se homogenizó y se cuarteó de donde se obtuvo cuatro muestras representativas equivalentes a un kilogramo, la misma que representó a cuatro diferentes tratamientos de estudio, muestras de suelo que fueron enviadas al Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos, del Área de Ciencias biológicas y Naturales, de la universidad Amazónica de Pando.

Fotografía N° 2 Toma de sub-muestras



FUENTE: Joshemi Zamora Vaca (2014)

Fotografía N° 3 Cuarteo de suelo



FUENTE: Joshemi Zamora Vaca (2014)

3.5.4 MÉTODOS EMPLEADOS EN LOS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS DE SUELOS

Para la determinación de los parámetros se utilizaron los siguientes métodos en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico de Suelos, del Área de Ciencias Biológicas y Naturales.

Tabla N° 3
Parámetros y métodos del análisis
físico-químico del suelo

Parámetros	Métodos
Determinación de Textura del Suelo	Hidrómetro de Boyoucus
Densidad Real	Método del picnómetro
Densidad Aparente	Método de la probeta
pH del Suelo	Método instrumental
Materia Orgánica	Walkley y Black
Cationes Cambiables (Ca, Mg, K, Na)	Instrumental
Conductividad Eléctrica	Instrumental
Aluminio Intercambiable	Método volumétrico
Nitrógeno Total	Método Kjeldahl

Fuente: Laboratorio de Suelo de ACBN (2014)

3.5.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar en arreglo factorial, con 4 repeticiones y 4 tratamientos con la misma especie en diferentes densidades de siembra teniendo las siguientes características:

Tratamientos		4
Repeticiones		4
Número de unidades experimentales		16
Superficie de la unidad experimental (10 m x 4 m)		40 m ²
Separación	Surcos	Plantas
T1	0,40 m	0,80 m
T2	0,60 m	0,60 m
T3	0,50 m	0,50 m
T4	1 m	1 m
Número de plantas por surco		
T1		12
T2		16
T3		20
T4		10
Separación entre unidad experimental		1 m
Separación entre bloques o repeticiones		1 m
Superficie efectiva de la investigación (40 m ² x 16 m)		640 m ²
Superficie total de la investigación (46 m x 21 m)		966 m ²

El croquis de campo detalla la ubicación de los tratamiento (anexo 1).

3.5.6. ANÁLISIS DE DATOS

Los resultados obtenidos fueron transcritos en una base de datos de Excel. Posteriormente haciendo uso de este, se efectuó el análisis de los niveles de fertilidad del cultivo de la mucuna negra en el suelo.

4. RESULTADOS

4.1. DATOS METEOROLÓGICOS

A partir de los datos obtenidos de la pagina del internet, (<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>), durante el experimento se registraron temperaturas promedio mínimas de 22,2 ° C; máxima de 30,9 ° C; y una media de 26,6 ° C. La precipitación pluvial total que se registro fue de mm . 1597,4 (Cuadro 1).

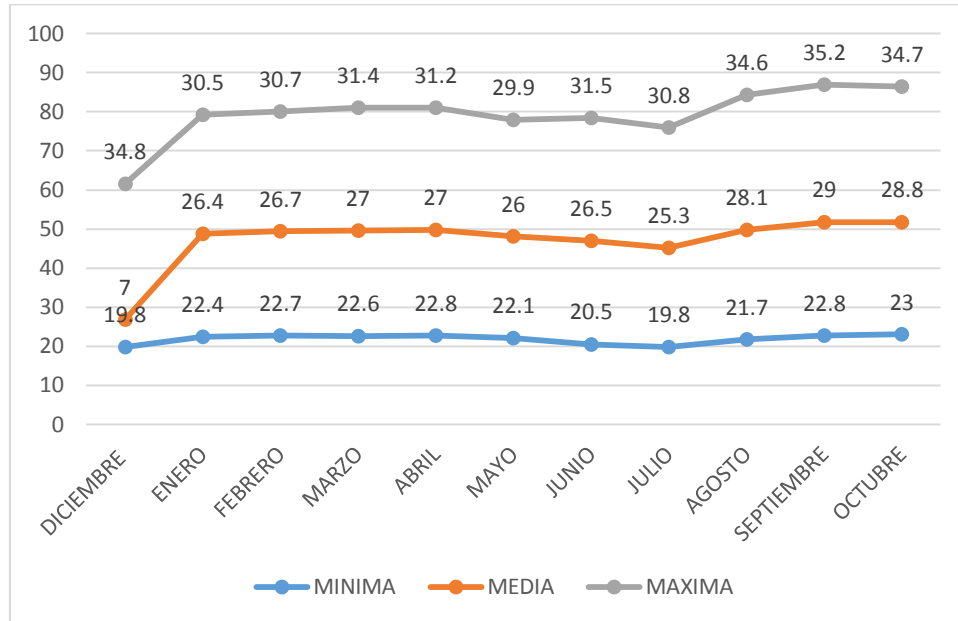
Cuadro N° 1

Registro de promedios mensuales de temperatura y precipitación pluvial durante la investigación

Meses	Temperaturas			Precipitación (mm)
	Mínima	Media	Máxima	
Diciembre	19,8	22,5	34,8	192,3
Enero	22,4	26,4	30,5	349,7
Febrero	22,7	26,7	30,7	272,7
Marzo	22,6	27,0	31,4	195,9
Abril	22,8	27	31,2	210,3
Mayo	22,1	26	29,9	192,8
Junio	20,5	26,5	31,5	41,5
Julio	19,8	25,3	30,8	13,1
Agosto	21,7	28,1	34,6	37,3
Septiembre	22,8	29,0	35,2	16,8
Octubre	23	28,8	34,7	75
TOTAL				1597,4
PROMEDIO	21,83	26,66	32,3	

Fuente: <http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

Gráfico N° 1
Promedios de Temperatura, durante la investigación

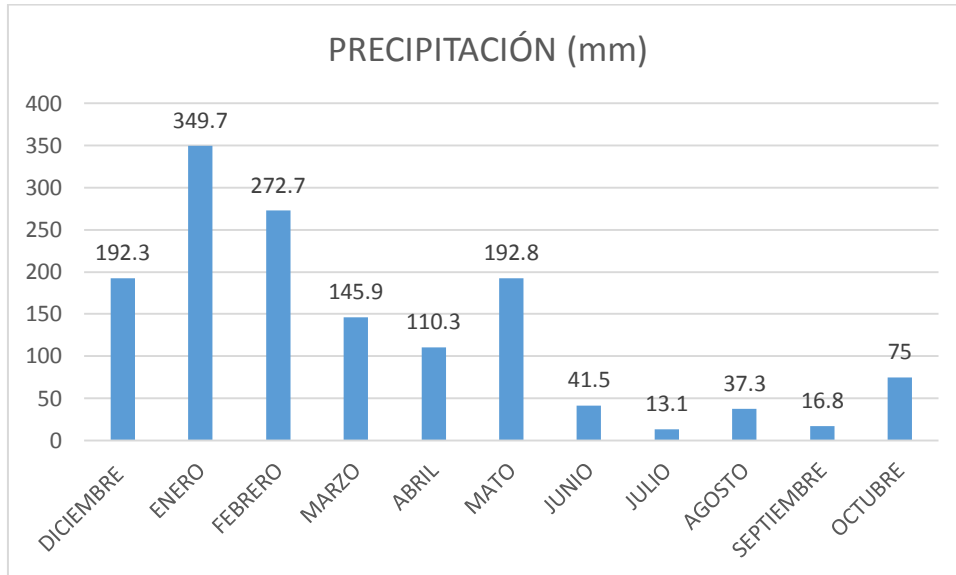


FUENTE: Elaboración del grafico de acuerdo a datos:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

El Gráfico N° 1, nos permite observar que los meses de diciembre del 2014 y septiembre del 2015 se registraron las mayores temperaturas, mientras que el mes de julio se registró la temperatura más baja.

Gráfico N° 2
Precipitación pluvial, registrada durante la investigación

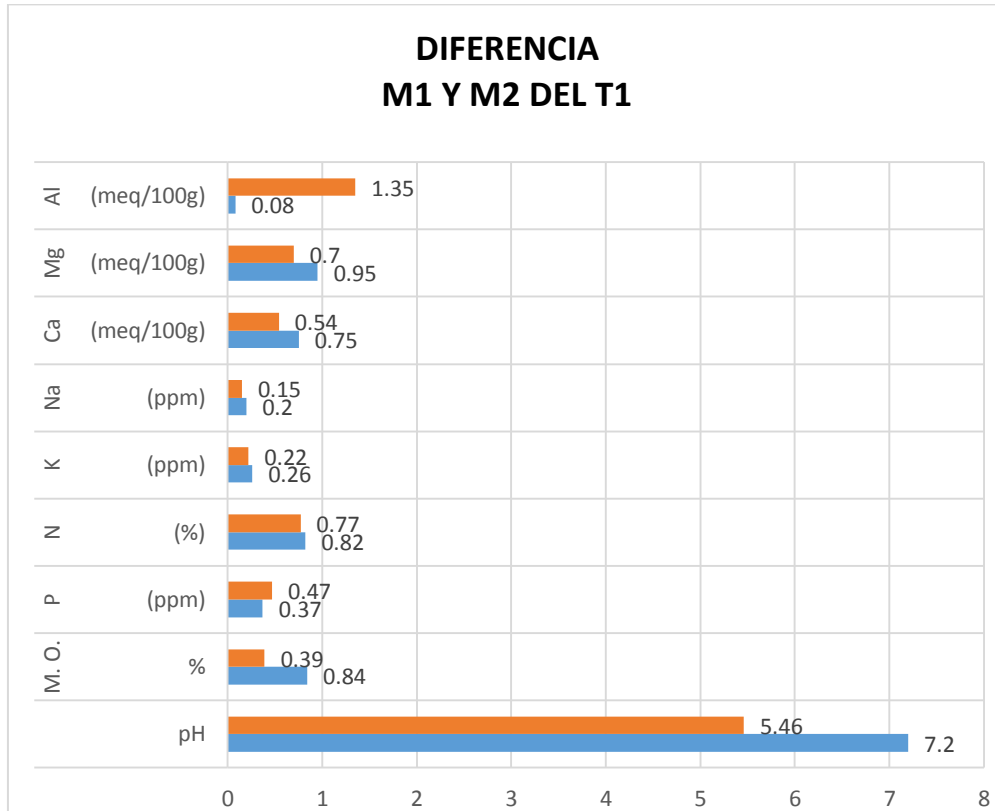


FUENTE: Elaboración de acuerdo a datos:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

En el gráfico N° 2, se observa que el mes de julio se registró la menor precipitación con 13,1 mm, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de enero con 349,7 mm, esto debido a las características propias de la época de lluvias que se registra en la región.

Grafico N° 3

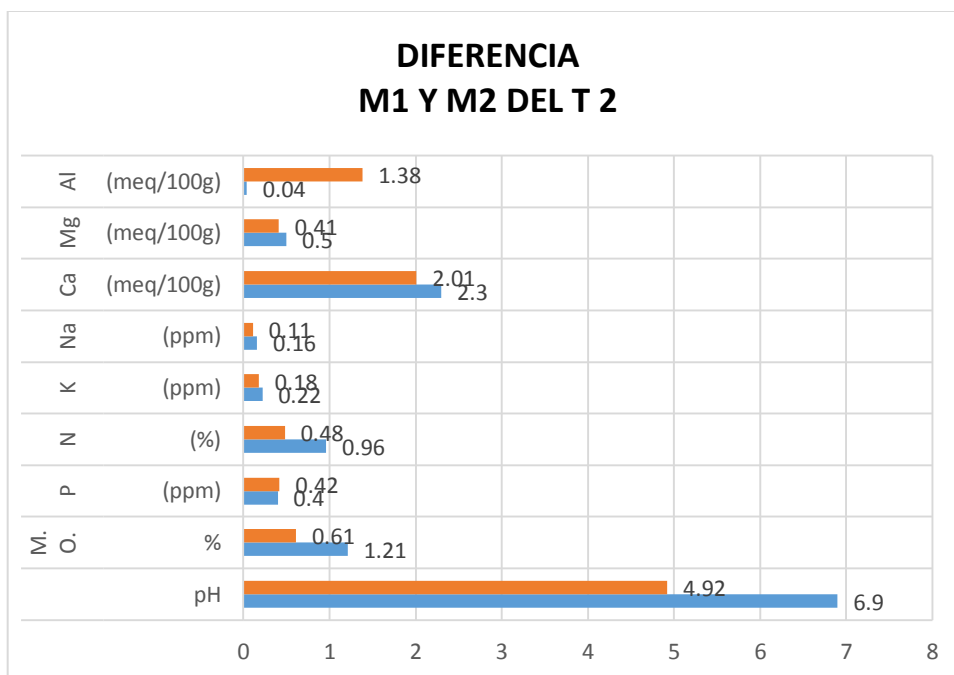


FUENTE: Elaboración de acuerdo a datos:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

En el gráfico N° 3, se observa que en la M 1 del T 1 el pH es de 5,46 siendo moderadamente ácido, habiendo una diferencia en la M 2 del T 1 con un pH de 7,2 suavemente alcalino; el nitrógeno en la M 2 del T 1 tuvo una mejora de 0,82. Los demás componentes químicos varían entre las M 1 y M 2 con poca diferencia entre los tratamientos.

Graficos N°4

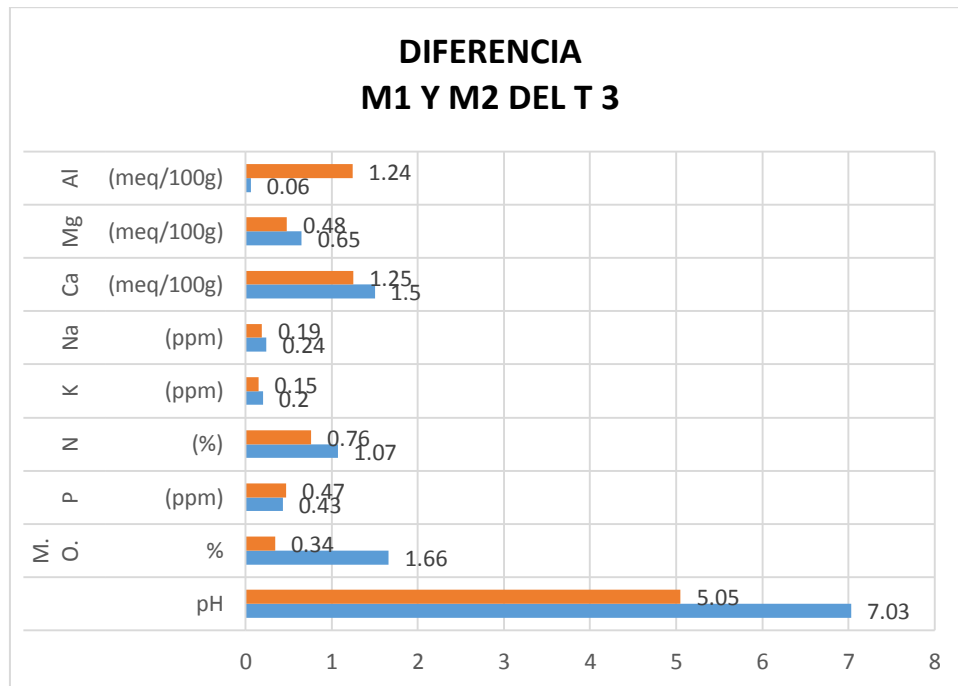


FUENTE: Elaboración de acuerdo a datos:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

En el gráfico N° 4, se observa que en la M 1 del T2 el pH es de 4,92 siendo fuertemente ácido, habiendo una diferencia en la M 2 del T2 con un pH de 6,9 neutro; el nitrógeno en la M2 del T2 tubo una mejora de 0,96%. Los demás componentes químicos varían entre las M1 y M2 con poca diferencia entre los tratamientos.

Graficos N°5

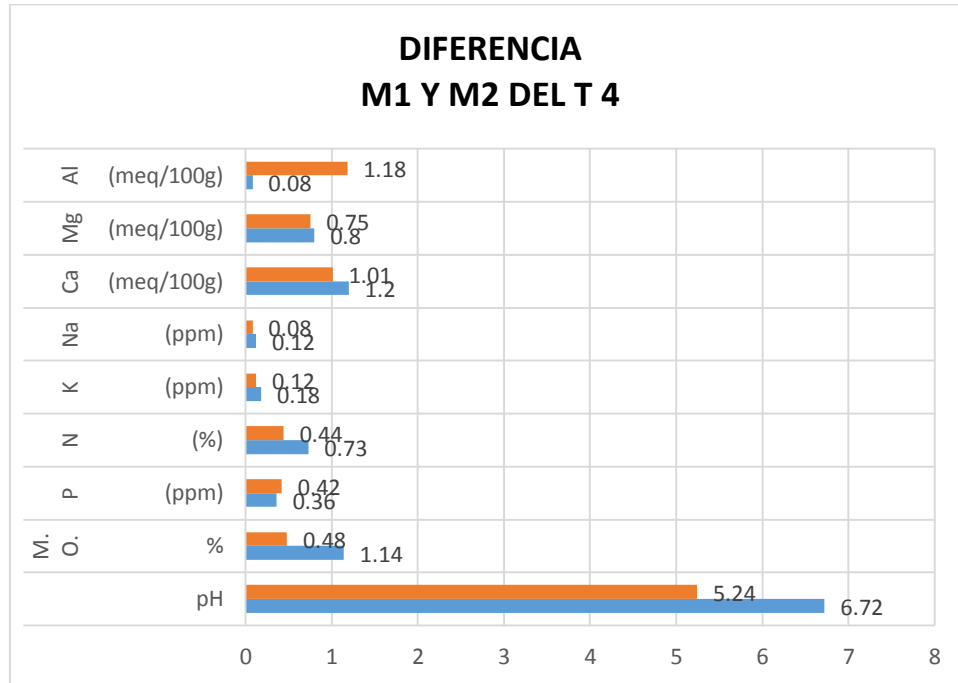


FUENTE: Elaboración de acuerdo a datos:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

En el gráfico N° 5, se observa que en la M 1 del T3 el pH es de 5,05 siendo fuertemente ácido, habiendo una diferencia en la M 2 del T3 con un pH de 7,03 neutro; nitrógeno tubo una mejora en la M2 del T3 de 1,07%. Los demás componentes químicos varían entre las M1 y M 2 con poca diferencia entre los tratamientos.

Graficos N°6



FUENTE: Elaboración de acuerdo a datos:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

En el gráfico N° 6, se observa que en la M 1 del T 4 el pH es de 5,24 siendo fuertemente ácido, habiendo una diferencia en la M 2 del T4 con un pH de 6,72 neutro; nitrógeno tubo una mejora en la M2 del T4 de 0,73%. Los demás componentes químicos varían entre las M1 y M 2 con poca diferencia entre los tratamientos.

4.2. PRIMER RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL SUELO

Los resultados de análisis físicos-químicos del suelo, dieron los siguientes resultados: el pH entre el T1 y los T2, T3 T4, vario desde moderadamente acido a fuertemente acido; Materia Orgánica para todos los tratamientos (bajo); Fosforo (bajo); Nitrógeno (muy bajo); Potasio (medio a bajo); Sodio (bajo a muy bajo); Calcio de bajo a medio; Magnesio de bajo a medio y el Aluminio tiene una interpretación de bajo para todos los tratamientos.

Cuadro N° 2
Primer resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la mucuna negra

Parámetros	Unidad	T1	Inter.	T2	Inter.	T3	Inter.	T4	Inter.
Textura	%	Ar=68,04 L=13,28 Arc=18,68	Franco arenoso	Ar=66,10 L=15,22 Arc=18,68	Franco arenoso	Ar=69,29 L=14,54 Arc=16,17	Franco arenoso	Ar=64,44 L=19,40 Arc=16,16	Franco arenoso
Dap	(gr/cm3)	1,42		1,38		1,42		1,35	
DR	(gr/cm3)	2,42		2,42		2,56		2,48	
p ^H	%	5,46	Mod. Acido	4,92	Fuert. Acido	5,05	Fuert. acido	5,24	Fuert. acido
M. O.	(kg)	27,3	Bajo	21,35	bajo	11,9	Bajo	16,8	Bajo
Fosforo	(ppm)	0,47	Bajo	0,42	bajo	0,47	Bajo	0,42	Bajo
Nitrógeno	(kg/h)	46,2	Muy Bajo	28,8	Muy Bajo	45,6	Muy Bajo	26,4	Muy Bajo
Potasio	(ppm)	0,22	Medio	0,18	Bajo	0,15	Bajo	0,12	Bajo
Sodio	(ppm)	0,15	Muy Bajo	0,11	Muy Bajo	0,19	Bajo	0,08	Muy Bajo
Calcio	(meq/100g)	0,54	Bajo	2,01	medio	1,25	Medio	1,01	Medio
Magnesio	(meq/100g)	0,70	Medio	0,41	bajo	0,48	Bajo	0,75	Medio
Aluminio	(meq/100g)	1,35	Bajo	1,38	Bajo	1,24	Bajo	1,18	Bajo

Fuente: Elaboración propia con los datos de Laboratorio de ACBN(2017)

4.3. SEGUNDO RESULTADO DE ANALISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE SUELOS

De acuerdo a los resultados del laboratorio de análisis físicos-químicos del suelo, tenemos las siguientes interpretaciones: el pH para el T1 (suavemente alcalino) y los demás tratamientos son neutros; Materia Orgánica (bajo a medio); Fósforo (bajo); Nitrógeno (muy bajo); Potasio (medio a bajo); Sodio (muy bajo, bajo y medio); Calcio de bajo a medio; el Magnesio en el T2 esta como bajo y para los de demás es medio y el Aluminio como muy bajo para todos los tratamientos en cuestión.

Cuadro N° 3
Segundo resultado de análisis de laboratorio para el cultivo de la mucuna negra

Parámetros	Unidad	T1	Inter.	T2	Inter.	T3	Inter.	T4	Inter.
Textura	%	Ar=61,93	Franco arcillo arenoso	Ar=58,70	Franco arcillo arenoso	Ar=61,93	Franco Arcillo Arenoso	Ar=59,19	Franco
		L=16,16		L=19,39		L=12,92		L=19,62	
		Arc=21,91		Arc=21,91		Arc=25,15		Arc=21,19	
Dap	(gr/cm3)	1,42		1,38		1,42		1,35	
DR	(gr/cm3)	2,61		2,69		2,53		2,50	
p ^H		7,20	Suav. Alcalino	6,90	Neutro	7,03	Neutro	6,72	Neutro
M. O.	(kg)	24,4	Bajo	42,35	bajo	58,1	medio	39,9	Bajo
Fósforo	(ppm)	0,37	Bajo	0,40	bajo	0,43	bajo	0,36	Bajo
Nitrógeno	(kg/h)	49,2	Muy Bajo	57,6	Muy Bajo	37,45	Bajo	43,8	Muy Bajo
Potasio	(ppm)	0,26	Medio	0,22	Medio	0,20	Bajo	0,18	Bajo
Sodio	(ppm)	0,20	Bajo	0,16	Bajo	0,24	Medio	0,12	Muy Bajo
Calcio	(meq/100g)	0,75	Bajo	2,30	Medio	1,50	Medio	1,20	medio
Magnesio	(meq/100g)	0,95	Medio	0,50	Bajo	0,65	Medio	0,80	Medio
Aluminio	(meq/100g)	0,08	Muy Bajo	0,04	Muy Bajo	0,06	Muy Bajo	0,08	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia con datos de Laboratorio de ACBN (2017)

5. DISCUSIÓN

5.1. Datos Meteorológicos

(Braga, N. R. et al, 2006) indica que la mucuna negra se desarrolla en zonas con precipitaciones de 600-2500 mm y óptima de 1000 a 2000 mm, con una temperatura de 19-27 °C, y de 15-35 °C y no tolera heladas.

El cultivo de la mucuna negra (*Stizolobium aterrimum*) crece muy bien al pleno sol y con abundante lluvia, preferiblemente de 40 a 100 pulgadas (1,000 a 2,500 mm) al año, pero no tolera los suelos inundados. También podrá crecer en lugares más áridos, con tan poca como 16 pulgadas (400 mm) de precipitación. (Bryan Brunner, 2011)

En la presente investigación, la temperatura promedio durante la investigación fue 26,66°C; la temperatura mínima con 21,83°C y la máxima con 32,3°C; y la precipitación pluvial total fue de 1597,4 mm, el mes de julio se registró la menor precipitación con 13,1 mm, mientras que la máxima precipitación tuvo lugar en el mes de enero con 349,7 mm.

De acuerdo a la bibliografía consultada los datos obtenidos de temperatura y precipitación, se enmarcan dentro de los resultados de la investigación.

5.2. Textura y pH del Suelo

La mucuna negra, tolera un amplio rango de suelos desde arenosos, con ligera acidez, con poco contenido de fósforo, de textura arenosa, arenosa-franca a franca- arcillosa, de fertilidad baja y moderada y pH de 4.5-7.7 y óptimo de 5.0-7.0. Además, se adapta a muchos tipos de suelo, incluyendo los suelos ácidos y de baja fertilidad (Braga, N. R. et al, 2006).

De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos el tipo de suelo, para el primer muestreo fue FRANCO ARENOSO.

Para el segundo muestreo se tiene los suelos; FRANCO, FRANCO ARCILLOSO ARENOSO.

Los valores del pH, para el primer muestreo de los 4 tratamientos fueron de 5,46 (moderadamente ácido) correspondiente al primer tratamiento; segundo tratamiento de 4,92 (fuertemente ácido); tercer tratamiento fue de 5,02 (fuertemente ácido) y el cuarto tratamiento con 5,24 (fuertemente ácido).

Los valores del pH, para el segundo muestreo de los 4 tratamientos fueron de 7,20 (suavemente alcalino), primer tratamiento; segundo tratamiento de 6,90 (neutro); tercer tratamiento fue de 7,03 (neutro) y el cuarto tratamiento 6,72 (neutro).

De acuerdo a la bibliografía citada, el presente trabajo de investigación se realizó en los límites establecidos, por los resultados registrados se puede apreciar que el cultivo de la mucuna negra, ha jugado un papel fundamental sobre la textura y el pH del suelo.

5.3. Nitrógeno

Los mayores reportes de esta especie en estudios de investigación formales, enfocados hacia el mejoramiento del recurso suelo provienen de Centroamérica, Brazil, África y La India. Los principales beneficios obtenidos con el uso de Mucuna negra como cobertura vegetal, son la fijación de Nitrógeno atmosférico al suelo (50 – 200 kg N.ha), el aporte de biomasa fresca al suelo, la reducción de la erosión del suelo y el incremento de la actividad biológica. (Anthofer et al, 2005) y (Blanchart et al, 2006).

La producción de nitrógeno de la mucuna negra durante el estudio se obtuvo para el primer muestreo: T1= 46,2 kg/N/ha; T2= 28,8 kg/N/ha; T3 = 45,6 kg/N/ha y T4= 26,4 kg/N/ha.

Para el segundo muestreo el: T1= 49,2 kg/N/ha; T2= 57,6 kg/N/ha; T3= 37,45 kg/N/ha; y el T4 43,8 kg/N/ha.

De acuerdo con la bibliografía consultada se afirma que los resultados de los tratamientos 1 y 2, se enmarcan con los datos obtenidos por Anthofer y Blanchart, mientras que los tratamientos 3 y 4, no se encuentran dentro del rango bibliográfico.

5.4 Materia Organica

La mucuna negra produce entre 40 y 50 toneladas de masa verde, 6 a 9 toneladas de masa seca y fija entre 180 y 350 kg de N por ha/año. (Duggar, 1989).

De acuerdo a Centro de Investigacion Agricola Tropical el nivel Bajo < 2,0 Medio 2,0 – 4,0 Alto > 4,0(CIAT:1998)

La producción de materia organica de la mucuna negra para el primer muestreo tenemos: T1= 27,3 Kg; T2= 21,35 Kg; T3= 11,9 Kg y el T4= 16,8 Kg.

Ya en el segundo muestreo tenemos: T1=24,4 Kg; T2=42,35 Kg; T3= 58,1 Kg y el T4=39,9 Kg.

De acuerdo con la bibliografía consultada se afirma que los resultados de la presente investigación no se enmarcan con la bibliografía consultada arriba citadas.

5.5 Densidad Aparente

Los simples valores de densidad aparente no permiten comparaciones de unos suelos con otros, pues los suelos con texturas más livianas suelen dar valores más altos. Se consideran altos aquellos superiores a 1,3 en textura fina (arcillosos o franco arcillosos), a 1,4 en suelos de textura media (franco a franco limosos), y a 1,6 en suelos de textura gruesa (franco arenosos).

(Mendoza, 2014)

De acuerdo a la bibliográfica para ambas muestras de laboratorio se mantienen los datos de 1,35 a 1,42 gr/cm³.

5.6 Densidad Real

Permite estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es muy inferior a 2,65 gr/cm podemos pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica. Si es significativamente superior a 2,65 gr/cm podemos inferir que posee un elevado contenido de minerales ferro magnésico y óxidos Feo. (Mendoza, 2014)

De acuerdo a la bibliográfica los datos para el segundo muestreo hubo un aumento en los tratamientos T1, T2 y T4 menores a 2,65 que poseen mayor materia orgánica. Sin embargo el T3 2,69 mayor a 2,65 tienen mayor contenido de minerales.

6. CONCLUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos, se da las siguientes conclusiones del presente trabajo de investigación.

- El resultado de la evaluación de la mucuna negra objeto de la investigación, nos indica que hubo mejoras en la fertilidad del suelo de acuerdo a los resultados de análisis físico-químico del laboratorio.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos y realizado una comparación con el referente bibliográfico estándar del Centro de investigación Agrícola Tropical se concluye que el tratamiento 1 es la mejor densidad de siembra seguida de los tratamientos 2 y 4, sin embargo el tratamiento 3 no ha tenido buenos resultados.
- Las propiedades físicas del suelo referente a la textura para el primer muestreo fueron franco arenoso, la densidad aparente se mantuvo para el tratamiento 1 y 3 los demás tuvieron cambios, la densidad real para todos los tratamientos fueron diferentes.
- Los resultados del segundo muestreo la textura paso a franco arcilloso arenoso en los tratamientos 1, 2, y 3 el tratamiento 4 fue suelo franco, la densidad aparente se mantuvo para el tratamiento 1 y 3 los demás tuvieron cambios, la densidad real para todos los tratamientos fueron diferentes.
- Los cambios que se encontraron entre el primer y segundo muestreo fueron el pH, conductibilidad eléctrica, potasio, magnesio, textura, nitrógeno, densidad aparente y densidad real; los demás como ser calcio, materia orgánica y fosforo no tuvieron cambios en los análisis físicos químicos realizados.

7. RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo de investigación y tomando en cuenta los resultados obtenidos, podemos dar las siguientes recomendaciones.

- ✓ Por los resultados encontrados en la presente investigación se recomienda que se aplique en otras comunidades con suelos pobres en nutrientes para su debida recuperación.
- ✓ Complementar con otras investigaciones la siembra de la mucuna negra en otras épocas del año, utilizando el tratamiento 3. Por ser el 1° trabajo en realizarse con tratamientos de diferentes densidades se recomienda tomar como línea base para posteriores investigaciones.
- ✓ Se recomienda el cultivo de la mucuna negra ya que ayuda y mejora las propiedades físicas en la recuperación de suelo degradados.
- ✓ Por obtener los mejores resultado durante la investigacion se recomienda el tratamiento 1, el cual tenia una densidad de siembra de 40 centímetros entre plantas x 80 centímetros entre surcos.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Anthofer et al, 2005.Evaluacion de aporte de nutrientes al suelo provenientes de dos variedades de Mucuna: Mucuna pruriens y Mucuna spp. (Anthofer et al, 2005) y (Blanchart et al, 2006).Estudios de investigación hacia el mejoramiento del suelo en Centro América. Brasil, India y África.
- ASOPROL, 2009.Produccion y consumo de frijol seco y su contribución a la oferta de proteínas a nivel mundial; centro internacional de Colombia.
- Baijukya et al.(2004).Nitrogen reléase from decomposing residues of leguminous cover crops and their effect on maize yield on depleted soils of Bukoba District, Tanzania.Journal Plant and soil.No.279,77:93.
- Braga, N. R. et al 2006. Mucuna-preta. Campinas: IAC, 2006. Disponible em:<<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MucunaPreta/MucunaPreta.htm>>.
- Bryan Brunner, 2011. Manual de leguminosas de Nicaragua. Tomo I. Ed. Pasolac, Nicaragua. 528 p.
- Buckles et al, 1998. Las leguminosas, Mucuna pruriens tiene la capacidad de fijar el Nitrógeno atmosférico mediante una relación simbiótica con microorganismos del suelo.
- Boris Vargas, 2013.El ciclo vegetativo del frijol
- Benacchio, 1982.Humedad ambiental para el cultivo del frijol para la siembra
- CIDICCO, 2003. Intercalado, en relevo o en rotación en cultivos de cobertura verde
- CIAT,1998.Investigacion e interpretacion propiedades fisico químicas del suelo.Santa Cruz disponible en:www.ciatbo.investigacion.html
- Costa et al, 1992.Abono verde; Philadelphia, pag.25
- CIBA-GEIGY: Manual de ensayos de campo. Basilea, Suiza1990 (Disponible en <http://www.inta.gov.ni> Consultado el: 15 de abril del 2014, 2008)
- Duke et al, 1981. Características Morfológicas Y Fisiológicas De La Mucuna Pruriens

Duggar, 1989; Camas Gómez, 1991; Chávez, 1993. la producción de vainas es variable y dependiente de las condiciones ambientales

Dahnke and Johnson, 1990. El proceso de mineralización del nitrógeno orgánico del suelo durante el crecimiento de los cultivos

Doorenbos y Kassam, 1979. Factores que influyen en el crecimiento del frijol

White, 1985. Guía para la siembra del frijol.

FAO, (octubre de 2011). Proyecto de agricultura orgánica. Obtenido de Proorganico.inf./mucunapdf

Flores et al, 1991. Importancia de los cultivos de cobertura verde para mejorar la fertilidad del suelo

Chazan, Michael (2008). World Prehistory and Archaeology: Pathways through Time. Pearson Education, Inc.. ISBN 0-205-40621-1.

Chazan, Michael 2008. Origen del cultivo del frijol

Jaramillo, 2002. La humedad del suelo de acuerdo a su composición de sus fracciones minerales y orgánicas.

Loiseau et al, 1994. Procesos de inmovilización y mineralización, que alteran la disponibilidad del nutriente para el cultivo

Mendoza, E.M. (s.f.). Densidad Real y Aparente y Porosidad del suelo. Recuperado el 13 de octubre de 2014, de http://www.academia.edu/7716432/DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_SUELO.

MONSERRATE Fredy, 2000. Metodología para seleccionar zonas de intervención con cultivos biofortificados.

Munguía Julio, 2009. Enfermedades fungosas del frijol de Cuba, Ed. Científico técnica, La Habana, pp.39-60

Ojiem et al, 2007. Investigación de la contribución de algunas leguminosas sobre la economía del Nitrógeno del suelo, en tres zonas agroecológicas del oeste de Kenya.

Phillips et al, 1986. Ventajas del uso de coberturas vegetales en la producción de cultivos, reside en la conservación de la humedad del suelo.

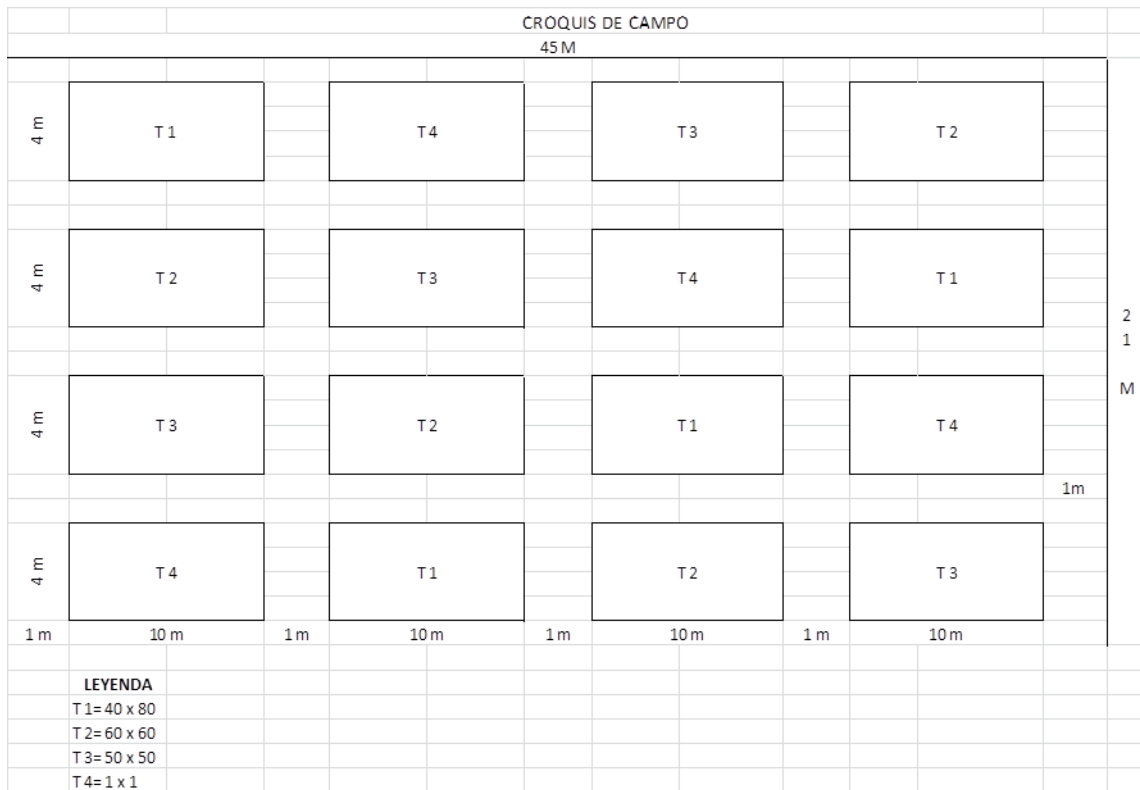
Smith et al, 1987. Cobertura muerta o acolchado orgánico, en prácticas agrícolas; Florida Stanford et al, 1972. La mineralización de nitrógeno del suelo responde a una cinética de primer orden.

Schwartz y Gálvez, 1980. Generalización de la producción y uso del frijol.

Taylor & Francis, 1998. Efectos de labranza y biofertilización en propiedades del suelo que afectan a la sostenibilidad de la producción de frijol

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php> (diciembre 2014 a octubre 2015)

ANEXO N° 1



Anexo 2



Limpieza del área de trabajo(2014)



Semillas de la mucuna negra(2014)



Planta de la mucuna (2015)



Parcelas delimitadas en el área de estudio con la superficie experimental de 10m x 4m(2015)

Anexos N° 3



Recolección de las submuestras en el area de trabajo(2014)



Cuardeo de las muestras representativas de los 4 tratamientos(2014)