

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua**

**Facultad Regional Multidisciplinaria de Matagalpa**

**Departamento de Ciencias Tecnología y Salud**



**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Efecto de la cobertura *Mucuna pruriens* en la calidad de suelos, siembra asociada con Maíz (*Zea Mays*) finca Laderas de Apante, II semestre 2017.

**Autores:**

**Br.** García Miguel Alejandro

**Br.** Torrez Hernández Yamileth del Socorro

**Tutor:**

**PhD.** Francisco Javier Chavarría Arauz

**Matagalpa, Octubre 2018**



Efecto de la cobertura *Mucuna pruriens* en la calidad de suelos, siembra asociada con Maíz (*Zea Mays*) finca Laderas de Apante, II semestre 2017.

## DEDICATORIA

**A Dios:** la vida, sabiduría y la oportunidad de haber culminado mis estudios, infinitamente agradecido con mi Dios quien estuvo con mi persona en todos los momentos de prueba.

**A mi madre: María Magdalena García** por brindarme su ayuda en su momento para que yo pudiese alcanzar el título de Ing. Agrónomo.

**A mis hermanos: Lester Manuel García** quien me ayudo cuando más lo necesite y **Víctor Harold García** que en algún momento de mi vida me apoyo incondicionalmente pero que ahora ya no está con mi persona le dedico de manera muy especial este trabajo quien estaría muy orgulloso de mí por haber culminado mis estudios superiores.

**A mi esposa: Juvelka Nazaret Hernández vega** que estuvo con mi persona en momentos muy difíciles, por todo el apoyo y cariño que me ha brindado en todo este tiempo que hemos compartido.

**Br. Miguel Alejandro García**

## DEDICATORIA

**A Dios** por darme la vida, sabiduría, bendiciones y la oportunidad de haber culminado mis estudios y ser el único quien estuvo con mi persona en todos los momentos de prueba.

**A mi Madre Santísima: Virgen María** por ser la que intercede en cada una de nuestras suplicas, dificultades y ser ese ejemplo madre y mujer modelo a seguir.

**A mi Padres: Luis Felipe Torrez Cantarero y María de la cruz Hernández Rivas** por ser ese motor y apoyo incondicional, estar pendiente siempre de mis momentos de angustia y alegría, ser esas personas que ayudo a lograr mis metas.

**A mis Hermanos: Miriam Johana, Norvin Antonio, Nohemí Azucena, Eliezer Noé y Milton David Torrez Hernández** por ser hermanos perfectos con quien comparto mis alegrías y estar siempre dándome ánimos a seguir con mis estudios y me ayudaron en momentos de dificultades, de los cuales me siento orgullosa.

**Br: Yamileth del socorro Torrez Hernández**

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios:** padre todo poderoso por darme el entendimiento y la sabiduría de haber culminado mis estudios superiores.

**A Sr Carlos Hernández** propietario de la finca Laderas de Apante que nos apoyó de gran manera prestando su finca para un estudio monográfico.

**Al joven Abel Hernández** quien nos apoyó en el desarrollo del experimento y nos brindó sus conocimientos el cual pudimos llevar a cabo.

**Al tutor PhD: francisco Javier Chavarría Arauz** por su paciencia y dedicación que nos brindó en el desarrollo de este tema de investigación.

**Br. Miguel Alejandro García**

**Br. Yamileth del Socorro Torrez Hernández**

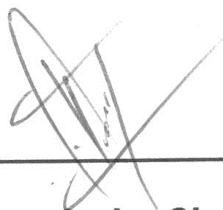
## OPINIÓN DEL TUTOR

Por este medio en mi calidad de Tutor emito valoración sobre el trabajo de tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo de los Egresados **Miguel Alejandro García y Yamileth del Socorro Torrez Hernández**, con el título “**Efecto de la cobertura *Mucuna pruriens* en la calidad de suelos, siembra asociada con Maíz (*Zea Mays*) finca Laderas de Apante, II semestre 2017**”.

A mi criterio el trabajo en mención cumple con estipulado por la UNAN Managua en el Reglamento de Régimen Académico. Existe coherencia entre su título, planteamiento del problema, sus objetivos, hipótesis, resultados, conclusiones y recomendaciones.

El trabajo realizado por los colegas **García y Torrez**, constituye un importante aporte a la búsqueda de soluciones a la degradación de suelos en la producción de maíz. Generalmente la producción de maíz, se realiza en suelos totalmente desprovistos de cobertura. En el caso de *Mucuna pruriens* además de proteger los suelos coadyuda a su restauración.

Que **Dios Jehová** bendiga a los colegas García y Torrez para que logren alcanzar sus próximas metas.



---

**Francisco Javier Chavarría Arauz**

**Tutor**

## RESUMEN

La investigación se llevó a cabo con el fin de evaluar el efecto de la cobertura *Mucuna pruriens* en la calidad de suelos, siembra asociada con maíz (*Zea Mays*) en la finca Laderas de Apante durante el segundo semestre 2017. Con el objetivo de demostrar que la *Mucuna pruriens* como cobertura en el suelo puede generar buenos resultado, y en el desarrollo del cultivo. Se utilizó el diseño experimental DBCA con tres repeticiones y cuatro tratamientos. El área experimental fue de  $225m^2$  y un área útil por parcela de  $18.75m^2$  ; los tratamientos utilizados fueron en base a la cobertura, T1 testigo, T2 (2 Ton/Ha), T3 (4 Ton/Ha), T4 (6 Ton/Ha), fertilizante edáfico 12- 24- 12 a razón de 2 qq/mz, los parámetros del suelo evaluados fueron: densidad aparente, porosidad, humedad volumétrica, pH, diversidad biológica, erosión de suelo y rendimientos productivos. Se determinó que los mejores resultados se obtienen en el T3 (4Tn/Ha), T4 (6Ton/Ha) disminuyendo las pérdidas de suelo, de igual manera los mejores rendimientos se obtienen en T3, T4 en comparación con el testigo absoluto lo que permite concluir que la cobertura *Mucuna pruriens* es una alternativa para evitar las pérdidas de suelo y por ende el aumento de la producción de maíz.

**Palabras claves:** *Mucuna pruriens*, cobertura, suelo, erosión, rendimiento,



## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>OPINIÓN DEL TUTOR</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>v</b>
<b>CAPITULO I</b> .....	<b>1</b>
1.1.Introducción .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.2.1. Pregunta general.....	4
1.2.2. Preguntas específicas.....	4
1.4. Objetivos.....	7
1.4.1. Objetivo general .....	7
1.4.2. Objetivos específicos .....	7
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>8</b>
2.1. Marco referencial .....	8
a. Antecedentes .....	8
b. Marco Teórico .....	11
b.1. Importancia de los cultivos de cobertura.....	11
b.2. Beneficios del uso de los cultivos de cobertura sobre el suelo .....	12
b.3. Los abonos verdes (AV).....	13
b.4. Cobertura Muerta o Acolchado Orgánico (AO) .....	15
b.5. Tipos de leguminosas que se usan como cobertura .....	16
b.6. El fríjol terciopelo ( <i>Mucuna pruriens</i> ) .....	16
b.7. Canavalia ( <i>Canavalia ensiformis</i> ) .....	17
b.8. Crotalaria ( <i>Crotalaria juncea</i> ).....	17
b.9. Gandul o fríjol de año ( <i>Cajanus cajan</i> ).....	18
b.10. Vicia ( <i>Vicia atropurpurea</i> ) .....	18
b.11. Características morfológicas y fisiológicas de la <i>Mucuna pruriens</i> .....	19
b.2. Efecto de <i>Mucuna pruriens</i> sobre algunas propiedades físicas del suelo... 21	
b.2.1. Densidad aparente.....	21

b.2.2. Porosidad.....	22
b.2.3. Humedad volumétrica .....	22
b.3. Efecto de <i>Mucuna pruriens</i> sobre algunas propiedades biológicas del suelo .....	24
b.3.1. Diversidad biológica.....	24
b.4. Efecto de <i>Mucuna pruriens</i> sobre algunas propiedades químicas del suelo .....	25
b.4.1. Nitrógeno .....	25
b.4.2. Fosforo.....	27
b.4.3. Potasio.....	28
b.5. Potencial del ion hidrogeno (pH).....	30
b.5.1. Acidez activa o de la solución del suelo.....	30
b.5.2. Acidez de reserva, no cambiabile o potencial.....	30
b.5.3. Acidez intercambiable.....	30
b.5.5. Influencias del pH .....	31
b.6. Perdidas de suelo por erosión.....	32
b.6.1. Erosión por salpicadura .....	32
b.6.2. Erosión laminar .....	33
b.6.3. Erosión en surco.....	33
b.6.4. Erosión en cárcavas .....	34
b.7. Efecto de <i>Mucuna pruriens</i> sobre el cultivo de maíz.....	34
C. Marco legal o contextual.....	36
2.1. Hipótesis.....	37
2.1.1. Hipótesis general .....	37
2.1.2. Hipótesis específicas.....	37
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>38</b>
3.1. Diseño Metodológico.....	38
3.2. Ubicación Geográfica de la Investigación .....	38
3.3. Tipo de Investigación .....	39
3.4. Enfoque.....	39
3.5. Investigación experimental.....	39
3.6. Población y Muestra.....	40

3.7. Tipo de Muestreo .....	40
3.8. Probabilística.....	41
3.9. Correlacional .....	41
3.10. De corte transversal .....	41
3.11.1. Establecimiento de la cobertura .....	42
3.11.2. Preparación del terreno.....	42
3.11.3. Pendiente .....	42
3.11.4. Siembra y fertilización .....	43
3.11.5. Rotulación .....	43
3.11.6. Distancia de siembra.....	43
3.11.7. Riego.....	44
3.11.8. Control de malezas .....	44
3.11.9. Descripción de la variedad NB-6.....	44
3.11.10. Diseño Experimental .....	45
3.11.10.1. Arreglo de los tratamientos .....	45
3.11.11. Dimensión del ensayo .....	46
3.11.12. Unidad experimental .....	47
3.11.13. Descripción de los muestreos para cada indicador.....	47
3.11.13.1. Densidad aparente.....	47
3.11.13.2. Porosidad.....	47
3.11.13.3. Humedad volumétrica .....	47
3.11.13.4. <i>Phyllophoga ssp</i> , <i>Cocón y anélidos</i> .....	48
3.11.13.5. Potencial ion hidrogeno del suelo (pH) .....	48
3.11.13.6. Perdidas de suelo .....	48
3.11.13.7. Rendimiento de maíz .....	49
3.13. Variables evaluadas.....	51
3.14. Técnica de recopilación .....	51
3.15. Procesamiento de datos .....	51
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>52</b>
4. Análisis y discusión de los resultados .....	52
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>74</b>
5.1. Conclusiones.....	74

5.2. Recomendaciones .....	75
5.3. Bibliografía.....	76

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de la variedad NB6 .....	44
Cuadro 2. Tratamientos evaluados .....	46
Cuadro 3. Plano de campo.....	50
Cuadro 4. ANDEVA porosidad del suelo .....	56
Cuadro 5. ANDEVA Gallina ciega .....	58
Cuadro 6. ANDEVA Huevos Cocón .....	60
Cuadro 7. ANDEVA Lombriz de tierra .....	62
Cuadro 8. ANDEVA Perdidas de suelo .....	66
Cuadro 9. ANDEVA Número de Hileras por Mazorca .....	67
Cuadro 10.DUNCAN Número de Hileras por Mazorca.....	67
Cuadro 11. ANDEVA Número de Granos por Mazorca.....	68
Cuadro 12. DUNCAN Número de Granos por Mazorca .....	69
Cuadro 13. ANDEVA Quintales por Manzana .....	70
Cuadro 14.DUNCAN Quintales por Manzana .....	71
Cuadro 15. ANDEVA Quintales por Hectáreas .....	72
Cuadro 16. DUNCAN Quintales por Hectáreas.....	72

## ÍNDICE DE GRÀFICO

Grafico 1. Humedad volumétrica del suelo.....	53
Grafico 2. Porosidad del suelo .....	55
Grafico 3. Phyllophaga ssp.....	57
Grafico 4. Huevo de lombriz (Cocon) .....	59
Grafico 5. Anelidos .....	61
Grafico 6. Potencial del ion hidrogeno ( PH) .....	63
Grafico 7. Perdidas de suelo .....	65

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Evaluaciòn de la macro fauna encontrada en cada muestreo.....	83
Anexo 2. Evaluaciòn del rendimiento del Maíz.....	84
Anexo 3. Operalizaciòn de variables .....	85
Anexo 4. Producciòn en rendimiento del Maiz .....	83
Anexo 5. Actividades realizadas.....	87
Anexo 6. Fotografías del experimento.....	88

## CAPITULO I

### 1.1. Introducción

La cobertura vegetativa es esencial en la agricultura de conservación: para la protección del suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, para mantener el suelo bajo sombra, con el más alto nivel de humedad posible, para utilizar por ende, reciclar los nutrientes para usar sus efectos alelopáticos sobre las malezas, conduciendo así a la reducción del uso de agroquímicos, de esta manera a disminuir los costos de producción. (FAO, 2015).

El uso excesivo de químicos afecta la producción de alimentos generando bajos rendimientos y productos no saludables para el consumo humano, por lo tanto, es necesario ejecutar medidas que estén en pro del medio ambiente disminuyendo la utilización de químicos e implementando el uso de frijoles abonos como coberturas de suelo que ayuda a aumentar la materia orgánica del suelo.

El propósito de la investigación consistió en evaluar el efecto de la cobertura en el suelo, mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas, además que ayudan a la conservación de suelos y posiblemente a aumentar la productividad.

La presente investigación se realizó en la finca Laderas de Apante propiedad del señor Carlos Hernández ubicada en la parte baja de la Granja, Matagalpa durante el segundo semestre del año 2017, consistió en la siembra de maíz (*Zea Mays*) aplicando la cobertura *Mucuna pruriens* utilizando un Diseño experimental de Bloque Completamente al Azar (DBCA) que constituye conjunto de unidades experimentales llamados tratamientos, los cuales se asignan aleatoriamente. Cada tratamiento es asignado en mismo número de veces a unidades experimentales y se maximizan entre bloques.

En el experimento se estableció variedad de maíz mejorada NB6 y la cobertura *Mucuna pruriens* se establecieron tres repeticiones o bloques, cada uno consta de



tres tratamientos y un testigo (T1, Testigo; T2, 2Tn/Ha; T3, 4Tn/Ha; T4, 6Tn/Ha). El número total de plantas fue de 432 plantas en el experimento, cada tratamiento constó de 36 plantas se evaluó el efecto que tiene cada tratamiento y se determinó el efecto de la cobertura `por unidad de área.

La investigación conduce a ampliar el conocimiento en el efecto de la cobertura (*Mucuna pruriens*), en la calidad de suelos, siembra asociada con maíz (*Zea Mays*) en la finca Ladera de Apante II semestre 2017. Las interacciones y sinergias presentes en tecnologías para el manejo de la fertilización como los abonos verdes y acolchados orgánicos, con el fin de proponer alternativas para el manejo de cultivos semestrales como el maíz, a fin de reducir sus costos de fertilización, mejorar las propiedades del suelo vía incremento de la materia orgánica, optimizar el reciclaje de nutrientes y potenciar las simbiosis con microorganismos como los *Rhizobium*.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La producción agrícola tiene profundos efectos en el medio ambiente, en este proceso de intensificación se agravan los problemas de fertilidad en el suelo y la incidencia de plagas, enfermedades y arvenses en los campos de cultivos. Para sostener y tratar de aumentar los rendimientos se inyecta energía en las áreas agrícolas vía insumos y otras prácticas agrícolas sin embargo las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar (Zea, 2004).

El uso de fertilizantes químicos especialmente la urea, disminuye la fertilidad del suelo, baja el contenido de humus, elimina los microorganismos, lo acidifica, inhibe la capacidad noduladora de las leguminosas y finalmente promueve la erosión (Gonzales, 2014)

Gonzales (2014), la contaminación por fertilizantes se produce cuando estos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se eliminan por acción del agua o del viento de la superficie del suelo antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o por acción de las escorrentías.

Altieri (2012), señala que el uso de tecnologías convencionales como labranza mecanizada, la aplicación excesiva de fertilizantes de síntesis industrial, el control de arvenses mediante herbicidas sintéticos y el uso de pesticidas agravan la problemática, dejando como resultado suelos cada vez menos productivos y poco resilientes a los retos que impone el cambio climático.

### 1.2.1. **Pregunta general**

¿Cuál de los tratamientos obtuvo mejor resultado en el efecto de la cobertura (*Mucuna pruriens*) en la calidad de suelos, siembra asociada con maíz (*Zea Mays*), finca Ladera de Apante II semestre 2017?

### 1.2.2. **Preguntas específicas**

¿Cuál es el efecto de *Mucuna pruriens* como cobertura sobre la densidad aparente, porosidad y humedad volumétrica?

¿Cuál es la influencia de la cobertura en la diversidad biológica como *Phyllophaga ssp*, *cocón anélidos*?

¿Qué impacto tiene la cobertura sobre el potencial ion hidrogeno (pH) del suelo?

¿Cuáles son las pérdidas de suelo por erosión durante un ciclo de cultivo de maíz (*Zea mays*)?

¿Cuál es el efecto de *Mucuna pruriens* como cobertura sobre el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays*)?

### 1.3 Justificación

La presente monografía tiene como temática evaluar el efecto de la cobertura *mucuna pruriens* en la calidad de suelos en el cultivo de maíz (*zea mays*) en la finca laderas de apante segundo semestre 2017.

El propósito es evaluar el efecto de diferentes cantidades de cobertura en el suelo y su influencia en el rendimiento del cultivo de maíz. Debido a la agricultura moderna donde se utilizan cantidades de químicos que generan daños ambientales y a las pérdidas de suelo que se dan por factores como la lluvia, el viento se realiza esta investigación donde se trata de demostrar que la cobertura *mucuna pruriens* puede generar protección al suelo evitando que las escorrentías laven el suelo así mismo el aumento de la producción.

Esta investigación tendrá un impacto en el sector agrícola al dar a conocer los resultados obtenidos en cuanto a la mejora de suelo y aumento de la productividad.

Este trabajo será de mucha utilidad para los productores ya que les permitirá ampliar su conocimiento que estén vinculadas a la protección del medio ambiente, la reducción de los costos de producción, que adopten un modelo auto sostenible, sustento a los recursos naturales asiéndose cada vez menos dependientes de los fertilizantes sintéticos, que a la larga perjudican no solo el ambiente sino que también a la población que consumen los alimentos producidos en el campo; de igual manera que le sirva a la población estudiantil como una guía para que retomen el tema y sean innovadores de proponer otras tecnologías que sirvan a la producción agrícola de una manera ecológica, también a la población en general ,profesionales, profesores.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la cobertura *Mucuna pruriens* en la calidad de suelos siembra asociada con maíz (*Zea Mays*) finca Ladera de Apante II semestre 2017.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Cuantificar el efecto de *Mucuna pruriens* como cobertura sobre la densidad aparente, porosidad y humedad volumétrica.

Estimar los cambios de las propiedades biológicas del suelo, como *phyllophoga ssp*, *cocón* y *anélidos*.

Demostrar cambios del potencial ion hidrogeno del suelo (pH).

Calcular perdidas de suelo por erosión durante un ciclo de cultivo de maíz (*Zea Mays*).

Determinar efecto de *Mucuna pruriens*, como cobertura sobre el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea Mays*).

## CAPITULO II

### 2.1. Marco referencial

#### a. Antecedentes

Ojiem et al (2007), dan a conocer 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 *Mucuna pruriens* como abono verde en plantaciones de maíz, obtuvo una fijación de nitrógeno al suelo entre 42 y 32 kgN.ha<sup>-1</sup> en los suelos de baja fertilidad, entre 67 y 204 kgN.ha<sup>-1</sup> en los suelos de mediana fertilidad y entre 74 y 234 kgN.ha<sup>-1</sup> en los suelos con alta fertilidad.

Tejada et al (2007), evaluaron el efecto de diferentes abonos verdes sobre las propiedades biológicas del suelo y el rendimiento de maíz (*Zea mays*), en un suelo *Typic Xerofluvent* de España. Los cuales obtuvieron un incremento general en la tasa de respiración del suelo, en las parcelas donde se establecieron los abonos verdes en comparación con el tratamiento testigo, que redujo su tasa de emisión de CO<sub>2</sub> en el tiempo; posiblemente por disminución de la materia orgánica debido a su mineralización. Los autores concluyen que la tasa de respiración del suelo, depende de la composición química de los abonos verdes usados y de su relación C:N.

Blanchart et al (2006), elaboraron un trabajo sobre el efecto de la cobertura de *Mucuna pruriens* sobre las comunidades de macro fauna y nemato fauna bajo un cultivo de maíz (*Zea Mays*) en Benín África. Como tratamientos se tuvo: un sistema bajo labranza tradicional, un sistema bajo fertilización mineral y un sistema bajo cobertura. Se encontró que el establecimiento de la cobertura favoreció el desarrollo de las lombrices de tierra, milpiés, ciempiés, coleópteros adultos, dípteros e isópodos; y redujo las poblaciones de hormigas y dermáptera; en comparación con los demás tratamientos.

Carneiro Amado et al (2006), realizaron investigaciones acerca del potencial acumulativo de carbono en el suelo, en sistemas con labranza tradicional,

labranza cero y labranza mínima, usando cultivos de cobertura. Las investigaciones se realizaron en el sur de Brasil en dos tipos de suelo: *Typic Paleudalf* y *Typic Paleudult*. El establecimiento de *Mucuna pruriens* como cobertura vegetal permanente asociada con maíz, obtuvo un contenido de carbono orgánico total del suelo a una profundidad de (0- 5cm) de 9420 mg.kg<sup>-1</sup>, que fue superior en 6210 mg.kg<sup>-1</sup> comparado con el suelo bajo labranza tradicional y 2660 mg.kg<sup>-1</sup> comparado con el sistema de labranza cero. Se obtuvo un aporte de Carbono orgánico al suelo, en el sistema *Mucuna pruriens*– maíz (*Zea Mays*) de 4.51 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>, favoreciendo la sostenibilidad del recurso suelo.

Blanchart et al (2006), realizaron estudios acerca del uso de la cobertura *Mucuna pruriens* intercalada con una plantación de maíz (*Zea Mays*); con el objetivo de evaluar su eficacia, encontraron unas pérdidas en el suelo con cobertura de 2.9 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>; reduciendo dichas pérdidas en 91% (31.1 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) y 69% (6.4 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>), con respecto a los suelos con labranza tradicional sin fertilización y labranza tradicional con fertilización mineral. Estas diferencias indican los beneficios del uso de la especie sobre la conservación del recurso suelo.

Anthofer et al (2005), evaluaron el aporte de nutrientes al suelo provenientes de dos variedades de *Mucuna*: *Mucuna pruriens* y *Mucuna spp*, en un suelo transitorio entre bosque (*Rhodic Ferrasol*) y sabana (*Haplic Acrisol*), de Ghana África. Encontraron que se obtuvo una fijación de Nitrógeno por parte de la *Mucuna pruriens* de 107.7 kgN.ha<sup>-1</sup> de los cuáles el 57.8% provinieron de la atmósfera, y por parte de la *Mucuna spp*. de 46.1 kgN.ha<sup>-1</sup> de los cuáles el 22.6% fue fijado de la atmósfera; destacando la mayor eficiencia en la fijación de Nitrógeno, de la variedad *Mucuna pruriens*.

Robertson et al (2005), evaluaron el efecto de *Mucuna pruriens* como abono verde, complementada con fertilización mineral; sobre los rendimientos del maíz (*Zea Mays*), en cinco localidades de Malawie en Africa. Los mayores rendimientos en grano

seco de maíz, se obtuvieron en el establecimiento del abono verde más un complemento de fertilización de 69 kg N.ha-1 con 6.4 Mg.ha-1, la cual fue 30% (1.5 Mg.ha-1) mayor, que en las parcelas donde se estableció el abono verde sin ninguna fertilización adicional.

Kamidi et al (1998), estimaron el efecto del uso de varias especies de leguminosas como abono verde complementadas con fertilización de síntesis química, sobre el rendimiento de maíz (*Zea Mays*); en un suelo de Kenya. Los rendimientos máximos, se obtuvieron en las parcelas donde se usó el abono verde de *Mucuna pruriens* con 7.2 Mg.ha-1 los cuáles superaron en 50% (2.4 Mg.ha-1), a los obtenidos en las parcelas donde únicamente se usó el fertilizante de síntesis química (30 kg P2O5.ha-1+ 30 kg N.ha-1).

Espino, (1998) elaboraron un ensayo que se llevó a cabo en el año de 1997, estableciendo un experimento de campo en la finca Frutas Tropicales, carretera Masaya-Tipitapa, Nicaragua para evaluar el efecto de diferentes frijoles abonos sobre la dinámica de macronutrientes del suelo, aporte de materia orgánica y la incidencia de las diferentes plagas agrícolas sobre el crecimiento y rendimiento de la pitahaya (*Hylocereus undatus*, Britton & Rose).

Cabrera, (2015) encontró como resultado que la Agricultura de Conservación mejoró el pH, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, K<sup>+</sup>, CCB, CIC, P2O5, K2O, la materia orgánica aumentó en 0,26%, la porosidad total en 6,94% y la densidad aparente disminuyó en 0,17g. Además, con sistema de la Agricultura de Conservación redujo la erosión en un 80,49 % respecto a la labranza tradicional. La nueva tecnología incrementó el rendimiento del maíz en 9,68%, el sorgo en 36,76%, el tabaco bajo tela 12,92% y la calidad en 7,60%, en el tabaco al sol el rendimiento se incrementó en un 30,24% y la calidad en un 9,55%.



## **b. Marco Teórico**

### **b.1. 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 (FAO, 2015). En Nicaragua los cultivos de cobertura, se utilizan solo en pequeños productores que son directamente orgánicos también en pequeñas parcelas donde su principal actividad es la alimentación sana y no como un ingreso económico. La Mayoría de productores utilizan técnicas para reducir algunas plagas que afecten a los cultivos como los son: la rotación de cultivo, labranza cero, asociación de cultivos entre otros.

La cobertura vegetativa es esencial en la Agricultura de Conservación: para la protección del suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, para mantener el suelo bajo sombra con el más alto nivel de humedad posible, para utilizar y por ende, reciclar los nutrientes, para usar sus efectos alelopáticos sobre las malezas, conduciendo así a la reducción del uso de agroquímicos y de esta manera a disminuir los costos de producción (FAO, 2015). La agricultura de conservación pasa a ser parte de la mejora de los suelos, ya que hoy en día la mayoría de nuestros suelos por el uso erradicado se presenta la degradación como un factor de pérdidas excesiva de suelo donde su calidad cada día baja por la erosión con lluvias. La principal para aportar la radicación excesiva de pérdidas de suelo realizar prácticas conservacionistas las cuales viene haces protección con cobertura de leguminosas, como hacer buenas prácticas agrícolas.

Generalmente se usan como coberturas algunas especies de leguminosas como *Mucuna pruriens* *Canavalia*, *Cajanus cajan* 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).

El uso de cultivos de coberturas en nuestro país son tecnologías alternativas que han sido aplicados a los cultivos como el maíz, arroz, sorgo, café etc. Buscando la mejora de algunas propiedades del suelo algunos estudios han demostrado que el uso de coberturas han obtenidos buenos resultados con el uso intensivo de la misma obteniendo aumento de la materia orgánica y mayor disponibilidad de algunos nutrientes la especie *Mucuna pruriens* ha sido una de las más utilizadas como cobertura vegetal según estudios de investigación mostrando sus mayores beneficios en la fijación de nitrógeno atmosférico al suelo, control de las malezas retención de humedad y reducción de la erosión.

## **b.2. Beneficios del uso de los cultivos de cobertura sobre el suelo**

Algunos de los beneficios en el uso de cobertura en el suelo son: (Flores, 1991).

Aporte de materia orgánica fresca al suelo.

La fijación de Nitrógeno atmosférico, gracias a su asociación simbiótica con *Rhizobium* del suelo.

El incremento de la diversidad de macro y microorganismos edáficos, mejorando 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.

Mejoran la infiltración y el drenaje interno del suelo.

Favorecen la estructura y la estabilidad del suelo.

Mejoran la aireación y porosidad del suelo.

Sirve para perforar capas compactadas actuando como un arado biológico.

Enriquecen el suelo con humus microbiológico.

### **b.3. Los abonos verdes (AV)**

Los AV son plantas que se siembran en rotación y/o asocio con un cultivo comercial, son incorporadas al suelo en busca de mantener, mejorar o restaurar sus propiedades físicas, químicas y biológicas. En algunas ocasiones, los AV se utilizan antes de su incorporación, como alimento de animales o para el consumo humano (Crespo, 2011). Como menciona el autor los abonos verdes vienen hacer una práctica conservacionista, la cual las pérdidas excesivas de los nutrientes vienen a bajar los niveles de calidad del suelo, los abonos verdes aparte de evitar la erosión cumplen otras funciones de aportar todos aquellos nutrientes que por una u otra razón se han perdidos y se necesitan ser incorporados para que el suelo cumpla con sus requisitos nutricionales necesarios en un determinado cultivo. Para incorporación de abonos verde se puede utilizar como cubiertas vivas terciopelos o canavalia.

Como AV se recomienda el uso de plantas de tipo herbáceo, con rápido crecimiento y alta capacidad adaptativa al medio generalmente se usan leguminosas debido a poseer dos simbiosis: leguminosa- Rhizobium, que permite que el sistema se enriquezca en nitrógeno a través del tiempo, mediante fijación biológica de N<sub>2</sub>, y leguminosa-HMA,(hongos, micorrizicos, arbusculares), que las capacita para absorber con mayor eficiencia el fosforo disponible en el suelo,

además de otros nutrientes y beneficios colaterales (Prager, 2012). Los abonos verdes como lo son las leguminosas son esenciales para la mejora de suelo ya que son fijadoras de nitrógeno al suelo y este es el principal nutriente presente en todos los cultivos con mayor cantidad. Al utilizar estos tipos de abonos de cobertura y utilizar solo la fertilización química se puede notar la calidad en un determinado cultivo por lo que se toma a iniciativa que los productores adopten nuevas medidas para la productividad.

Dinnes, (2002) afirma que una vez se incorporan los AV, la liberación de nutrientes al suelo dependerá de factores como: humedad, temperatura y la relación carbono nitrógeno C/N de los restos vegetales cuando la relación C/N se encuentra entre 10 y 12 se inicia rápidamente el proceso de mineralización del Nitrogeno por microorganismos amonificantes del suelo, perdiéndose incluso gran cantidad a la atmósfera en forma de amonio. Como antes se menciona la humedad, la temperatura y la relación C/N se encuentran en alto nivel en la utilización de coberturas verdes lo cuales estas vienen a mejorar sus condiciones aportando más microorganismo descomponedores del suelo y de la hojarasca que se encuentra en descomposición.

Green, (1995) menciona que, por esta razón, es recomendable usar mezclas de AV (Por ejemplo: leguminosas + gramíneas o crucíferas), con el fin de mejorar los aportes de materia orgánica al suelo y optimizar el nitrógeno fijado para uso de los cultivos comerciales. Tomando en cuenta los resultados de los distintos actores los abonos verdes más la incorporación de gramíneas se obtiene resultados que benefician al suelo restituyéndole algunos nutrientes que no están disponible para las plantas sin embargo se obtendrán mejores resultados si estas prácticas agrícolas se realizaran durante todos los ciclos de cultivo y durante el tiempo de descanso para que el suelo mejore sus propiedades químicas, reduciendo los costos de producción.

Las plantas más comunes usadas como abonos verdes son las leguminosas las cuales poseen vaina, por ejemplo los frijoles por la capacidad que tiene de

asociarse las raíces y las bacterias nitrificantes que están en el suelo pertenecen al género *Rhizobium*, las cuales son muy hábiles para tomar nitrógeno del aire e incorporarlo al suelo y a la planta a través de nódulo que se forman en sus raíces.

#### **b.4. Cobertura Muerta o Acolchado Orgánico (AO)**

El mulch o AO, es una práctica agrícola que consiste en mantener cubierto el suelo con residuos vegetales que sirven como barrera de protección de la erosión, al mismo tiempo que aportan materia orgánica fresca y nutrientes se practica en periodos de reposo del suelo como en periodos de cultivo, donde incluso actúa como acolchado el mismo barbecho (Pauli, 2011). El mulch es una práctica agrícola que mejora el suelo, aporta materia orgánica mejora la apariencia física del suelo. Es una práctica que hoy en día poco se utiliza dejar en reposo los cultivos y con mulch o acolchados por periodos de tiempo este es una de las prácticas eficaces en la agricultura de conservación.

Se han encontrado otros efectos anexos al uso de AO en prácticas de conservación, como: mayor retención de humedad del suelo en épocas secas, reducción de la temperatura superficial del suelo, mejora de la actividad simbiótica de leguminosas con *Rhizobium*, incremento en poblaciones de microorganismos del suelo, reducción de arvenses e incremento de la productividad en cultivos comerciales (Montenegro, 2006). La cobertura muerta o mulch es una cobertura orgánica seca y suelta que se utiliza para cubrir el suelo que rodea a las plantas o que se coloca en los callejones de los cultivos esto para mejorar las propiedades del suelo ya sean químicas, físicas y biológicas.

Sin embargo, su eficacia dependerá del tiempo de permanencia en el suelo. Al igual que el AV, el AO proveniente de restos vegetales con alta relación C/N y alto contenido de lignina, polifenoles y taninos, tiende a permanecer más tiempo sobre la superficie del suelo por su baja tasa de descomposición. De otro lado, materiales con baja relación C/N y altos contenidos de almidones, celulosa,

azúcares simples, aminoácidos libres y lípidos, permanecen cortos periodos de tiempo sobre el suelo (Cobo, 2008). Los beneficios de los mulch o cobertura muerta son múltiples; aumentó en la materia orgánica, la porosidad, mayor aireación del suelo el desarrollo de una amplia variedad, de microorganismos, descomponedores y procesadores de materia orgánica.

#### **b.5. Tipos de leguminosas que se usan como cobertura**

El uso de cultivos de cobertura vegetal, es muy diverso; sin embargo, los estudios de investigación muestran que en el continente americano los géneros más usados son: *Vigna spp.*, *Mucuna*, *Cajanus spp.*, *canavalia*, *crotalaria*, gandul, vicia es predominantemente, para producción de alimentos tanto animal como para el ser humano; la recuperación y la fertilidad del suelo, es por eso que se emplean con frecuencia (CIDICCO, 2003).

Agricultores de varios países del mundo, en especial de los continentes de África, Asia y América, han utilizado numerosas especies vegetales como AV, y, la investigación científica ha permitido explicar sus efectos desde diferentes perspectivas: contribución al suelo, los rendimientos del cultivo, la sanidad, lo ambiental, entre otras (Sanchez, 2008).

Como se plantea es una práctica que es utilizada en todos los países ya que por diversos estudios esta práctica no viene solo a ser una cobertura viva. Si no que ayuda a la mejora de suelos a tener mejores rendimientos en los diferentes cultivos, la mejora de diversificación y disminuir el uso de insumos o fertilizantes sintéticos y edáficos.

#### **b.6. El fríjol terciopelo (*Mucuna pruriens*)**

Se destaca como la especie más utilizada como AV en cultivos de maíz, tanto en sistemas tradicionales en Centroamérica (Honduras, El Salvador, Nicaragua),

como en otros programas de desarrollo en el mundo (Blanchart, 2006). Entre las ventajas obtenidas con su uso se destacan: la alta tasa de fijación de N<sub>2</sub> (hasta 150 kg N total. ha<sup>-1</sup>), el control de arvenses por efectos alelopáticos e interferencia lumínica por su rápida cobertura, el control de nematodos y varias pudriciones causadas por hongos de los géneros *Phytophthora* y *Rhizoctonia*. Es altamente invasora por lo cual, requiere de podas. Se le cultiva desde el nivel del mar hasta los 1500 m.

#### **b.7. Canavalia (*Canavalia ensiformis*)**

Se la considera menos agresiva que el frijol terciopelo, apta para condiciones extremas de sequía, pobreza y acidez en los suelos y sombrío. Por ello, se la recomienda en suelos marginales. Llega a fijar hasta 240 kg N total. Ha<sup>-1</sup>, es albergadora de insectos benéficos controladores de plagas, presenta buenas condiciones sanitarias durante todo el año. Puede producir entre 40-50 t/ha de material verde (Arteaga, 2009). Ante lo anterior la canavalia es una de las leguminosas que se puede utilizar en aquellas zonas donde el clima varía a ser más caliente y tener pocas condiciones de humedad ya que ella es adaptable a la sequía y suelos que están en total pobreza. En Nicaragua estos suelos se dan en abundancia en muchos lugares donde se ha tomado un manejo inadecuado y han pasado suelos con baja fertilidad.

Bunch, (1994) indica que *Mucuna pruriens* puede cultivarse asociada con maíz, yuca, sorgo, tomate, ají, entre otros cultivos. Puede sembrarse desde el nivel del mar hasta 1600 msnm.

#### **b.8. Crotalaria (*Crotalaria juncea*)**

Además de producir alta biomasa (hay registros de 70 t/ha de material verde), en rotaciones con sorgo, maíz, arroz, algodón y caña de azúcar, incrementa los rendimientos de estos cultivos en 40%. Estos efectos son el resultado de los

aportes de 300-360 kg N total. Ha-1, su alta tolerancia a la sequía, poseer actividad nematicida, al igual que ser albergadora de insectos benéficos<sup>1</sup> (Pauli, 2011). Se muestra ante lo planteado que para aumentar los rendimientos en los diferentes cultivos no solo depende de las fertilizaciones sino de hacer usos de nuevas alternativas como lo es las coberturas y asociaciones de cultivo, donde viene a incrementar mucho más de lo natural. Los productores pocas veces usan cobertura por la falta de interés en la actividad o por la falta de conocimientos, aunque a veces su interés solo está puesto en la productividad en cantidades y no a la conservación.

#### **b.9. Gandul o fríjol de año (*Cajanus cajan*)**

Especie multipropósito, que se adapta a suelos degradados y muy pobres, sequía, taladradora y solubilizadora de rocas y fuente de alimento, se ha estudiado como AV en rotación con cultivos como piña, caña de azúcar, maíz y, en Colombia, establecida en calles de cafetales. Se privilegia esta leguminosa por el consumo de sus semillas como alimento que sustituye la arveja en estado verde y como forraje. Se han registrado rendimientos medios de 57 t/ha de materia seca (Arteaga, 2009).

Ante lo mencionado este tipo de frijol es el ideal para todas aquellas zonas que carecen de recurso vital y que sus precipitaciones son pocas, también es una alternativa para cuidar el suelo y que en época de verano el suelo permanezca un poco fresco y proteja la parte radicular de los cultivos. Se recomienda a las zonas de pacifico del país y algunos municipios del centro donde las precipitaciones son moderadas.

#### **b.10. Vicia (*Vicia atropurpurea*)**

Puede utilizarse como alimento para animales por su alto valor nutritivo, mezclada con otras plantas Crespo, (2011) Sugiere que incrementa los rendimientos del maíz. Se adapta a regiones entre los 1500 y 2500 m. *Tarhuí* (*Lupinus mutabilis*)



puede llegar a fijar hasta 400 kgN.ha<sup>-1</sup> y adaptarse a climas fríos. El uso de *Mucuna pruriens* 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. *Mucuna pruriens*, se destaca entre los cultivos de cobertura estudiados y fomentados (Arteaga, 2009). Los mayores reportes de esta especie en estudios de investigación formales, enfocados hacia el mejoramiento del recurso suelo provienen de Centroamérica, Brasil, África y La India.

El uso de *Mucuna pruriens* como abono verde y cobertura vegetal involucra el aporte de biomasa rica en nitrógeno orgánica el cual sufre un proceso de mineralización y posterior liberación de nutrientes al suelo. El proceso de mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo durante el crecimiento del cultivo es de importancia ya que puede contribuir en gran parte en la nutrición de los mismo (Johnson, 1999). En agricultura de conservación los cultivos de coberturas consisten en mantener el suelo cubierto la mayor parte del tiempo posible, con cultivos de cualquier especie en su fase de desarrollo con la biomasa resultante, los rastrojos con el objetivo de proteger los suelos.

#### **b.11. Características morfológicas y fisiológicas de la *Mucuna pruriens***

El frijol terciopelo pertenece al género *Mucuna*, el cual incluye aproximadamente 100 especies de bejucos y arbustos que se encuentran a través de las regiones tropicales del mundo. La *Mucuna pruriens* es nativa de la India y el sureste Asiático, pero ahora se encuentra con una distribución amplia en el trópico existen cuatro variedades botánicas de *M. pruriens*; *M. pruriens* var. *Utilis* es la variedad cultivada que no pica, *M. pruriens* var. *Pruriens* (“pica pica”) tiene pelos urticantes que contienen el compuesto irritante *mucanain*, *M. pruriens* var. *Hirsuta*, de la India, y *M. pruriens* var. *Sericophylla*, de las Filipinas.

Blanchart, (2006) señala que la *Mucuna pruriens* es una planta trepadora vigorosa con tallos de hasta 60 pies (18 m) de largo, aunque existen también variedades de bejuco corto. Las hojas son trifoliadas, con hojuelas de 5 a 12 cm de ancho y 7 a 15 cm de largo. Las flores blancas o púrpuras son auto fecundado y se encuentran en racimos axilares de hasta 32 cm de largo. Las vainas se producen en grupos de 10 a 14, miden de 1 a 2 cm de ancho y de 4 a 13 cm de largo, y están cubiertas con finos pelos de color blanco o marrón claro. Cada vaina contiene de 3 a 7 semillas, que son 0.8 a 1.3 cm de ancho y de 1 a 1.9 cm de largo. Las semillas pueden ser negras, blancas, rojizas, marrones o moteadas, y tienen un hilo levantado.

Crece mejor en altitudes de 0 a 1,600 m sobre el nivel del mar, pero se puede cultivar con éxito hasta una altura de 2,100 m. La temperatura óptima es de 66-81° F (19-27° C), y no tolera heladas 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.

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 pruriens* tiene la capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico mediante una relación simbiótica con microorganismos del suelo. El Nitrógeno es convertido por los rhizobium 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, 2011).

## **b.2. Efecto de *Mucuna pruriens* sobre algunas propiedades físicas del suelo**

### **b.2.1. Densidad aparente**

La densidad aparente se define como la masa de suelo por unidad de volumen, describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio porosos (Keller, 2010). La densidad es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expandentes (Taboada, 2008).

Jaramillo, (2002) plantea que la densidad aparente es dependiente de las densidades de las partículas del suelo (arena, limo, arcilla y materia orgánica) y de su tipo de empaquetamiento, por su parte. Define que la densidad aparente del suelo se define como la masa de una unidad de volumen de suelo seco (105°C). Este volumen incluye tanto sólidos como los poros, por lo que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo.

La densidad es un indicador de altos contenidos de materia orgánica en el suelo puesto que ellos reducen el valor de dicha densidad. Por su parte la (FAO, 2014) menciona que la densidad aparente es un parámetro importante para la evaluación y valoración en la calidad de suelo influyendo otros parámetros físicos, químicos y biológicos que entran en juego dependiendo de la densidad que tenga un suelo la compactación, velocidad de infiltración, materia orgánica, aireación y fauna en el suelo estos van a influir en el desarrollo y crecimiento de las raíces.

La buena calidad física del suelo determina un ambiente adecuado para el desarrollo de las raíces vegetales, además del ingreso y almacenamiento óptimo del agua necesaria para el crecimiento de las plantas.

### **b.2.2. Porosidad**

Jaramillo, (2002) menciona que la porosidad total del suelo es el volumen de este que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases. Además, hace mención que el espacio poroso depende de la fracción de sólidos siendo esta la textura (poros pequeños, estructura y materia orgánica) por consiguiente la cantidad de aire y agua que contenga un suelo depende de la cantidad de espacios vacíos disponibles.

Camas, (2010) encontraron reducción significativa de la asociación soya-HMA-Rhizobium en suelos disturbados por labranza, comparados con suelos bajo labranza mínima. Este resultado negativo puede tener relación con incrementos en la temperatura del suelo y la reducción de espacios porosos por compactación.

La porosidad del suelo es un factor que está correlacionado con otros índices, esta va a estar en buen estado siempre y cuando el suelo contenga la materia orgánica disponible; sin embargo también los micro y macro organismos son indispensables para poder mineralizar la materia inerte que los minerales estén disponibles para las plantas, evitando la compactación ya sea por el pisoteo de los animales o las maquinarias agrícolas o por el mismo hombre son también otros factores que conllevan a desmejorar la porosidad y la buena aireación del suelo.

### **b.2.3. Humedad volumétrica**

La cantidad de agua que posee el suelo es una de sus características más específicas y está determinada fundamentalmente, por su textura, su contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración (Jaramillo, 2002).

Valverde (2004), encontró resultados similares cuando estableció una cobertura de Centeno (*Secale cereale*) en un cultivo de soya, en un suelo *Typic Endoaquults* de USA. El incremento en el contenido de húmeda volumétrica del suelo fue de 21% (8 cm<sup>3</sup>.cm<sup>-3</sup>) en el suelo con la cobertura, comparado con el suelo testigo.

Montenegro, (2006) menciona otros efectos al uso de AO en prácticas de conservación, como: mayor retención de humedad del suelo en épocas secas, reducción de la temperatura superficial del suelo, mejora de la actividad simbiótica de leguminosas con *Rhizobium* y los hongos *micorrizicos* arbusculares (HMA), incremento en poblaciones de macro organismos del suelo, reducción de arvenses e incremento de la productividad en cultivos comerciales.

Una de las ventajas del uso de coberturas vegetales en la producción de cultivos, reside en la conservación de la húmeda del suelo. Esta reduce la evaporación frente a la labranza tradicional. El mayor contenido de agua en el suelo con cobertura queda disponible para la transpiración de las plantas, aumentando así la eficiencia hidrológica de las mismas. Estos efectos varían directamente relacionados con el flujo de vapor del agua, el cual se ve reducido con el incremento de la cobertura vegetal en los sistemas de labranza mínima (Vitousek, 2004).

Sin embargo, su eficiencia dependerá del tiempo de permanencia en el suelo ya que si no se realiza estas prácticas seguido en todo el año y en los ciclos productivos el efecto de las leguminosas será más tardío en las mejoras y cambios del suelo como es la humedad en el suelo un factor importante para el desarrollo de las plantas.

### **b.3. Efecto de *Mucuna pruriens* sobre algunas propiedades biológicas del suelo**

#### **b.3.1. Diversidad biológica**

La biodiversidad del suelo refleja la variedad de organismos vivos, comprendidos los innumerables microorganismos invisibles (por ej. bacterias y hongos), la micro fauna (por ej. protozoarios y nematodos), la meso fauna (por ej. ácaros y tisanuros) y la macro fauna, mejor conocida (por ejemplo. lombrices y termitas). Las raíces de las plantas también pueden considerarse organismos del suelo debido a su relación simbólica e interacción con los demás elementos del suelo. Estos diversos organismos interactúan entre sí, con las diversas plantas del ecosistema, formando un complejo sistema de actividad biológica (Ibañez, 2007).

Los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas (FAO, 2016). Son el principal agente del ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, la retención del carbono, la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua, mejorando la cantidad, eficacia de la adquisición de nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas. Estos servicios no sólo son decisivos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas.

La incorporación de la biomasa de los hace que se conviertan rápidamente, en sustrato sufriendo un proceso de mineralización en el suelo, gracias a la acción de la biota presente. En un engranaje multifuncional, al inicio actúa principalmente la macro y meso biota que consumen los materiales verdes. Acompañando esta actividad durante todo el proceso, la micro biota degrada también transforma los materiales orgánicos en nutrientes minerales que las plantas pueden absorber con facilidad (Prager, 2007).

De lo antes mencionado por Ibañez, (2007) y FAO, (2016) el establecimiento de cultivos de cobertura, involucra una adición de materia orgánica fresca al suelo, la cual es aprovechada por los organismos edáficos como fuente de nutrientes, la mineralización de los compuestos orgánicos de *Mucuna pruriens* comienza con el trabajo de los macro y micro organismos del suelo, lo cual también es aprovechada por las plantas una vez que la biota del suelo descomponga la materia orgánica y esta se transforme en nutrientes para las planta.

Según las investigaciones que realizaron los actores antes mencionados el uso de las coberturas, la incorporación de la biomasa al suelo enriquecen la capa fértil por medio de la mineralización con ayuda de los macro y micro organismos, que descomponen la materia orgánica, para mantener la fertilidad del suelo, sin embargo, todavía en las prácticas agrícolas que realizan los pequeños, medianos y grandes productores no son las adecuadas.

#### **b.4. Efecto de *Mucuna pruriens* sobre algunas propiedades químicas del suelo**

##### **b.4.1. Nitrógeno**

Según Hellin, (2015) el nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, es absorbido por las plantas y los micros organismo como nitrato ( $\text{NO}_3$ ) o amonio ( $\text{NH}_4$ ), puede encontrarse en muy diversos estados de oxidación y reducción. El nitrógeno orgánico está disponible para ser tomado por las plantas, mientras que el orgánico puede ser primero mineralizado (convertido en N inorgánico) antes de que las plantas lo puedan utilizar. La mayor parte de la fijación del nitrógeno se lleva a cabo por bacterias que viven en el suelo.

Las formas inorgánicas de nitrógeno son producidas a partir de la descomposición de la materia orgánica del suelo o de la adición de fertilizantes nitrogenados. Los que se encuentran presentes en el suelo incluyen amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) y nitrógeno elemental ( $\text{N}_2$ ), el cual es inerte excepto para aquellos microorganismos fijadores de nitrógeno.

Desde el punto de vista de fertilidad del suelo,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ , y  $\text{NO}_3^-$  son estas tres formas representan entre 2 y 5% del nitrógeno total del suelo (Tejada, 2007).

El uso de *Mucuna pruriens* como abono verde y/o cobertura vegetal, involucra el aporte de biomasa rica en nitrógeno orgánico, la cual sufre un proceso de mineralización y posterior liberación de nutrientes al suelo. Para Tejada, (2007) el proceso de mineralización del nitrógeno orgánico en el suelo durante el crecimiento de los cultivos, es de importancia ya que puede contribuir en gran parte a la nutrición de los mismos estimación de la fracción del nitrógeno mineralizable es compleja ya que es afectada por diversos factores que tienen efecto sobre su dinámica, están relacionados con los procesos de inmovilización y mineralización, que alteran la disponibilidad del nutriente para el cultivo.

El nitrógeno es importante en todos los procesos de desarrollo de las plantas y para producir altos rendimientos principalmente en la fotosíntesis, un buen suministro de nitrógeno para la planta ayuda a una mayor absorción de otros nutrientes por lo tanto es necesario utilizar coberturas como es la *Mucuna Pruriens* una aportadora de nitrógeno mediante los nódulos que captan el nitrógeno atmosférico hacia el suelo.

Tejada, (2007) El 43% de sus requerimientos de N - 115.4 kg, durante los primeros 50 días. Es durante esta época que las hojas (superficie que fotosintética) se desarrollan las plantas, está formando la espiga y las futuras mazorcas, pero antes de la formación de grano y elote definitivo. La tasa de absorción de N es máxima a los 4 kg/ha/día, esto es alrededor de 40 días después de la emergencia. Es en éste momento cuando hay que asegurar la suficiencia de cantidades de N en el cultivo. Después, durante la formación del elote son necesarios aproximadamente otros 153.4 kg de N/ha.

El nitrógeno es importante en todos los procesos de desarrollo de las plantas y para producir altos rendimientos principalmente en la fotosíntesis, un buen



suministro de nitrógeno para la planta ayuda a una mayor absorción de otros nutrientes por lo tanto es necesario utilizar coberturas como es la *Mucuna pruriens* una aportadora de nitrógeno mediante los nódulos que captan el nitrógeno atmosférico hacia el suelo.

#### **b.4.2. Fosforo**

Ruiz A. , (2013) El fosforo se encuentra en el suelo por parte de diferentes minerales fosforita y apatito, también en compuestos orgánicos, asociados a la materia orgánica y como parte de los micros organismo, además existen formas iónicas libres de la solución del suelo y fijadas al complejo arcillo- húmico.

Desde el punto de vista agronómico el fosforo puede estar presente en cuatro formas (Cuadra, 2010) .

En la solución del suelo, es decir directamente asimilable.

Fijado en el complejo arcillo húmico por tanto cambiabile o hábil.

Como componente de la materia orgánica, precipitado o absorbido en los geles de hierro y aluminio, en suelos ácidos, precipitados como fosfato calcio en los suelos básicos y lentamente asimilables.

Formado por parte de la roca madre, no asimilable.

Cuadra (2010), el maíz absorbe cerca del 30% de los requerimientos de óxido de fosforo  $P_2O_5$  - 33.6 kg -durante los primeros 50 días. El fósforo es vital para el desarrollo inicial de la raíz y la plántula. La absorción depende en gran medida de la temperatura del suelo, la humedad y de su nivel de fósforo. La colocación de  $P_2O_5$  en surco o abajo de la semilla es especialmente importante en las zonas o épocas frías. El desarrollo del grano requiere de unos 78.4 kg adicionales de

fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). La tasa de absorción alcanza su máximo nivel a los 1.7 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/día después de aproximadamente 60 días de crecimiento.

El fósforo (P) juega un papel importante en la transferencia de energía, para la fotosíntesis y para otros procesos químico- fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de células para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas donde la fijación limita su disponibilidad, la existencia de plantas como las leguminosas que forman simbiosis con *Rizobium* para la obtención de N y P, se convierten en una estrategia agroecológica de gran importancia económica, socio ambiental (Aldana, 2013).

Aldana, (2013) señala que el fósforo (P), juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es importante para la fotosíntesis al igual para otros procesos químico- fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo juega un papel importante en el crecimiento de las plantas ya que es esencial al momento de la salida de la plántula, así como también base fundamental de crecimientos de tejidos para su desarrollo.

#### **b.4.3. Potasio**

Según Duarte, (2013) el potasio es uno de los macronutrientes esencial para las plantas, las cuales necesitan cantidades elevadas de estos nutrientes, incluso semejante a las necesidades de nitrógeno en algunos casos. Cumple un papel importante en la activación de más de 60 enzimas que actúan en diferentes procesos metabólicos, dentro de los más importantes están la fotosíntesis, la síntesis de proteína y carbohidratos, Actúan en el balance en agua en el crecimiento vegetativo, fructificación maduración y calidad del fruto.

El potasio en el suelo se encuentra en cuatro formas, las cuales diferentes en su posibilidad de potasio para los cultivos. De mayor a menor disponibilidad esta: potasio en solución, potasio intercambiable, potasio no intercambiable y potasio mineral.

El maíz absorbe cerca del 30% de sus requerimientos de hidróxido de potasio  $K_2O$  - 140 kg - durante los primeros 50 días. La tasa de absorción de potasio es máxima a los 5 kg/ha/día durante el segundo período de crecimiento de 25 días. El maíz absorbe mucho de sus requerimientos de potasio durante el crecimiento temprano, absorbiendo el 75% del total de  $K_2O$  antes de la época de formación de la mazorca. El potasio es vital para el buen funcionamiento de las estomas de la hoja, en la producción y translocación de azúcares a toda la planta y especialmente a los elotes en desarrollo de la mazorca (Gutierrez, 2008).

El potasio que suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta tiene muchas funciones activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta, aumenta la tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas de K sufren menos enfermedades (FAO, 2014). Los cultivos extraen grandes cantidades de potasio del suelo para su crecimiento como en el desarrollo, la falta de éste elemento, influye negativamente en el rendimiento y calidad del cultivo. Además, la deficiencia de potasio aumenta la vulnerabilidad del cultivo a enfermedades haciéndolo menos resistente a condiciones de "stress" tales como sequías, heladas etc.

El potasio como un elemento mineral es importante para las plantas, sin embargo en los suelo agrícolas este elemento no está disponible para las plantas esto conlleva a los productores a comprar fórmulas que contengan potasio para inyectarlos al suelo como energía y que las plantas puedan asimilar un poco de este elemento, no obstante en las prácticas de conservación el uso de coberturas

y abonos verdes tienden a mejorar las propiedades del suelo, hasta mantener en disponibilidad los nutrientes esenciales para los cultivos.

## **b.5. Potencial del ion hidrogeno (pH)**

### **b.5.1. Acidez activa o de la solución del suelo**

Cuadra, (2010) determina la concentración de iones Hidrogeno  $H^+$  que están presentes en la solución del suelo y es determinada a través del pH utilizando agua. Dicha acidez es afectada por dos factores: dilución y época de muestreo. Ante lo mencionado los suelos ácidos son todos aquellos que tiene un pH menor a 7 siendo la acidez una concentración de iones de hidrógenos, entre más iones de hidrogeno menos será el pH, este tipo de acidez se pueden encontrar en suelos arcillosos.

### **b.5.2. Acidez de reserva, no cambiabile o potencial**

Aldana, (2013) comprende los contenidos de iones Hidrogeno ( $H^+$ ), Aluminio ( $Al^{3+}$ ), que están adheridos fuertemente a las cargas negativas de la materia orgánica. Como se puede plantear los coloides del suelo (Arcilla y materia orgánica) desarrollan cargas superficiales, tanto el nitrógeno como el aluminios tiene cargas positivas por lo cual comprende a cationes que interactúan entre ellos dando lugar el aluminio a reaccionar con el agua y libera hidrógenos. Los suelo donde se presentan alta cantidad de aluminio a una cantidad de 2,5 ppm en la solución de suelo es toxica para cultivos sensibles y más de 5 ppm es toxica para cultivos tolerantes.

### **b.5.3. Acidez intercambiabile**

Aldana, (2013) comprende los contenidos de iones Hidrogeno  $H^+$  y Aluminio  $Al^{3+}$  presentes en las arcillas. Esta acidez es determinada por cloruro de potasio KCl; dicha acidez se caracteriza por estar débilmente adherida a las cargas negativas de las arcillas y determina tanto la acidez activa o de la solución del suelo, como también la acidez intercambiabile; sin embargo, su resultado no contempla la

acidez de reserva. Señala que la acidez por sí misma no constituye un factor limitante para el desarrollo de las plantas, están sufren el efecto de la toxicidad del aluminio (al) cuando la concentración de este catión en la solución del suelo es mayor de 2 ppm.

Manifiesta que la acidez del suelo se presenta por hidrolisis del hidróxido de carbono CO<sub>2</sub> proveniente de la respiración de los microorganismos, hidrolisis de cationes metálicos, los grupos ácidos y alcohólicos de la materia orgánica, los grupos Hidróxidos de la lámina de los aluminosilicatos y los fertilizantes.

#### **b.5.5. Influencias del pH**

El pH influencia en formas diferentes la actividad biológica en los suelos en el caso de las bacterias aeróbicas que descomponen las células se ha demostrado que su actividad se detiene a pH menor de 5.5 en igual forma que en el caso de las bacterias nitrificantes cuya actividad se reduce a valores de pH ácido ya que prefiere valores cercanos a la neutralidad (6.5 – 7 de pH) (Aldana, 2013). También cesan en su actividad los organismos aeróbicos fijadores de nitrógeno libre como *clostridium* y *azotobacter* (bacterias) que son muy sensibles a la acidez de la solución del suelo las bacterias noduladoras como *Rhizobium* por lo contrario pueden sobrevivir incluso a valores de pH 4.0 o menores.

Otros organismos sensibles a pH ácido son los actinomicetos (organismos que tienen característica de hongos y bacterias) su actividad cesa en valores de pH de 4.7 o menores, afectando la mineralización de la materia orgánica muy lignificada.

Aldana,(2013) menciona que el valor de pH del suelo afecta la población microbiológica del mismo y una serie de procesos de mineralización de la materia orgánica, como consecuencia existe una menor disponibilidad de algunos nutrientes para la planta, mínima nitrificación con menor producción de nitratos en algunos caso o también menor disponibilidad de otros nutrientes que provienen de

la mineralización de la materia orgánica. En general hay también otros efectos perjudiciales con valores de pH muy altos. Los niveles de pH viene hacer perjudiciales cuando baja su alcalinidad baja por lo que se considera que el suelo pierde su capa fértil y nutriente disminuyendo a los macros y micro organismo descomponedores de la materia orgánica.

## **b.6. Perdidas de suelo por erosión**

Blanchart, (2006) resalta que en estudios donde se usó una cobertura de *Mucuna pruriens* intercalada con una plantación de maíz (*Zea mays*); encontraron unas perdidas en el suelo con cobertura de 2.9 Mg. ha<sup>-1</sup>. Año<sup>-1</sup>; reduciendo dichas pérdidas en 91% (31.1 Mg. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>) y 69% (6.4 Mg. ha<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup>), con respecto a los suelos con labranza tradicional sin fertilización y labranza tradicional con fertilización mineral. Estas diferencias indican los beneficios del uso de la especie sobre la conservación del recurso suelo.

Según FAO,( 2014) los agentes más importantes que actúan en la erosión son el agua y el viento. En función de esto se conocen dos tipos de erosión, la eólica y la hídrica. A nivel mundial, la erosión hídrica es el tipo más importante de degradación de suelos y ocupa aproximadamente 1,093 millones de hectáreas (56%) del área total afectada por degradación de suelo inducida por el hombre. La erosión eólica es, a continuación, la que afecta mayor superficie y ocupa 548 millones de hectáreas (28%) del área afectada. De lo antes mencionado la erosión hídrica pluvial es la que se genera como consecuencia de la lluvia. De acuerdo con sus formas de actuar la erosión hídrica se subdivide en: erosión por salpicadura, erosión laminar, erosión en surcos, y erosión en cárcavas.

### **b.6.1. Erosión por salpicadura**

La erosión de suelo es un proceso mecánico que requiere energía, la mayor parte de esta energía es suministrada por las gotas de lluvia. Cuando las gotas golpean el suelo desnudo a alta velocidad, fragmenta los gránulos de suelo y agregados,

desprendiendo las partículas de la masa del suelo (Seguel, 2011). La acción de salpicadura mueve las partículas desprendidas solamente a distancias cortas, pero el flujo superficial ligero transporta parte de estas partículas directamente pendiente abajo y otra parte es conducida a pequeñas depresiones donde el flujo es más concentrado y provee Mayores transportaciones de las partículas del suelo.

### **b.6.2. Erosión laminar**

El flujo laminar, que es muy superficial, transporta material del suelo que ha sido desprendido por impacto de las gotas de lluvia. Cuando el escurrimiento es impedido de fluir libremente por una obstrucción natural o artificial (Hellin, 2015). Barrera de residuos vegetales o vivas en contorno, se reduce la velocidad del flujo y hay una mayor probabilidad de que ocurra una deposición de partículas. Dado que la erosión laminar ocurre casi uniformemente sobre los campos agrícolas, puede remover una considerable cantidad de suelo sin ser evidente, pero no puede ser ignorado como una fuente importante de sedimentos.

### **b.6.3. Erosión en surco**

Es un proceso donde pequeños canales de varios centímetros de profundidad son formados. El suelo es desprendido por la acción abrasiva del flujo de agua y por desprendimiento del suelo, causado por socavamiento de las paredes laterales de los canales. Las partículas desprendidas son transportadas por una combinación de suspensión, saltación y rodamiento (Raudes, 2011).

Partículas suspendidas, principalmente arcilla y limo fino, pueden viajar grandes distancias antes de ser depositadas sobre la superficie de la tierra. El potencial erosivo del flujo de agua depende de su velocidad, profundidad, turbulencia del flujo, así como del tipo, cantidad del material siendo transportado. Erosión en surco incrementa rápidamente con la longitud, el grado de pendiente que causa un incremento en la velocidad y volumen del flujo de escorrentía superficial.

#### **b.6.4. Erosión en cárcavas**

Las Pérdidas de suelo en sitios agrícolas de construcción son usualmente producto de una combinación de erosión laminar y en surco. Dado que los sedimentos de estos dos tipos de erosión vienen del suelo cerca de su superficie, la probabilidad de contener contaminantes (fertilizantes, pesticidas) es mayor que en sedimentos provenientes de cárcavas, canales y de lechos de ríos, aunque la cantidad de sedimentos de estos es mucho mayor que de las primeras fuentes (Raudes, 2011).

Sin embargo, esta situación hace que se pierdan muchas toneladas de suelo anualmente que causan disminución de la productividad de los suelos agrícolas al perder la capa fértil del suelo por efecto de las lluvias. En la actividad ganadera ocurre la erosión hídrica que es acentuada por el pisoteo de ganado por los pastizales ya que en la mayoría de estas fincas se practica la ganadería extensiva, no practicándose la rotación de los potreros, además de la práctica generalizada de establecer pastizales en suelos de vocación forestal.

#### **b.7. Efecto de *Mucuna pruriens* sobre el cultivo de maíz**

Al evaluar el uso de abonos verdes en sistemas de cultivo de maíz asociado con leguminosas del Valle Central de Oaxaca (México), investigadores registraron valores de 1.59 en el sistema asociado maíz-soya, significativamente mayor que los obtenidos en sistemas maíz- *Crotalaria* y maíz- frijol común. Los resultados obtenidos se asociaron a mayor eficiencia en la absorción del N y P aportado con los abonos verdes por el sistema maíz-soya (Ruiz, 1997).

En otro estudio donde se evaluó algunos mecanismos simbióticos rizosféricos en el sistema asociado maíz- soya, se encontró correlación entre la presencia de HMA del género *Glomus sp.* En el suelo la fijación de N<sub>2</sub> atmosférico en soya. Los resultados se explicaron por una mayor absorción de P del suelo por parte de las



raíces de maíz- soya asociadas con los HMA. La fijación de N<sub>2</sub> atmosférico en la soya asociada fue significativamente mayor que el monocultivo (Kessel, 1985).

Un buen rendimiento de maíz absorbe muchos nutrientes. Requiere que el suelo este bien suplido de elementos nutritivos. Los rendimientos de maíz se han incrementado gracias al desarrollo de nuevos híbridos, mejores técnicas de cultivo a un mejor entendimiento de los requerimientos del cultivo. Altos rendimientos también requieren de siembras tempranas, nutrientes suficientes, balanceados y de un excelente control de plagas, malezas e insectos.

Al aplicar las cantidades adecuadas de cal, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, S, Mg, y de micronutrientes asegura que el potencial de rendimiento del híbrido seleccionado pueda expresarse con buenos rendimientos y resistencia a las plagas.

### **C. Marco legal o contextual**

Ley de protección de suelo y control de erosión decreto No.1308.

El Arto. 9 (Decreto No.1308) Son obligaciones de los propietarios, usuarios, arrendatarios, usufructuarios o a quienes tengan a cargo sus lotes de tierras agrícolas, trabajar sus cultivos siguiendo las prácticas de manejo y conservación de suelo recomendadas por MARENA.

**Artículo 95.** Para el uso y manejo de los suelos y de los ecosistemas terrestres deberá tomarse en cuenta.

La compatibilidad con la vocación natural de los mismos cuidando de mantener las características físicas/química y su capacidad productiva toda actividad humana deberá respetar el equilibrio de los ecosistemas.

Evitar practica que provoquen erosión degradación o modificación de las características topográficas y geomorfológicas con efecto negativos.

**Artículo 96.** En terrenos con pendientes iguales o superiores a 35% los propietarios tenedores o usuarios deberán mantener la cobertura vegetal del suelo o introducir cultivos y tecnologías aptas para prevenir o corregir la degradación del mismo.

**Artículo 97.** En aquella áreas donde los suelos presenten niveles altos de degradación o amenaza de la misma el ministerio de agricultura y ganadería en coordinación con el medio ambiente y los recursos naturales y con los consejos municipales podrán declarar áreas de conservación de suelos dentro de límites definidos estableciendo normas de manejo que tienden a detener su deterioro y aseguren su recuperación y protección.

## **2.1. Hipótesis**

### **2.1.1. Hipótesis general**

Ha. El uso de *Mucuna pruriens* en el cultivo de maíz en la finca Ladera de apante, Matagalpa tiene efecto sobre algunas propiedades físicas, químicas, biológicas, perdidas de suelo por erosión y rendimiento de maíz.

Ho. El uso de *Mucuna pruriens* en el cultivo de maíz en la finca Ladera de Apante, Matagalpa no tiene efecto sobre algunas propiedades físicas, químicas, biológicas, perdidas de suelo por erosión y rendimiento de maíz.

### **2.1.2. Hipótesis específicas**

**Ha.** Existe diferencia estadísticas entre las diferentes cantidades de cobertura, en las propiedades físicas (densidad aparente, porosidad y humedad volumétrica).

**Ha.** Existe diferencia estadística entre las diferentes cantidades de cobertura en propiedades biológicas del suelo como *phyllophoga spp*, *cocón* y *anélidos*.

**Ha.** Existe diferencia estadística entre las diferentes cantidades de cobertura en Potencial ion hidrogeno en el suelo (pH).

**Ha.** Existe diferencia estadística entre las diferentes cantidades de cobertura en las perdidas de suelo por erosión.

**Ha.** Existe diferencia estadística entre las diferentes cantidades de cobertura en la producción de maíz.

## CAPITULO III

### 3.1. Diseño Metodológico

### 3.2. Ubicación Geográfica de la Investigación

El trabajo investigativo se llevó a cabo en la finca Ladera de Apante, propiedad del señor Carlos Hernández, la finca está ubicada en la parte oeste de Matagalpa a 2 km de la cabecera departamental localizada en las coordenadas geográficas 12° 56' 16" latitud norte 85° 54' 06" latitud, oeste la altura oscila de los 700 a 800 msnm.



Fuente: Google EARTH, (2017)

### **3.3. Tipo de Investigación**

El tipo de investigación fue experimental ya que se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y cuatro tratamientos.

### **3.4. Enfoque**

Noriega, (2016) La investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes, la investigación cuantitativa implica el uso de herramientas de informática, estadísticas y matemáticas para obtener resultado. Es concluyente en su propósito ya que trata de cuantificar el problema y entender que tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados proyectable de una población mayor.

La investigación es cuantitativa debido a que se hicieron mediciones numéricas el cual se asienta en un marco conceptual cercano a las matemáticas y a la estadística; por ello, es un tipo de investigación que demanda la construcción de una base de datos que generalmente requieren mucho cuidado y disciplina al momento de identificar, levantar y registrar la información; de lo cual, depende su validez y confiabilidad.

La investigación cuantitativa es aquella donde se recolectan, se analizan datos cuantitativa sobre variables; se estudian propiedades y fenómenos cuantitativos.

### **3.5. Investigación experimental**

se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular (Ruiz, 2009).

El experimento es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por el para controlar el aumento o disminución de esa variable y su efecto en las conductas observadas.

### **3.6. Población y Muestra**

La población de la investigación es finita porque está delimitada y se conoce el número que la integra siendo un total de 432 plantas en todo el experimento.

La muestra es un subconjunto de la población siendo esta representativa, refiriéndose a que todos y cada uno de los elementos de la población tengan la misma oportunidad de ser tomados en cuenta para formar dicha muestra (Suarez, 2011).

La parcela útil consistió en las 3 plantas centrales de cada surco, teniendo como muestra 9 plantas por tratamiento.

### **3.7. Tipo de Muestreo**

Los métodos de muestreo probabilísticos son aquellos que se basan en el principio de equiprobabilidad. Es decir, aquellos en los que todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de una muestra.

EL tipo de muestreo fue probabilístico, en donde se les brindo a todos los individuos de la población la misma oportunidad de ser seleccionados. La muestra seleccionada fue a través de un muestreo aleatorio simple tomando 9 plantas al azar del área central de la parcela útil.

### **3.8. Probabilística**

El muestreo probabilístico es un método de muestreo (se refiere al estudio o análisis de grupos pequeños de una población) que utiliza métodos de selección aleatoria, debido a que cualquier planta que forma parte de la población. El requisito más importante del muestreo probabilístico es que todos en la población tengan la misma oportunidad de ser seleccionada, donde se trabajara con una muestra en el cual serán tomadas de la población.

### **3.9. Correlacional**

Es correlacional porque se observara las relaciones y diferencias entre variables, explicativo porque se demostraran las causas por la cual uno de los tratamientos genera o no genera mejores resultados.

Tiene como objetivo medir el grado de relación que existe entre dos o más conceptos o variables, en un contexto en particular. En ocasiones solo se realiza la relación entre dos variables, pero frecuentemente se ubican en el estudio relaciones entre tres o más variables (Hernandez, 2004).

### **3.10. De corte transversal**

Jiròn, (2010) Este tipo de estudio son los diseños básicos (ausencia de seguimiento) en el que una comunidad o muestra representativa de esta son estudiadas en un momento dado. La valoración de la variable se da en un mismo momento. Hay cerciorarse de que la muestra elegida sea representativa de la población de estudio. Cada sujeto de estudio solo es investigado una vez.

Es de corte transversal debido a que la investigación se realizó en un determinado tiempo en el segundo semestre del 2017. Donde los datos se recolectan a través

del tiempo en puntos o periodos específicos para hacer inferencia respecto al cambio.

### **3.11. Manejo Agronómico del experimento**

#### **3.11.1. Establecimiento de la cobertura**

La cobertura *Mucuna pruriens* se estableció un mes antes del establecimiento del experimento para efecto de obtener la suficiente cobertura para cada tratamiento la cantidad utilizada fue de 10 kg la distancia de siembra fue de 0,70 m por planta y 0,90 entre surco.

#### **3.11.2. Preparación del terreno**

Primeramente, se midió el área donde se realizó el experimento, se trazaron las parcelas con sus distancias con cinta, cabuyas y estacas.

Para el establecimiento del experimento, se realizó en época de postera, primeramente se hizo chapoda con machete, seguido se aplicó un herbicida (Glifosato) aplicando 200 cc/bomba para el control de las malezas, esta actividad se realizó semanas antes de la siembra y en un momento donde la lluvia no afecte la eficacia, además se realizó zanjas alrededor y dentro de la parcela para evitar posibles daños por anegamiento.

#### **3.11.3. Pendiente**

La medición de pendiente se llevó a cabo utilizando un aparato A y la formula  $Dv/dh * 100$  donde la pendiente de la parcela dio un porcentaje del 12 %.



#### **3.11.4. Siembra y fertilización**

La siembra se realizó el día 17 de septiembre del 2017 de forma manual, en la época de postrera. La aplicación de los tratamientos son los siguientes por cada metro cuadrado se aplicó 2kg de cobertura *Mucuna pruriens*, siendo esta convertida en toneladas por hectáreas, es decir (2Tn/Ha de cobertura en el tratamiento dos (T2), aumentándose el doble de lo anterior a razón de 4Tn/Ha de cobertura en el tratamiento tres (T3), 6Tn/Ha de cobertura en el tratamiento cuatro (T4) respectivamente y tratamiento uno (testigo) en el cual no se aplicó cobertura; el fertilizante fue 12-24-12 aplicando a razón de 200g/m<sup>2</sup> (INTA, 2016) , dando como resultado 4gr/planta esta fertilización solo se realizó al (T2,T3,T4).

#### **3.11.5. Rotulación**

Se elaboraron rótulos para cada parcela de esta manera se logra la identificación de cada uno de los tratamientos con sus respectivos bloques para lograr una identificación clara de cada uno de ellos, por lo cual fue necesario llevar un control en cada área experimental sobre los tratamientos evaluados, donde el momento de levantamiento de datos no se presente confusiones de las variables evaluadas como físicas, biológicas químicas, erosión y rendimientos productivos.

#### **3.11.6. Distancia de siembra**

La distancia de siembra empleada fue de 0.8 m entre surcos y de 0.5m entre plantas, para la siembra de la variedad NB-6 INTA (2015). Se sembraron de 2 a 3 semillas por golpe para después realizar un raleo de plantas (Fotografía 1).

### 3.11.7. Riego

Se estableció riego por falta de precipitaciones esto se hacía dos veces al día en la mañana de 7:00 am a las 9: am y en la tarde de las 5:00pm a las 7:00 pm (Fotografía 2).

### 3.11.8. Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual con machete antes de establecer el experimento y durante el experimento, controlando su crecimiento en la etapa lluviosa donde estas tienen la facilidad de crecer más rápido por la disponibilidad del agua.

### 3.11.9. Descripción de la variedad NB-6

**Cuadro 1.** Características de la variedad NB6

<b>Características agronómicas</b>	
Tipo de variedad	Mejorada
Días a cosecha	110-115
Días a flor femenina	56-58
Altura de la panta(cm)	230-235
Altura de mazorca(cm)	115cm
Textura de grano	Semi dentado
Color de grano	Blanco
Madurez relativa	Intermedia
Rendimiento comercial (qq/Mz)	60-70
Densidad poblacional(mil plantas/Mz)	35-46
Enfermedad que tolera	Achaparramiento

Fuente: (INTA, 2016)

La variedad mejorada NB-6 (Santa Rosa 8073) fue desarrollada por el Programa Nacional de Investigación de Maíz, adscrito al Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos (CNIGB) en 1984NB-6 proviene de la población Santa Rosa 8073

(Tropical blanco tardío dentado), cuyo germoplasma fue introducido por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y germoplasma local en convenios de colaboración con Nicaragua INTA (2016).

Es una variedad mejorada de Maíz de grano blanco, para beneficiar a las familias que habitan en las zona húmeda, secas e intermedia de Nicaragua su siembra se recomienda en época de primera, postrera y apante, es la variedad con mayor potencial de rendimiento entre los materiales criollos (Fotografía 3).

Un diseño de Bloque Completamente al Azar (BCA) que estuvo compuesto por tres bloques, cada bloque contenía cuatro tratamientos, cada tratamiento con tres repeticiones para un total de 144 por cada tratamiento por cada parcela experimental.

#### **3.11.10. Diseño Experimental**

Piquera, (2014) define el diseño experimental es un BCA o Bloque Completamente al Azar, trata de comparar tres fuentes de variables: el factor de tratamiento, el factor de bloques y el error aleatorio. El objetivo se comprende en que cada bloque se prueba todos los tratamientos, la aleatorización se hace dentro de cada bloque.

##### **3.11.10.1. Arreglo de los tratamientos**

se aplicó 2 kg de cobertura por metro cuadrado, esta cantidad antes mencionada se duplico en el tratamiento 3 y se triplico en el tratamiento 4 en el cual el tratamiento 1 es la parcela testigo sin ningún tratamiento, el tratamiento 2 se aplicó 2Tn/Ha de cobertura , el tratamiento 3 se aplicó 4Tn/Ha de cobertura , y el tratamiento 4 se aplicó 6 Tn/Ha de cobertura ( Fotografía 4) .

## Cuadro 2. Tratamientos evaluados

Tratamiento	Cantidad aplicada por m <sup>2</sup>	Frecuencia de aplicación
T1 (Testigo)	0 kg	
T2 <i>Mucuna pruriens</i>	2Tn/Ha de cobertura	1 aplicación
T3 <i>Mucuna pruriens</i>	4Tn/Ha de cobertura	1 aplicación
T4 <i>Mucuna pruriens</i>	6 Tn/Ha de cobertura	1 aplicación

Fuente: Resultado de Investigación

El frijol terciopelo (*Mucuna pruriens*) se destaca como la especie más utilizada como abono verde (AV) en cultivos de maíz, tanto en sistemas tradicionales en Centroamérica (Honduras, El Salvador, Nicaragua), como en otros programas de desarrollo en el mundo (Blanchart, 2006). Entre las ventajas obtenidas con su uso se destacan: la alta tasa de fijación de N<sub>2</sub> (hasta 150 kg N total. ha<sup>-1</sup>), el control de arvenses por efectos alelopáticos e interferencia lumínica por su rápida cobertura, el control de nematodos y varias pudriciones causadas por hongos de los géneros *Phytophthora* y *Rhizoctonia* (Bunch, 1994). Es altamente invasora por lo cual, requiere de podas. Se la cultiva desde el nivel del mar hasta los 1500 m.

La cobertura *Mucuna pruriens* (Terciopelo) actualmente es utilizada en la agricultura de conservación para reducir las pérdidas de suelo por erosión, incremento de la materia orgánica además tiende a aumentar la producción por su alto contenido de materia orgánica. Se trabajó con tres distintas cantidades de cobertura para efecto de evaluar mejoras en el suelo una dosis de 2Tn/Ha en el tratamiento dos, 4Tn/Ha en el tratamiento 3, 6Tn/Ha en el tratamiento 4 (Fotografía 5).

### 3.11.11. Dimensión del ensayo

El área total experimental tenía un perímetro de 225 m<sup>2</sup>, en forma rectangular de 28 m de largo por 11m de ancho.

### 3.11.12. Unidad experimental

Cada parcela estaba conformada por 6,25m de largo por 3m de ancho dividida por un metro entre cada parcela y un metro entre cada repetición con un total de 12 parcelas experimentales donde los arreglos de los bloques se establecieron en sentido perpendicular a la pendiente en cada parcela había un total de 36 plantas con una distancia de siembra de 0,50m entre planta y 0,80 entre surco.

### 3.11.13. Descripción de los muestreos para cada indicador

#### 3.11.13.1. Densidad aparente

Las muestras se recolectaron con cilindro de volumen conocido de 100 o 200 cm<sup>3</sup>. Las muestras se llevaron al laboratorio donde se determinó el peso del suelo seco a 105 °C durante 24 horas y el volumen del suelo (fotografía 6).

$$DAP = \frac{\text{Masa del suelo seco } M(\text{gr})}{\text{Volumen total del suelo } V(\text{cm}^3)} \quad (\text{Lizano, 2017})$$

#### 3.11.13.2. Porosidad

La porosidad depende de la textura, estructura y densidad aparente para determinar matemáticamente la porosidad se tiene la siguiente fórmula  $100(1 - \frac{d_r}{d_p})$

#### 3.11.13.3. Humedad volumétrica

Las muestras se recolectaron en las 12 parcelas de monitoreo a una profundidad de 0 a 30 cm utilizando cilindros de 100 a 200 cm<sup>3</sup>

La muestra se llevó al laboratorio (horno a una temperatura de 105 °C por 24 horas) y se calculó con la siguiente fórmula (fotografía 7).

$$HG\% = \frac{p_{sh} - p_{ss}}{p_{ss}} \times 100$$

(Lizano, 2017)

#### **3.11.13.4. *Phyllophoga ssp*, Cocón y anélidos**

En cada unidad experimental se realizó un muestreo para cuantificar la cantidad de organismos se utilizó un marco de madera con medida 30 cm por 30 cm se retiraba la cobertura y se observaba los organismos encontrados en cada parcela (Anexo 1).

#### **3.11.13.5. Potencial ion hidrogeno del suelo (pH)**

Las muestras se recolectaron en cilindros en las 12 parcelas a una profundidad que va de 0 a 30 cm (la muestra toma todo el suelo desde la superficie hasta 30 cm de profundidad). Los resultados de los análisis se obtuvieron de los laboratorios de suelos.

#### **3.11.13.6. Perdidas de suelo**

Las pérdidas de suelo por erosión, se estimaron mediante el uso del método de parcelas de erosión tipo estaca citado por (Gómez, 1996; Echeverry et al, 1990, Manco y Parra, 1997). En éste método, las pérdidas de suelo por acción del viento ó la lluvia; se determinan como una altura o lámina, que en función de una unidad de área (ha), se convierte en un volumen de materiales. Con ese volumen y su densidad aparente, se puede estimar el peso del material potencialmente perdido y/o depositado.

Para estimar las pérdidas de suelo se usaron estacas de 50 cm de largo, marcadas milimétricamente con cinta métrica; las cuáles se establecieron en todas las parcelas experimentales.

Se tomaron datos del nivel del terreno durante dos etapas del experimento antes de incorporar la cobertura y después de haberla incorporado, para hallar finalmente un diferencial de altura promedio en todos los tratamientos y estimar la cantidad de suelo perdido en Tn/Ha.

### **3.11.13.7. Rendimiento de maíz**

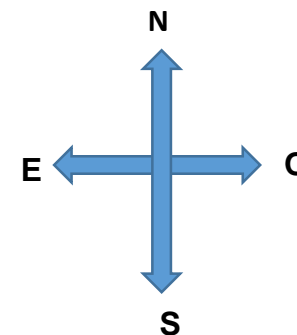
Para la determinación de rendimiento de maíz (*Zea mays*), se tomaron nueve plantas por parcela eliminando los bordes y se midió número de hileras y número de granos por mazorca y quintales por manzana y hectáreas.

Para la estimación del peso de grano seco de maíz, se muestrearon nueve plantas por tratamiento a los 120 días después de cosecha, se cosecharon las mazorcas, desgranándolas para estimar el peso del grano seco y el contenido de humedad gravimétrica inicial. Se realizó una conversión matemática entre el contenido de humedad inicial del grano y una humedad de 14% con la que se expresa generalmente los rendimientos de los granos (Anexo 2).

### 3.12. Plano de campo

**Cuadro 3. Plano de campo**

28 M



Tratamiento 1: (Testigo)

Tratamiento 2 (2 Tn/Ha)  
*Mucuna pruriens*

Tratamiento 3 (4 Tn/Ha)  
*Mucuna pruriens*

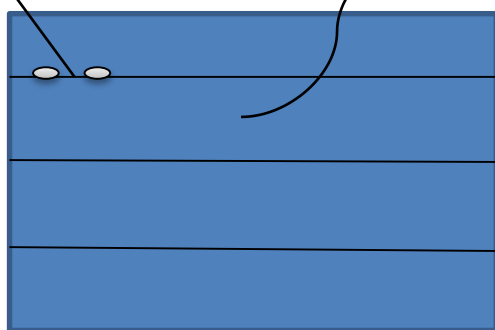
Tratamiento 4 (6 Tn/Ha)  
*Mucuna pruriens*

Distancia entre plantas 0,50 m,

m,

Distancia entre surco 0,80 m, tres surco por parcela

3 M



6.25 m

El área del experimento está conformada por 225 m<sup>2</sup>, una distancia de largo de 25m por 9 m de ancho.

Esta parcela pequeña representa cada área experimental de forma real, donde cada una está compuesta por una unidad experimental en diferente cantidades de *Mucuna pruriens*, el espacio de un 1 m en cada tratamiento representa identificación entre cada parcela.



### **3.13. Variables evaluadas**

Parámetro físico; (densidad aparente, porosidad, humedad volumétrica).

Parámetro biológico; (*Phyllophaga ssp*, *cocón* y *Anélidos*).

Parámetro químico (pH).

Perdidas de suelo

Rendimientos productivos

(Anexo 3)

### **3.14. Técnica de recopilación**

La recolección de datos se realizó efectuando los muestreos establecidos y la frecuencia establecida en este caso en dos momentos del experimento antes de aplicar la cobertura y después de haberla aplicada (Anexo 4).

Para las siguiente actividades fueron necesarios los siguiente materiales cilindro de 100 a 200 cm<sup>3</sup>, cuchillo, machete, bolsas de 2 libras Taype ,marcador pesa digital (Fotografía 10), horno, Teste para determinar humedad de grano, hojas de campo (Anexo 5, 6, 7).

### **3.15. Procesamiento de datos**

A los resultados obtenidos, se les realizó análisis estadístico usando el programa Spss versión 21, se realizó un análisis de varianza ANDEVA para realizar la comparación entre los tratamientos con un 95% de confianza y comparación de medias con pruebas de DUNCAN para efecto de determinar el mejor de los tratamientos aplicados, se utilizó Microsoft Excel 2016 para la realización de gráficas y base de datos y Microsoft Word para la redacción de documento final.

## CAPITULO IV

### 4. Análisis y discusión de los resultados

En el experimento realizado sobre el Efecto de la cobertura *Mucuna pruriens* en la calidad de suelo, siembra asociada con maíz (*Zea Mays*) se estudiaron diferentes variables las cuales generaron diferentes resultados con respecto a sus indicadores los cuales permitieron realizar la toma de datos, las variables a tomar en cuenta fueron parámetros físicos, químicos, biológicos, perdidas de suelo y rendimiento productivos. Se utilizaron cuatro tratamientos el primer tratamiento (T1) testigo, el tratamiento dos (T2), 2 Tn/Ha, el tratamiento tres (T3) 4Tn/Ha, el tratamiento (4) 6Tn/Ha de cobertura, Se presentan los resultados obtenidos en la fase de campo, en dos momentos diferentes del estudio.

#### 4.1 Densidad Aparente

FAO, (2014) menciona que la densidad aparente es un parámetro importante para la evaluación y valoración en la calidad de suelo influyendo otros parámetros físicos, químicos y biológicos que entran en juego dependiendo de la densidad que tenga un suelo la compactación, velocidad de infiltración, materia orgánica, aireación y fauna en el suelo estos van a influir en el desarrollo y crecimiento de las raíces.

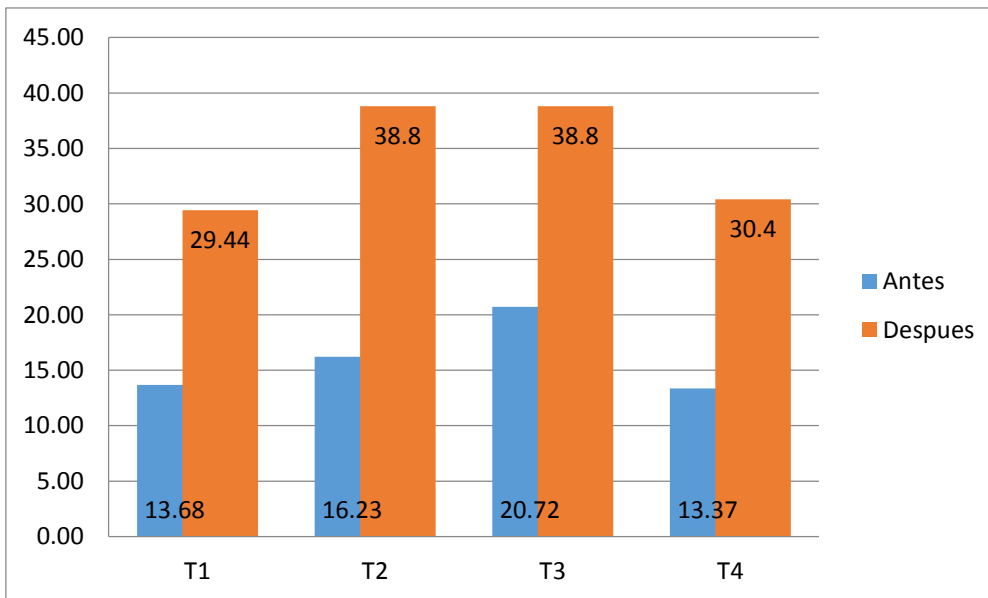
Para estimar la densidad aparente en los tratamientos, se utilizaron diferentes cantidades de cobertura teniendo en el tratamiento 1 (Testigo), Tratamiento 2 (2Tn/Ha), Tratamiento 3 (4Tn/Ha), Tratamiento 4 (6Tn/Ha).

En los resultados en cuanto a la densidad aparente, fueron iguales antes y después de haberle aplicado la cobertura, por lo cual se obtienen estos resultados Tratamiento 1 ( $1,12\text{gr}/\text{cm}^3$ ), Tratamiento 2 ( $1,13\text{gr}/\text{cm}^3$ ), Tratamiento 3 ( $1,20\text{gr}/\text{cm}^3$ ), Tratamiento 4 ( $1,08\text{gr}/\text{cm}^3$ ) en el análisis de los datos en ANDEVA no refleja diferencia estadística debido a que los datos no son suficientes, también no se reflejan datos aritméticamente debido a los mismos

resultados, para mostrar cambio se tiene que llevar un tiempo aproximadamente cinco años ya que son resultados que muestra el suelo a largo plazo.

#### 4.1.2. Humedad del suelo

La cantidad de agua que posee el suelo es una de sus características más específicas y está determinada fundamentalmente, por su textura, su contenido de materia orgánica, la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificialmente (riego) de ella, así como por el consumo causado por la evapotranspiración (Jaramillo, 2002).



**Grafico 1.** Humedad volumétrica del suelo

*Fuente: Resultado de Investigacion*

En el grafico 1, presenta el contenido de humedad del suelo, estimados en dos épocas del experimento antes de incorporar la (*Mucuna pruriens*) y después de incorporarla con el fin de comprobar la eficacia de la cobertura en diferentes cantidades.

El Tratamiento 4 presento los valores más bajos en el contenido de humedad del suelo las cuales obtuvieron un 13, 37% para la etapa inicial seguido del

tratamiento 1 con 13,68% de humedad, sin embargo, los tratamientos 2 con 16,23% y el de mayor Tratamiento 3, 20,27% contenido de humedad.

Las parcelas donde se incorporó la cobertura logró incrementar los contenidos de humedad del suelo teniendo el Tratamiento 2 y 3 con 38,08%, seguido del Tratamiento 4 con 30,40%, en cambio el testigo no muestran diferencias de humedad. Lo anterior pudo deberse una mayor retención de humedad del suelo por parte de la cobertura lo cual esto viene a cambiar la estabilidad el suelo con mejor textura, composición física y mineral y mejor retención del agua para los cultivos.

Prager y san Clemente (2009) concuerdan que La parcela testigo presentó los valores más bajos en el contenido de humedad del suelo, los cuales estuvieron en 0,30 ml.ml<sup>-1</sup> y 37 ml.ml<sup>-1</sup>, para el periodo seco y húmedo respectivamente. Entré los datos obtenidos en relación con el estudio de prager y san clemente concuerdan que la parcela donde no hubo aumento de humedad fue en el testigo absoluto donde no se aplicó cobertura.

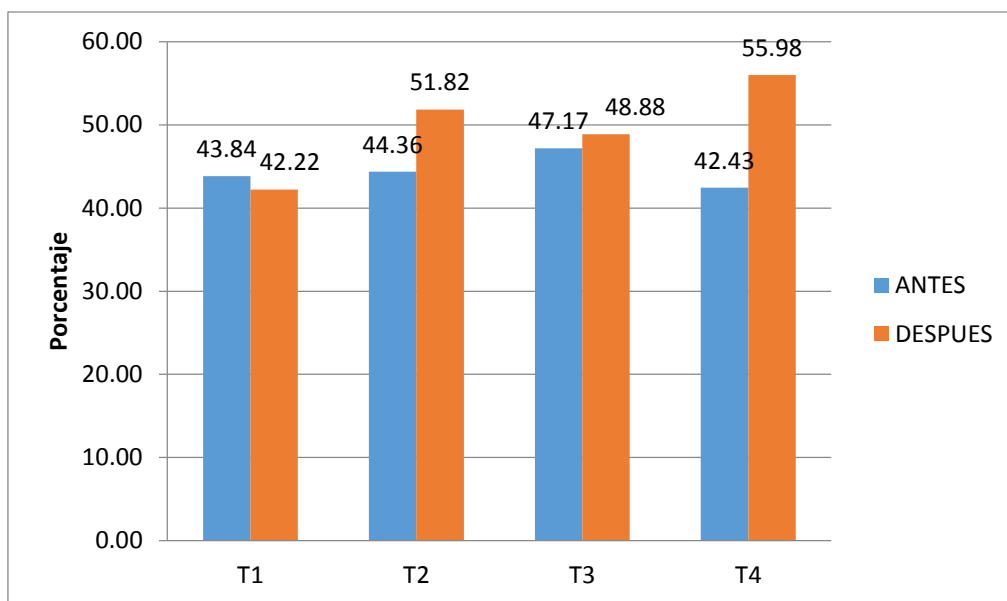
Para la indicador humedad volumétrica no se realiza análisis varianza ANDEVA, debido a que los datos son insuficientes para mostrar diferencia significativa, sin embargo aritméticamente se muestran cambios.

#### **4.1.3. Porosidad del suelo**

Jaramillo (2002), La porosidad total del suelo es el volumen de este que no está ocupado por sólidos; es el volumen que hay disponible en el suelo para los líquidos y los gases. Además, hace mención que el espacio poroso depende de la fracción de sólidos siendo esta la textura (poros pequeños, estructuras y materia orgánica) por consiguiente la cantidad de aire y agua que contenga un suelo depende de la cantidad de espacios vacíos disponibles.

La porosidad del suelo vienen a representar por el porcentaje de hueco existente en el mismo frente al volumen del país, la porosidad depende de la textura, de la

estructura y de la actividad biológica del suelo, cuanto más gruesos son los elementos de la textura mayores son los huecos entre ellos.



**Gráfico 2.** Porosidad del suelo

*Fuente: Resultado de investigación.*

El Gráfico 2 de porosidad de suelo, muestra antes y después de la aplicación de cobertura (*Mucuna Pruriens*) en el cual Tratamiento 4 presentaba menos porosidad en el suelo con un 42,43%, luego Tratamiento 2 con 43,84% siendo estos tratamientos con menos porcentaje de porosidad lo cual nos indica que el suelo es poco poroso y menos cantidad de humus y arcilla presentando más deficiencia de nutrientes disponible.

Al aplicar la cobertura, después de la etapa fenológica del cultivo de Maíz se realizó un nuevo muestreo en la parcela de investigación para determinar si hubo o no cambios en el suelo donde presentó con mayor porosidad Tratamiento 4 con 55,98%, seguido del Tratamiento 2 51.82% y un Tratamiento 3 con un 48,88%, indica que a mayor cantidad de cobertura la porosidad del suelo cambie con el tiempo debido a la mineralización, se presentan más cantidades de microorganismo descomponedores de la materia orgánica, sin embargo el Testigo en este caso Tratamiento 1 presentó con una cantidad de 42,35% lo cual posiblemente este tratamiento varía a disminuir por lo que no se aplicó cobertura.

de *Mucuna pruriens* y el suelo esta perdiendo su calidad al uso sin aplicar ningun tratamiento.

Plaster (2000) reporta que en un experimento realizado en colombia utilizo una cobertura en un suelo franco arenoso teniendo como objetivo evaluar el porcentaje de porosidad con la adicon de cobertura en el suelo encontrando como resultados un aumento en los agregados del suelo debido al aumento de la materia organica en comparacion con el testigo absoluto que no mostro cambios alguno.

En comparacion con la investigacion realizada se determina que la porosidad del suelo va a depender del aumento de la materia organica en los resultados obtenidos el testigo es el tratamiento que no muestra diferencia en porosidad sin embargo en los demas tratamientos con respecto a la cantidad de cobertura hubieron aumento en la porosidad del suelo.

**Cuadro 4.** ANDEVA porosidad del suelo

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	8,069	3	2,690	,067	,974
Intra-grupos	159,663	4	39,916		
Total	167,732	7			

Fuente: Resultados de investigación.

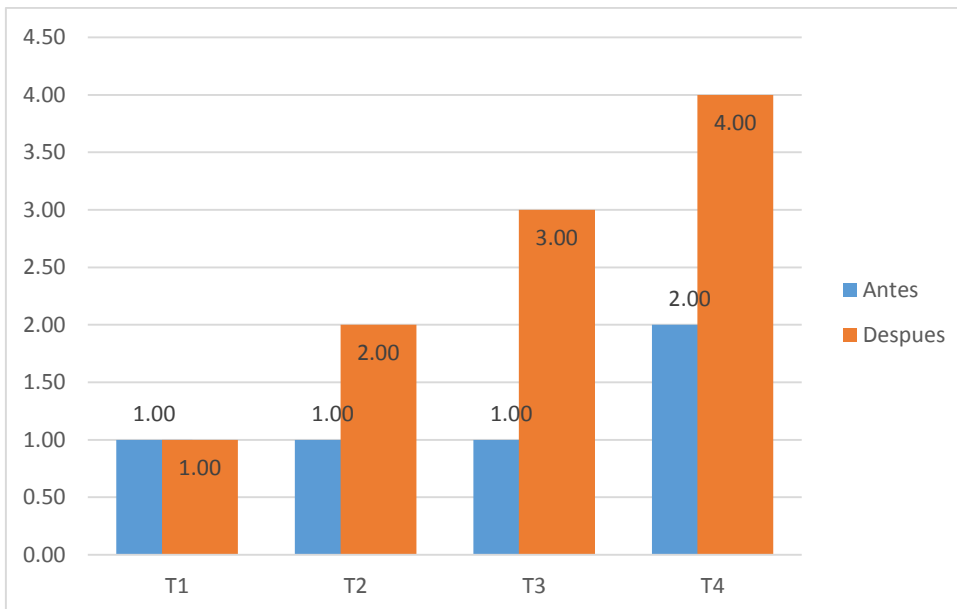
En el cuadro 4. ANOVA nos permite contrastar la hipótesis de igualdad de varianza, para la variable porosidad del suelo. Como el nivel crítico es mayor que 0,05 entonces aceptamos la hipótesis de igualdad de varianza, es decir no existe diferencia significativa entre los tratamientos de esta variable.

Como lo indica el análisis de varianza no se determina diferencias en la porosidad del suelo en dependencia de la cantidad de cobertura es decir que los cambios posiblemente se den a partir de varios años de utilizar e incorporar la cobertura en el suelo antes y después de establecer los cultivos en los campos agrícolas.

## 4.2. Propiedades Biológicas del suelo

La biodiversidad del suelo refleja la variedad de organismos vivos, comprendidos los innumerables microorganismos invisibles (por ej. bacterias y hongos), la micro fauna (por ej. protozoarios y nematodos), la meso fauna (por ej. ácaros y tisanuros) y la macro fauna, mejor conocida (por ej. lombrices y termitas). Las raíces de las plantas también pueden considerarse organismos del suelo debido a su relación simbólica e interacción con los demás elementos del suelo. Estos diversos organismos interactúan entre sí, con las diversas plantas del ecosistema, formando un complejo sistema de actividad biológica (Ibáñez, 2007).

El establecimiento de cultivos de cobertura, involucra una adición de materia orgánica fresca al suelo, la cual es aprovechada por los organismos edáficos como fuente de nutrientes, la mineralización de los compuestos orgánicos de *Mucuna pruriens* comienza con el trabajo de los macro y micro organismos del suelo, lo cual también es aprovechada por las plantas una vez que la biota del suelo descomponga la materia orgánica y esta se transforme en nutrientes para las planta.



**Gráfico 3.** Phyllophaga ssp

Fuente: Resultado de la investigación

En el grafico 3 se refleja la cantidad de Gallina Ciega en dos etapas del experimento el primer muestreo el tratamiento cuatro con mayor cantidad con 2, seguido por los tratamientos tres dos y uno, con una cantidad mínima de 1.

Después de haber aplicado la cobertura *Mucuna pruriens* en el área experimental se realizó un segundo muestreo para la comparación de cantidad de gallina ciega que se encontraban, donde la mayor Cantidad de Gallina Ciega fueron los Tratamientos cuatro con 4 gallina ciega , Tratamientos tres con 3 , lo que indica que la cobertura (*Mucuna pruriens*) por establecerse en época lluviosa la materia orgánica tiende a presentar una mayor mineralización por estar expuesta a factores climáticos que aceleran la descomposición de la cobertura facilitando a los macro y micro organismos, la asimilación de la materia orgánica para convertirla en humus; en cambio en los tratamientos uno (testigo) no hubo cambio en la cantidad de gallinas ciega.

Los resultados obtenidos en el experimento, coincide con los estudios realizados por (Mosquera, 2009) En el que no se encontró diferencia en cuanto a la actividad biológica, ya que en ambos experimentos el valor encontrado en gallina ciega es mayor al inicial.

**Cuadro 5.** ANDEVA Gallina ciega (*Phyllophaga ssp.*)

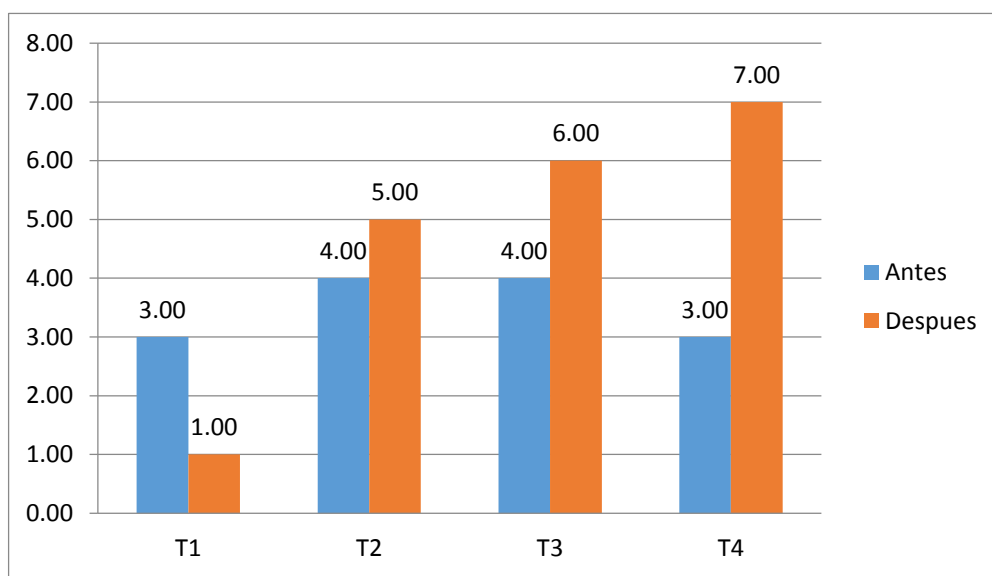
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,498	3	,166	1,184	,421
Intra-grupos	,561	4	,140		
Total	1,059	7			

Fuente: Resultados de investigación.

En el cuadro 5. ANOVA nos permite contratar las hipótesis de igualdad de varianza para la variable gallina ciega. Como el nivel crítico es mayor que 0,05 entonces aceptamos la hipótesis de igualdad de varianza, es decir no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos de esta variable.



La *phyllophaga ssp* es una larva que ayuda a la descomposición de la materia orgánica por la deposición de sus heces y por ende contribuye a aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo sin embargo no es recomendable que las poblaciones de esta aumenten en un suelo agrícola por ende en este análisis demuestra que no significa una plaga para el productor.



**Grafico 4.** Huevo de lombriz (Cocón)

Fuente: Resultado de la Investigación

En el grafico 4 se muestra que al iniciar el área experimental se evaluó el suelo en cuanto a la cantidad de diversidad biológica, en los tratamientos que se encontraban con mayor cantidad fueron Tratamiento 3 y 2 con 4 huevos, seguido por el Tratamiento 4 y 1 con 3 este caso se determina que el suelo contenía poca cantidad de huevos.

Al aplicar la cobertura (*Mucuna pruriens*) en el cultivo de Maíz se incorporó durante todo el ciclo de cultivo, se hizo nuevamente muestreos de cantidad de huevos por todos los tratamiento y conocer si había aumentado o disminuido en el suelo, se encontró que en el Tratamiento 4 fue el mayor con 7 huevos aumentado a un 58% del muestreo inicial siendo el tratamiento que contenía mayor incorporación de cobertura, luego el Tratamiento 3 con 6 huevos; sin embargo el Tratamiento 2 solo logro incrementar a 5 huevos el cual contenía menos cantidad de cobertura, pero el tratamiento 1 este no aumento sino que disminuyó la

cantidad a 1, esto se debe a razones de tratamiento no poseían cobertura y fueron nombrados como testigo lo cual el suelo no aumenta su diversidad biológica y pierde su calidad por el uso y sin agregar nutrientes al suelo.

Tejada, (2007) evaluó el uso de la cobertura muerta logrando un incremento en la tasa de respiración del suelo de 29% (1,1 kg CO<sub>2</sub>.ha-1.d-1) y 56% (1,7 kg CO<sub>2</sub>.ha-1.d-1) comparado con el testigo y el abono verde, respectivamente.

Lo anterior permite concluir que el uso de la *Mucuna pruriens* complementada con fertilización, incrementa la actividad biológica del suelo considerablemente; posiblemente debido al aumento de nutrientes disponibles para los diversos organismos edáficos y al mayor desarrollo de raíces en el cultivo de maíz. Estos resultados son similares a los obtenidos por Tejada, (2007).

**Cuadro 6.** ANDEVA Huevos (*Cocón*)

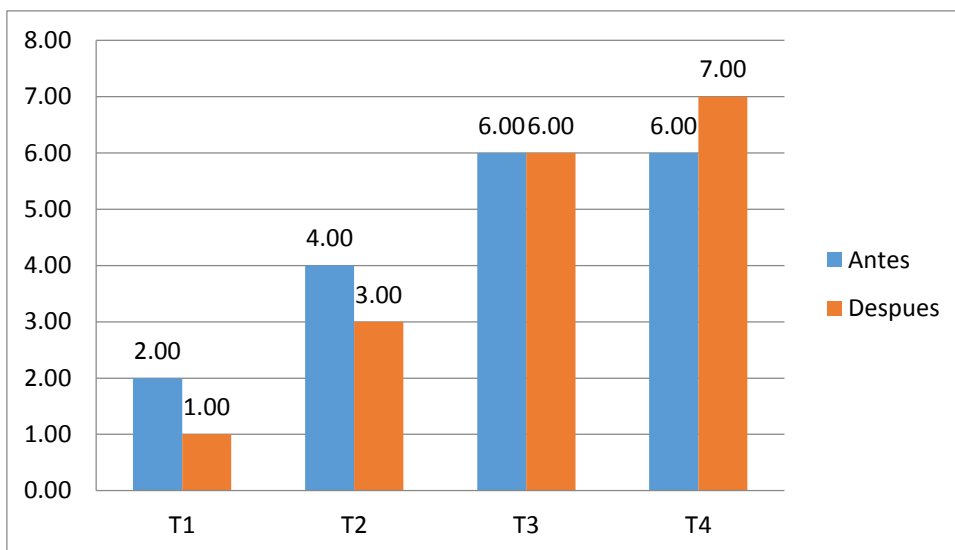
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	10,759	3	3,586	1,681	,307
Intra-grupos	8,535	4	2,134		
Total	19,293	7			

Fuente: Resultados de investigación.

En el cuadro 6. ANOVA nos permite contrastar las hipótesis de igualdad de varianza para la variable Huevos (*Cocón*). Como el nivel crítico es mayor que 0,05 entonces aceptamos la hipótesis de igualdad de varianza, es decir no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos de esta variable.

El uso de la cobertura en diferentes cantidades no incidió en el reproducción de huevos (*cocón*) Según Awang et al, (1997) el género *Mucuna spp*, contiene compuestos tóxicos como la L-Dopa, triptaminas alucinógenas y factores anti nutricionales tales como fenoles y taninos debido a las concentraciones elevadas de L-Dopa (7%), la *Mucuna pruriens* se ha constituido como una fuente comercial

de extracción de esta sustancia, usada en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson. Posiblemente según este estudio los huevos de las lombriz de tierra no pudo aumentarse al aplicar grandes cantidades de cobertura debido a sus propiedades toxicas estos pudieron haberse intoxicados.



**Grafico 5.** Anélidos

Fuente: Resultado de la Investigación.

En el gráfico 5 se presentan las cantidades de *anélidos* que se encontraban en el suelo, realizando dos muestreos antes de iniciar el experimento y después de haber culminado la etapa fenológica del cultivo de Maíz, la cantidad de anélidos en los tratamientos al inicio se encontraba en mayor cantidad en Tratamiento 4 y Tratamiento 3 con un 6 de Anélidos, luego seguido por tratamiento 2 con 4 anélidos y el Tratamiento 1 lo cual nombrado testigo absoluto a una cantidad de 2.

La aplicación de cobertura fue diferente por cada uno de los tratamientos, por un lapso de tres meses después de la siembra, se volvió a evaluar el suelo en las cantidades de anélidos para así conocer cuál era el efecto de cada uno de los tratamientos en la aplicación de (*Mucuna pruriens*) y los resultados llegaron a los siguientes:

Lo cual muestra que el Tratamiento 4 incrementa en la mayor cantidad de cobertura con 6tn/ha siendo el que aumento más cantidad de anélidos con 7, en el

tratamiento dos se encontraron la misma cantidad de anélidos por el contrario en los demás tratamientos, T2 y T1 disminuyo su cantidad de anélidos.

Swisher, (1999), Tejada et al, (2007), investigaron el efecto de diferentes abonos verdes sobre las propiedades biológicas del suelo y el rendimiento de maíz (*Zea mays*), en un suelo Typic Xerofluvent de España. Se obtuvo un incremento general en la tasa de respiración del suelo, en las parcelas donde se establecieron los abonos verdes en comparación con el tratamiento testigo, que redujo su tasa de emisión de CO<sub>2</sub> en el tiempo; posiblemente por la diferentes cantidades de cobertura aplicada al suelo los anélidos aumentaron donde hay presencia de humedad y disponibilidad de alimento (cobertura) para convertirla en materia orgánica.

**Cuadro 7.** ANDEVA Lombriz de tierra (*Anélidos*)

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	31,934	3	10,645	36,495	,002
Intra-grupos	1,167	4	,292		
Total	33,101	7			

*Fuente: Resultados de investigación.*

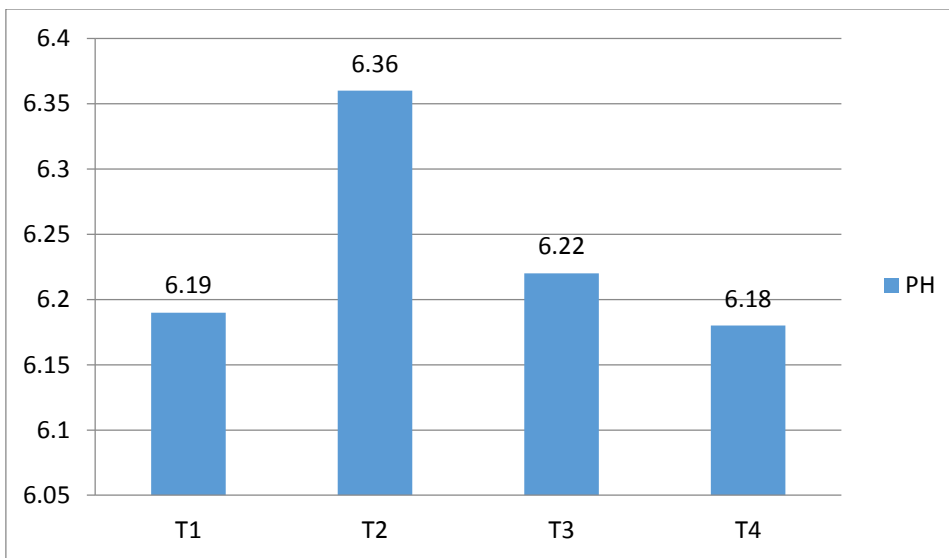
El cuadro 7 de análisis de varianza se observa que existe una diferencia estadística significativa, entre los tratamientos según los anélidos que se presentó el suelo después de haber incorporado la cobertura aceptando la hipótesis alternativa ya que es menor que 0,05.

Al presentar diferencias estadísticas significativa indica que las cantidades de cobertura incidieron en el aumento de las poblaciones de anélidos beneficiando que el suelo aumente su materia orgánica estimula el crecimiento de las raíces y por ende que todos los nutrientes estén disponible para las plantas aprovechando el programa de fertilización mejorando el crecimiento de la planta y su desarrolló durante su ciclo de cultivo.

### 4.3. Propiedades químicas del suelo

#### 4.3.1. Potencial ion hidrogeno (pH)

Aldana,(2013) el pH influencia en formas diferentes en la actividad biológica en los suelos en el caso de las bacterias aeróbicas que descomponen las células se ha demostrado que su actividad se detiene a pH menor de 5.5 en igual forma que en el caso de las bacterias nitrificantes cuya actividad se reduce a valores de pH ácido ya que prefiere valores cercanos a la neutralidad (6.5 – 7 de pH). También cesan en su actividad los organismos aeróbicos fijadores de nitrógeno libre como *clostridium* y *azotobacter* (bacterias) que son muy sensibles a la acidez de la solución del suelo las bacterias noduladoras como *Rhizobium* por lo contrario pueden sobrevivir incluso a valores de pH 4.0 o menores.



**Grafico 6.** Potencial del ion hidrogeno (pH)

Fuente: Resultado de la Investigación

En la gráfica 6 se evaluó como se encontraba el PH del suelo después de haber incorporado cobertura (*Mucuna pruriens*), en la gráfica refleja que en los tratamientos todos se encuentran en un rango de entre 6 y 7 que estos se caracterizan como neutro lo cual también se mantienen en su actividad biológica, se considera adecuado ya que si bajara pasaría a ser ácido esto se encuentran en suelos con bajo nivel de materia orgánica lo cual no son considerados buenos,

también bajaría su actividad biológica ya que la mayoría de los microorganismos bacteria y hongos descomponedores prefieren los suelos de alta calidad, ricos en materia orgánica.

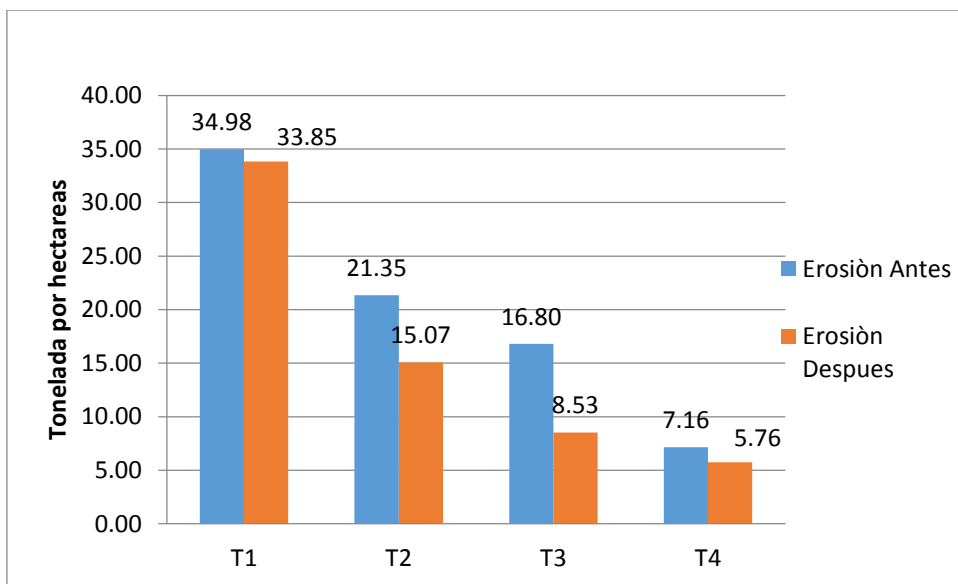
Según el INTA los niveles de pH óptimo para el cultivo de maíz oscilan entre 5.5 y 6.5. Los niveles encontrados en cada una de la parcelas indican que son óptimos para el cultivo de maíz | lo que permitió su crecimiento y desarrollo del cultivo, sin embargo la cobertura *Mucuna pruriens* ayudo a mantener los niveles indicados.

El valor de pH del suelo afecta la población microbiológica del mismo y una serie de procesos de mineralización de la materia orgánica, como consecuencia existe una menor disponibilidad de algunos nutrientes para la planta, mínima nitrificación con menor producción de nitratos en algunos caso o también menor disponibilidad de otros nutrientes que provienen de la mineralización de la materia orgánica. En general hay también otros efectos perjudiciales con valores de pH muy altos.

#### **4.4. Pérdidas suelo**

Según (FAO, 2014), los agentes más importantes que actúan en la erosión son el agua y el viento. En función de esto se conocen dos tipos de erosión, la eólica y la hídrica. A nivel mundial, la erosión hídrica es el tipo más importante de degradación de suelos y ocupa aproximadamente 1,093 millones de hectáreas (56%) del área total afectada por degradación de suelo inducida por el hombre.

Cuando las gotas golpean al suelo desnudo a alta velocidad, fragmenta los gránulos de suelos y agregados, dependiendo de las partículas de las masas de suelo. La acción de salpicadura mueve las partículas desprendidas sola mente a distancia cortas, pero el flujo superficial dijera o transporta parte de estas partículas directamente pendiente a bajo y otra parte es conducidas a pequeñas depresiones donde el flujo es más concentrado y provee una mejor transportación de las partículas de suelos.



**Grafico 7.** Perdidas de suelo

*Fuente: Resultado de investigación*

En la gráfica 7 se reflejan dos etapas de evaluación inicio y final; donde se observa que las pérdidas de suelo en la etapa inicial del experimento su mayor cantidad estaba en los Tratamiento1 con una cantidad media de 34,98Tn/Ha al presentarse arrastre de cobertura por lluvia y en otros puntos por salpicaduras, seguido por los Tratamiento 2 con 21,35 Tn/Ha, Tratamiento 3 con 16,80 Tn/Ha y los tratamientos con menos erosión Tratamiento 4 con una cantidad mínima de 7,16 Tn/Ha.

Al finalizar el experimento la cobertura (*Mucuna pruriens*) se evaluó nuevamente la erosión del suelo para hacer énfasis de sus beneficios en cuanto a la protección del suelo en las pérdidas por erosión teniendo como resultados finales que la menor erosión del suelo fue Tratamiento 3 con 8,33 Tn/Ha tratamiento que contenía 4Tn/Ha de cobertura y bajó un 8 Tn/Ha de erosión por tratamiento, seguido por Tratamiento 2 y Tratamiento 4 ; en cambio el Tratamiento que no mostro cambios fue Tratamiento 1 ya que este fue testigo y no había cobertura estas pérdidas se encuentran en un rango aceptable en nuestro país la cual no es amenaza a la degradación excesiva del suelo.

En el resultado obtenido en el experimento, coincide con el estudio realizado por (Mosquera, 2009). El efecto de coberturas en la pérdida de erosión del suelo tiende a reducirse con el aumento de coberturas donde demuestra resultados que la mayor reducción se dan en los tratamientos que mayor de cobertura contienen y en el testigo la erosión tiende a reducirse poca, al igual se muestra en los resultados obtenidos en el área experimental donde se puede observar que la menor retención de erosión se presenta en el tratamiento testigo.

(Prager & Sanclemente, 2009) , encontraron que las mayores pérdidas de suelo se obtuvieron en la parcela testigo (10,9 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>). Con el uso del abono verde se obtuvo una reducción en las pérdidas de suelo de 4% (0,5 Mg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup>) frente al testigo.

**Cuadro 8.** ANDEVA Perdidas de suelo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	200,999	3	67,000	,535	,683
Intra-grupos	501,004	4	125,251		
Total	702,003	7			

*Fuente: Resultados de investigación.*

En el cuadro 8. ANOVA nos permite contrastar las hipótesis de igualdad de varianza para la variable perdidas de suelo. Como el nivel crítico es mayor que 0,05 entonces aceptamos la hipótesis de igualdad de varianza, es decir no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos de esta variable.

Las pérdidas superficiales de suelo llevadas a un ciclo de cultivo. Los valores de pérdidas de suelo, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Sin embargo, existió una tendencia general de pérdidas en todos ellos, debido en parte al cambio de uso del suelo.



**Cuadro 9.** ANDEVA Número de Hileras por Mazorca

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	57,213	3	19,071	5,198	,002
Intra-grupos	381,556	104	3,669		
Total	438,769	107			

*Fuente: Resultado de investigación*

En el cuadro 9 muestra la prueba del análisis estadístico ANDEVA de acuerdo con el indicador número de hileras por mazorca se determina que existe diferencia estadística significativa ya que el nivel crítico es menor que 0.05 por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

Posiblemente la variedad de maíz influyó en el número de hileras por mazorca obteniendo promedios similares en cada mazorca mas no obstante la cobertura influye en la retención de humedad y aumentó de la materia orgánica favoreciendo el desarrollo de la planta y por ende el llenado de granos, el número de hileras por mazorca.

**Cuadro 10.** DUNCAN Número de Hileras por Mazorca

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1 (B)	2 (A)
1,00	27	12,25	
2,00	27		13,48
4,00	27		13,96
3,00	27		14,11
Sig.		1,0	,25

Fuente: Resultado de investigación.

La prueba de DUNCAN al 5% agrupo los tratamientos en dos categorías A y B Como se puede observar en la tabla según DUNCAN, en el análisis de los datos en la categoría A se encuentra agrupado el tratamiento tres con un promedio de 14.11, el tratamiento 4 con 13.96 y el tratamiento 2 con 13.48 hileras por mazorcas

respectivamente en comparación con el testigo con 12.25 hileras que se encuentra en la categoría B siendo este último el de menor rendimiento.

Contreras, (1994) Afirma que la fisiología del maíz está determinada en gran medida por el factor genético, pero que el diámetro de mazorca puede aumentar relativamente con la fertilización, no así el número de hileras por mazorca.

Se usa para comparar cada promedio de los tratamiento en cada uno de ellos, es una prueba de rango múltiple de manera que cualquier diferencia que existe entre cualquier tratamiento contra otro se refleja en este análisis estadístico, así como nos permite observar cada uno de los tratamientos en sus promedios para luego ser nombrados en su conjunto como en el siguiente caso.

**Cuadro 11.** ANDEVA Número de Granos por Mazorca

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1073864,991	3	357954,997	21,745	,000
Intra-grupos	1711971,556	104	16461,265		
Total	2785836,546	107			

Fuente: Resultados de investigación

ANOVA nos permite evaluar la importancia de uno o más factores, al comparar la media de las variables da respuesta en los diferentes niveles de factores, la hipótesis nula establece todas las medias de la población son iguales, mientras la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

En el cuadro11 refleja la prueba de ANDEVA de acuerdo al indicador número de granos por mazorca en la finca laderas de Apante se encontró que hay diferencia estadística significativa ya que es menor que 0,05% entre los tratamientos al evaluar el indicador número de granos por mazorca aceptándose la hipótesis alternativa.

En cuanto al indicador número de granos por manzana establece que al menos uno de los tratamientos fue diferentes donde aprueba la hipótesis alternativa ya que valor está por debajo rango, por lo cual dentro de la agrupación de los datos de cada una de las áreas experimentales se encuentra que estadísticamente hubo diferencia.

**Cuadro 12.** DUNCAN Número de Granos por Mazorca

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1 (C)	2 (B)	3 (A)
1,00	27	213,37		
2,00	27		378,25	
3,00	27		441,85	441,85
4,00	27			470,77
Sig.		1,0	,071	,409

Fuente: Resultado de Investigación

Este procedimiento es utilizado para analizar comparaciones múltiples de medias, para realizar esta prueba no es necesario realizar previamente la prueba f y que está resuelto significativamente; sin embargo es recomendable actuar esta prueba después de la prueba f hayan resultado significativamente, con el fin de evitar contradicciones entre ambas pruebas, la ventaja de estas pruebas consiste en el hecho que no necesita que el valor f sea significativo para usarlo.

En la prueba de DUNCAN según los datos que se muestran en la tabla anterior, los tratamientos se encuentran en tres categorías A,B,C los cuales estos muestran las agrupaciones que existen entre cada uno de los tratamiento, donde la categoría A agrupa al tratamiento cuatro con un promedio de 470,77 y el tratamiento tres con 441,85 granos por mazorca estos comparten por tener similitud de granos, en la categoría B agrupa los tratamientos tres y dos con 441,85 y 378,25 estos promedios son mayores con respecto al testigo el cual se

encuentra en la categoría C con un promedio de 213,37 respectivamente siendo este el de menor rendimiento.

Urbina, (1993) Señala que el rendimiento de las variedades está relacionado por su potencial genético, nutrición y factores ambientales (agua, luz, temperatura, Macros y micros nutrientes en el suelo, organismos vivos, pH del suelo y buenas prácticas agrícolas).

**Cuadro 13.** ANDEVA Quintales por Manzana

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	37953,038	3	12651,013	33,075	,000
Intra-grupos	39778,973	104	382,490		
Total	77732,011	107			

Fuente: Resultado de investigación.

ANOVA se define como un análisis de varianza pero en un sentido estricto, se trata de un análisis de suma de cuadrados medios, se trata por lo tanto, de una generalización de la prueba T para dos muestra independiente en caso de diseños con dos o más muestras .

En el cuadro 13 el análisis de ANDEVA para el indicador quintales por manzana en la finca Laderas de Apante muestra que existe diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados ya que es menor de 5%.

Si un análisis de varianza resulta significativo, implica que al menos una de las comparadas son significativamente son distinta entre sí, pero no se indica cuales, para identificarlas hay que comparar dos a dos las medias de todos los grupos introducidos en el análisis, debido a la inflación de error cuantas más

comparaciones se hagan más aumenta la probabilidad de encontrar diferencia significativa.

**Cuadro 14.**DUNCAN Quintales por Manzana

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1 (B)	2 (A)
1,00	27	17,07	
2,00	27		55,16
3,00	27		58,20
4,00	27		65,23
Sig.		1,000	,076

Fuente: Resultado de investigación.

Duncan es un proceso utilizado para realizar la comparación de rango múltiple de medias, este proceso se basa en la noción general de distribución, permite la separación de los tratamientos dependiendo de la homogeneidad de los datos y así dar diferente sub conjuntos en los tratamientos evaluados.

La separación de medias mediante DUNCAN agrupa los tratamientos en 2 sub conjuntos A, B, se refleja que para el sub conjunto A se encuentran agrupados los tres tratamientos por poseer similitud de productividad entre ellos. Aunque se aprecia diferencias aritméticas, estadísticamente se comportaron de igual manera. se encuentra el tratamiento 4, con la mayor producción con 65,23 qq/mz, luego tratamiento 3 con 58,20 qq/mz y el tratamiento 2 obtuvo 55,16 qq/mz en cambio en el subconjunto B se encuentra el tratamiento 1 (testigo) con 17,07 qq/Mz, lo cual presenta la menor productividad, en el segundo subconjunto.

Estos rendimientos se consideran bastante buenos para región agroecológica donde fue realizado la investigación; sin embargo hay que tener en cuenta que corresponden a la primera cosecha llevada a cabo después de un largo periodo de barbecho el cuál ha permitido recuperar la fertilidad del suelo.

**Cuadro 15.** ANDEVA Quintales por Hectáreas

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	76867,259	3	25622,420	32,731	,000
Intra-grupos	81413,841	104	782,825		
Total	158281,100	107			

Fuente: Resultados de investigación.

Tal como se muestra la cantidad de quintales por hectáreas para el experimento en la finca Laderas de Apante, mostro diferencia estadística significativa entre los tratamientos evaluados ya que es menor de 0,05% lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

Las mayores productividades se obtuvieron con la adición de cobertura en la respectivamente (2Tn/Ha, 4Tn/Ha, 6Tn/Ha) por ende permite concluir que es posible mantener el potencial productivo del suelo lo cual permite hacer más eficiente el uso de éste último.

**Cuadro 16.** DUNCAN Quintales por Hectáreas

Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1 (B)	2 (A)
1,00	27	23,78	
2,00	27		78,92
3,00	27		82,81
4,00	27		91,66
Sig.		1,000	,117

Fuente: Resultado de investigación.

La separación de medias mediante DUNCAN agrupa los tratamientos en dos subconjuntos A, B se refleja que en el subconjunto A se encuentran agrupados tres tratamientos por poseer similitud de productividad entre ellos, aunque se aprecia diferencias aritméticas, estadísticamente se comportaron de igual manera.

En el tratamiento 4, con la mayor producción con 91,66 qq/Ha, seguido tratamiento 3 con 82,81 qq/ha, luego el tratamiento 2 obtuvo 78,92 qq/Ha; y el, para el sub conjunto B se encuentra el tratamiento 1 (testigo) con 23,78 qq/Ha, lo cual presenta la menor productividad.

Estudios realizados por (Prager & Sanclemente, 2009) La más baja productividad de maíz se obtuvo en la parcela testigo 91,55 qq/Ha, el establecimiento del abono verde logra mejorar esta productividad en 17%, pero no difiere significativamente del testigo. Con la adición de compost al abono verde se logra un incremento significativo de la productividad del maíz, frente al testigo de 59% 145,4qq/Ha, En comparación al estudio realizado al adicionar mayor cantidad de cobertura el tratamiento 4, se obtuvo mayor rendimiento en 91,66 qq/Ha, sin embargo el testigo presento menor productividad con 23, 78 qq/Ha.

Los rendimientos productivos del cultivo de Maíz coinciden con estudios realizados por (Prager & Sanclemente, 2009) donde la parcela que se incorporó *Mucuna pruriens* se obtuvo un incremento significativo de la productividad del maíz a un 60% lo cual puede deberse la eliminación de factores de competencia y beneficio de cultivo(mayor humedad, menor vegetación espontanea), en comparación a los tratamientos evaluados se encontró mayor productividad en los tratamientos con cobertura siendo 4,3,2, al comparación del testigo.

## CAPITULO V

### 5.1. Conclusiones

En la variable propiedades físicas del suelo los indicadores densidad aparente humedad volumétrica y porosidad no concilian en cuanto a diferencia estadística significativa lo cual indica que el corto periodo de incorporación de la cobertura *Mucuna Pruriens* no hizo efecto en un periodo de cosecha, rechazándose la hipótesis alternativa.

Se acepta la hipótesis alternativa de la variable propiedades biológicas del suelo (Anélidos) ya que existe diferencia estadística al 0,05 en las diferentes cantidades de cobertura, por lo contrario se acepta la hipótesis nula en los indicadores Cocón y Gallina Ciega ya que no existe diferencia significativa.

Se rechaza la hipótesis alternativa en la variable propiedades químicas ya que no existe diferencia estadística significativa; debido al poco tiempo de incorporación de la cobertura los efectos son a largo plazo.

Se rechaza la hipótesis alternativa ya que no existe diferencia estadística entre los tratamientos en la variable pérdidas de suelo.

En la variable rendimiento productivo del maíz, existe diferencia estadística significativa menor de 0,05; obteniendo mejor resultado el Tratamiento cuatro con cantidad de 91 qq/Ha.



## 5.2. Recomendaciones

Al productor Carlos Hernández propietario de la finca Laderas de Apante la implementación del cultivo de cobertura *Mucuna pruriens* como una alternativa agroecológica para mejorar los suelos y por ende aumentar la productividad y obtener mejores rendimientos sin utilizar abonos sintéticos.

Se sugiere incorporar la cobertura *Mucna pruriens* antes de establecer los cultivos anuales y bianuales, para efecto de obtener mejores resultados en las propiedades física, química, biológica y productividad durante el ciclo de cultivo.

A los productores cosechar las semillas de la *Mucuna pruriens* para propagarla e implementar en los diferentes cultivo de ciclo corto, al igual en todas las épocas de siembra.

A personas interesadas en el tema de cultivos de cobertura, utilicen la cobertura asociándolos con los cultivos para erradicar las pérdidas de suelos por erosión y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas.

Realizar una línea de investigación acerca de las propiedades biológicas en el suelo con la incorporación de la cobertura *Mucuna pruriens*

Realizar estudios profundizados sobre *Mucuna pruriens* en la parte química del suelos en sus macro y micro elementos y conocer la disponibilidad para los cultivos.

### 5.3. Bibliografía

- Afolayan, O. y. (2012). Weed biomass and weed species diversity of juvenile citrus trees intercrop with some arabe crop. Injournal notulae scientia biologicae vol. 4(1), 131-136.
- Aguilar, j. (2012). Unica a esperanza para la soberania alimentaria y la resiliencia socioecologica.
- Aguilar, M. (2012). una esperanza para la soberania.
- Ahmad. (2012). Testosterone like activity of ethanolic and aqueos extracts of Mucuna Pruriens seeds and its effectson serum biochemical metabolitis in immaturemale rats. in pakistan veterinary journal. vol 32(1), 186-193.
- Aldana, L. C. (2013, Abril 23). Ciclo de fosforo en el suelo. Retrieved Febrero 22, 2018, from Ciclo del fosforo en el suelo: <http://www.tecnicoagricola.es/ciclo-del-fosforo-en-el-suelo/>
- Almeida. (2007). Viabilidad del proceso de biodigestion utilizando excreta bovina Tesis ingeniero Ambiental UNALM.LIMA-Peru , 24-33p.
- Altieri. (2012). Agroecologia: Unica esperanza para la soberania alimentaria y la resiliencia , 21p.
- Arteaga. (2009). El uso de sistemas de cultivo con plantas de coberturas en algunas comunidades del sureste mexicano , N°5:5-8.
- Blanchart. (2006). Long- term effect of a legume cover crop(Mucuna Pruriens) on the communities of soil macrofauna and nematofauna , under maize cultivation, in southern Benin. . in European journal soil biology No.42:, p173-178.
- Buckles. (2011). Extension campesino a campesino de los abonos verdes en las sierras de santa maria vera cruz centro internacional de mejoramiento de maiz .

- Bunch. (1994). La Mucuna en los sistema de agricultura de bajos insumos en suelos agricolas. kenia.
- Cabrera. (2015). Aporte al conocimiento de la microbiota fungica del suelo de la amazonia colombiana con enfasis en tres grupos funcionales, 352p.
- Camas. (2010). Efecto residual de la Mucuna sobre el rendimiento de maiz bajo diferentes sistemas de manejo .
- Cardenas. (2004). Los paortes nitrogeno en la agricultura. Revista chapingo seria horticola vol.10, N°2 p. 173-178.
- CIDICCO. (2003). Centro internacional de informacion sobre cultivos de cobertura catalogos de abono verde. Empleados por pequeños productores de los tropicos , N° 7.
- Cobo. (2008). Descoposition and nutrient release from intraspecific mixtures of legume plant materials. in journal communications in soil sciencie and plant analysis, N° 39: 616-625.
- Contreras. (1994). Influencia de la rotacion de cultivos y control de malezas sobre la dinamica de la malezas; el crecimiento, desarrollo y comportamiento del rendimiento del cultivo del maiz (*Zea Mays L*) Tesis de Ing. Agr. Managua, Nicaragua 60p.
- Crespo. (2011). Efecto del abono verde *Tithonia(T. diversifolia)* en el establecimiento y produccion de forraje de *P. purpureum* vc . Cuba CT - 169 algunas propiedades del suelo. En revista Cubana de ciencia agricola. vol 45(1): 79-82.
- Cuadra, L. (2010, Junio 02). El Nitrogeno y fosforo sus funciones el las propiedades del suelo. Retrieved Marzo 08, 2018, from El Nitrogeno y fosforo sus funciones en las propiedades del suelo: <http://www.tecnicoagricola.es/ciclo-del-fosforo-en-el-suelo/>
- Dinnes. (2002). Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils.in journal of agronomy, N°.94:153-171.

- Duarte, F. J. (2013). Potasio en el suelo. Retrieved Febrero 24, 2018, from Potasio en el suelo: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>
- FAO. (2014). Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. Informe del estado de suelos en el mundo.
- FAO. (2015). Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. Informe del estado de suelo en el mundo.
- FAO. (2016). Organizaion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion. Informe del estado del suelo en el mundo , N°8:23-25.
- Flores. (1991). El uso de frijol terciopelo *Mucuna Pruriens* en honduras para el control de la malezas y asociacion con maiz , N° 2-4p.
- Fosu. (2007). Mineralizacion de la biomasa *Mucuna Pruriens* y la dinamica de los agentes descomponedores , N°1-5p.
- Gomez. (2005). Evaluacion de especies en relevo de maiz para terrenos intermedios sobre manejo de suelos tropicales , N° 1-2.
- Gonzales. (2014). Fertilizantes edaficos y sus usos en la agricultura moderna para una mejor produccion agricola, N°5:2-4.
- Green. (1995). Residue decompositions effects on nitrogen availability corn following corn or soybean. in journal soil sciencie of america, N°.59:1065-1070.
- Gutierrez, N. (2008, Noviembre 04). organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion informe del estado el suelo en el mundo. sala de prensa ofician principal roma- italia. Retrieved Marzo 02, 2018, from <http://www.tecnicoagricola.es/ciclo-del-fosforo-en-el-suelo/>
- Hellin. (2015). Revision historica de lac conservacion de suelo atrves de innovaciones para un futuro mejor .
- Hernandez. (2004). Investigacion cuali- cuantitativa .

- Ibañez. (2007). Funciones de los organismos del suelo: La biota y fauna, N°5:34-35.
- Jaramillo. (2002). Introduccion a la ciencia del suelo Universidad nacional de colombia sede medellin , 3-7.
- Johnson. (1999). Efecto de los abonos verdes y coberturas en suelos donde se cultiva maiz (*Zea Mays L*) colombia.
- Jugernheimer. (1990). Variedades mejoradas metodos de cultivos y produccion de semilla. 4ta impresion, . Editorial Limusa S.A,Mexico D,F Mexico. 834p.
- Kadar. (2004). la mucuna en los sistemas de agricultura de bajos insumos externos en mesoamerica. leisa de agroecologia, 16-18.
- Kamidi. (1998). Effects of green manure legume on the yield of maize and beans in matunda farm trans zoia distrcit north rift Kenya, Agricultural research institute Kenia.
- Keller. (2010). propiedades fisicas de suelo. Revista agro sur volumen 38, 34-35p.
- Kessel, V. (1985). And hoben, h . enhanced n - transfer from a soybean to maize by vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi in journal plant physiology, N°79:562-563.
- Leon. (1998). Frijol terciopelo cultivo de cobertura en la agricultura chol del valle de tulipa.
- Lizano, A. A. (2017). Diferentes dosis de *Trichoderma asperellum* en el desarrollo y control de enfermedades fitopatógenas del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) Sébaco, Matagalpa segundo semestre del 2016. Matagalpa.
- Lopez, T., & Ruiz, J. (2017). Manejo Integrado de Moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en cacao (*Theobroma cacao L.*) y su impacto en el rendimiento en dos comunidades de Waslala durante el II semestre 2016. Matagalpa.
- Montenegro. (2006). Propiedades de la cobertura *Mucuna Pruriens* en los suelos agricolas de bogota, 813p.

- Mosquera, M. P. (2009). Efecto del cultivo de cobertura *Mucuna Pruriens* en algunas propiedades física ,química y biológica del suelo cultivado con Maiz (*zeas Mays L.*) en la zona de Laderas, del municipio de Palmira, Valle. Colombia.
- Nsiah. (2007). Evaluating sustainable and profitable cropping sequenses with cassava and four legume crops: effect on soil fertility and maize yield in the forest/savannah transitional agro-ecological zone of ghana, N° 103: 87-97.
- Pauli. (2011). Soil macrofauna in agricultural lands cape dominited by the quesungual slahs-and-mulch agroforesty system, western hondura. in journal applied soil ecology, N°.47:119-132.
- Prager. (2007). Las endomicorrizas: expresion bioedafica de impotancia en el tropico.Univerdad nacional de colombia sede de plamira.Facultad de ciencias agropecuarias.
- Prager. (2012). Abono verde.Tecnologia para el manejo agroecologico de los cultivos.En revista agroecologica, Murcia española., N° 7 53- 62.
- Prager, & Sanclemente. (2009). palmira valle del cauca, colombia: Efecto del cultivo de cobertura y abono verde,Publicado en la revista brasilera de agroecologia vol.4(2).
- Raudes. (2011). Conservacion de suelos programa de la gricultura sostenible en la laderas de america central PASOLAC. escuela agricola panamericana, el zamorano honduras, 75p ISBN: 1-7.
- Ruiz. (1997). efecto de *Mucuna* en el rendimiento de maiz en diferentes epocas del año en colombia cauca.
- Ruiz. (2009). Introduccion a la estadisticas y sus principios.
- Ruiz, A. (2013, Abril 20). El nitrogeno como un elemento. Retrieved Febrero 15, 2018, from El nitrogeno como un elemento: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>

- Sanchez. (2008). Tipos de cobertura utilizados en la conservacion de suelos y la ganaderia, N°4:3-5.
- Seguel, B. &. (2011). Efecto de la erosion en las propiedades del suelo. Revista AGROSUR volumen .39.
- Shoko. (2009). Mucunu Pruriens andf nitrogen management potions for sustainable maize production in a depleted kaolinitic sandy loam soil of zimbabwe. city colorado university of stellenbosch.
- Suarez, J. (2011). Investigaciòn cuantitativa, para el manejo adecuado de estudios documentales. Mexico.
- Taboada. (2008). Fertilidad fisica de los suelos Universidad de Buenos Aires, N° 6: 145-150.
- Tejada. (2007). Efecto de diferentes cantidades de fertilizantes en el cultivo de maiz en el valle de cauca colombia .
- Tellez Garcia, S., & Flores Duran, M. (2009, julio 22). Importancia del Nitrogeno en el Suelo. Retrieved Febrero 22, 2018, from Importancia de Nitrogeno en el suelo: <http://ecologiamicrobiana.blogspot.com/>
- Urbina. (1993). Evaluacion de hibridos de granos y amarillo de maiz (Zea Mays L) en ambientes de centroamerica , Mexico y le caribe .Informe ensayo regional de maiz PCCMCA 1992.PRN- CNGB. Managua, Nicaragua 60p.
- Vitousek. (2004). Nutrient cycling and limitation hawai i as model system .
- William. (2004). Cover crop root channels may alleviate soil compaction effets on soybean crop. journal soil sciencie society of america , N°.68:1403- 14089.
- Zea, B. (2004). Efectos de intercalar leguminosa a difernete fechas de siembras y dosis de fosforo sobre el rendimiento del maiz ( Zea Mays L).Centroamerica panama y el caribe.

ANEXO



**Anexo 1. Evaluación de la macro fauna encontrada en cada muestreo**

Bloque 1	Especies encontradas en cada muestreo			
	<i>Phyllophoga ssp</i>	<i>Cocón</i>	<i>Anélidos</i>	
T1				
T2				
T3				
T4				
Bloque 2				
T1				
T2				
T3				
T4				
Bloque 3				
T1				
T2				
T3				
T4				

## Anexo 2 Evaluación del rendimiento del Maíz

Bloque 1	Plantas muestreadas	Rendimiento en kg	Estimación en kg/Mz
T1			
T2			
T3			
T4			
Bloque2			
T1			
T2			
T3			
T4			
Bloque 3			
T1			
T2			
T3			
T4			

### Anexo 3. Operalización de variable

Objetivos específicos	Variable	Sub variable	Indicadores	Unidades	Método de verificación
Explicar el efecto de cobertura sobre las propiedades físicas del suelo	Parámetros físicos	Antes de cosecha Después de cosecha	Densidad aparente Porosidad Humedad volumétrica	Gr/cm <sup>3</sup> Porcentaje Porcentaje	Hojas de campo Procesamiento de datos Guía fotografía
Identificar los cambios de algunas propiedades biológicas del suelo.	Parámetros biológicos	Antes de cosecha Después de la cosecha	Diversidad biológica	Unidades	Hojas de campo Procesamiento de datos
Demostrar los cambios de algunas propiedades químicas del suelo.	Parámetros químicos	Después de la cosecha	Potencial ion hidrogeno del suelo (pH)	Porcentaje Unidad	
Calcular las pérdidas de suelo por erosión.		Antes de la cosecha Después de cosecha	Erosión	Ton/Ha	Hojas de campo Procesamiento de datos
Valorar el efecto de la cobertura sobre el rendimiento del cultivo de maíz ( <i>Zea Mays</i> ).	Rendimiento por unidad de área		Numero de hileras por mazorca Numero de granos por mazorca QQ/Mz QQ/Ha	Unidades Promedios	Hojas de campo Procesamiento de datos

#### Anexo 4. Producción en Rendimiento de maíz

Bloque N° 1							
T1	N° plantas	N° hileras	N° granos	T2	Plantas	N° Hileras	N° Granos
	1				1		
	2				2		
	3				3		
	4				4		
	5				5		
	6				6		
	7				7		
	8				8		
	9				9		

T3	N° plantas	N° hileras	N° granos	T4	plantas	N° hileras	N° granos
	1				1		
	2				2		
	3				3		
	4				4		
	5				5		
	6				6		
	7				7		
	8				8		
	9				9		

#### Anexo 4. Actividades realizadas en campo

Fecha	Actividad
09/09/17	Delimitación del área y limpieza
12/09/17	Aplicación de herbicida Glifosato 200cc/bomba
17/09/17	Siembra de maíz
05/10/17	Levantamiento de datos
08/10/17	Aplicación de fertilizante 12-24-12 y aporque
11/10/17	Realización de drenaje
15/10/17	Aplicación de cobertura ( <i>Mucuna pruriens</i> )
09/10/17	Limpieza del cultivo
29/10/17	Rotulación del experimento
30/10/17	Limpieza del cultivo
04/11/17	Aplicación de insecticidas cypermetrina
05/11/17	Limpieza del cultivo
18/01/18	Levantamiento de datos
11/02/18	Cosecha de maíz

## Anexo 5. Fotografías del experimento



Fotografía 1: Establecimiento de la parcela experimental.



Fotografía 2: Riego del cultivo de Maíz.



Fotografía 3: Variedad de Maíz NB-6



Fotografía 4: Diseño experimental



Fotografía 5. Incorporación d la cobertura



Fotografía 6. Pesaje de la cobertura *Mucuna pruriens*



Fotografía 7: Levantamiento de Muestra de suelo.



Fotografía 8: Pesaje de muestra de suelo.



Fotografía 9: conteo de granos en cada uno de los tratamientos.



Fotografía 10: Medidor de Humedad del Maíz.

