



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

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



TESIS

**MANEJO DE LEGUMINOSAS DE COBERTURAS CON
FINES DE CONSERVAR Y MEJORAR LAS PROPIEDADES
DE SUELOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
ANGEL MIGUEL GARCIA AREVALO**

**TARAPOTO - PERÚ
2012**

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



TESIS

**MANEJO DE LEGUMINOSAS DE COBERTURAS CON
FINES DE CONSERVAR Y MEJORAR LAS PROPIEDADES
DE SUELO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
ANGEL MIGUEL GARCIA AREVALO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**


Ing. M.Sc. Julio A. Ríos Ramírez
Presidente


Ing. Justo Germán Silva del Águila
Secretario


Ing. Roaldo López Fulca
Miembro


Ing. M.Sc. Javier Ormeño Luna
Asesor

DEDICATORIA

A mí adorada mamá Rosa Leny quien con su amor, cariño, comprensión e invaluable sacrificio, hicieron realidad el logro de mis metas.

A Mario y Víctor Rafael, mis hermanos del alma por su gran amistad apoyo moral e incondicional.

Para mí querida abuelita Laura Arévalo, por su amor, comprensión y aliento constante, que contribuyó para la culminación de mi carrera profesional.

A todos y cada uno de mis familiares por el cariño y los consejos durante el camino hacia el logro de mi carrera profesional.

Para mí querido y adorado papá Mario F. García Tananta que está en el cielo.

AGRADECIMIENTO

- El agradecimiento a todo el personal de la Universidad Nacional de San Martín, en especial a la Facultad de Agronomía, a los docentes que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Ing.M.sc. Javier Ormeño Luna, por tomar la responsabilidad de asesorar el presente trabajo.
- Al Ing. Enrique Arévalo Gardini, como coordinador general del Instituto de Cultivos Tropicales, al Ing. Luis Zúñiga Cernades coordinador de proyectos, y a la Srta. Lucinda Vela Vargas, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo de investigación en su prestigiosa institución.
- A los Ing. Rafael R. Robles Rodríguez y Ing. Manuel O. Grandez Bardales, por su amistad y sus consejos durante la ejecución de la presente tesis.
- A los Bachilleres José M. Bartra, Cristian R. Bartra y Matilde Vela Vargas por su apoyo incondicional para realizar este trabajo de investigación.
- A todo el personal que labora en el Instituto de Cultivos Tropicales quienes han contribuido de una u otra manera en el desarrollo de la presente tesis.

INDICE

	Páginas.
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
3.1 Descripciones Botánicas de las especies de Cobertura	3
3.2 Definiciones de Coberturas	7
3.3 Funciones de las Coberturas	8
3.4 Beneficios de las Coberturas	9
3.5 Desventajas de las Coberturas	11
3.6 Definición de Biomasa	12
3.7 Coberturas de Cultivos Industriales Perennes	13
3.8 Temperatura Física del Suelo y las Coberturas	13
3.9 Temperatura del Suelo y coberturas	17
3.10 Infiltración	18
3.11 Resistencia Mecánica del suelo	24
3.12 La Compactación	25
3.13 Densidad Aparente	26
3.14 Aporte nutricional	29
IV. MATERIALES Y METODOS	31
4.1 Ubicación del Campo Experimental	31
4.2 Historia del Campo Experimental	31
4.3 Características Edáficas	32
4.4 Características Climáticas	33
4.5 Diseño Experimental	34
4.6 Características del Campo Experimental	35
4.7 Parámetros del Experimento	35
V. RESULTADOS	41
5.1 APORTE DE BIOMASA	41

5.1.1	Materia Seca	41
5.1.2	Biomasa Aérea	42
5.1.3	Biomasa Radicular	44
5.1.4	Biomasa Total	45
5.2	Aporte de Nutrientes en las Especies Leguminosas	47
5.2.1	Nitrógeno	48
5.2.3	Fósforo	48
5.2.3	Potasio	50
5.2.4	Calcio	51
5.2.5	Magnesio	53
5.3	TEMPERATURA DEL SUELO	54
5.3.1	Profundidad a 15 cm	54
5.3.2	Profundidad a 30 cm	56
5.4	INFILTRACION DEL SUELO	59
5.4.1	Infiltración Básica	59
5.4.2	Velocidad de Infiltración	61
5.5	DENSIDAD APARENTE DEL SUELO	63
5.6	RESISTENCIA HORIZONTAL DEL SUELO	65
5.7	RESISTENCIA VERTICAL DEL SUELO	66
5.8	ANALISIS FISICO – QUIMICO DEL SUELO	68
VI.	DISCUSIÓN	69
6.1	Biomasa Aérea	69
6.2	Biomasa Radicular	69
6.3	Biomasa Total	69
6.4	Aporte de Nutrientes	71
6.5	Temperatura del Suelo	73
6.6	Infiltración del Suelo	73
6.7	Densidad Aparente	75
6.8	Resistencia Horizontal y Vertical	75

VII.	CONCLUSIONES	78
VIII.	RECOMENDACIONES	79
IX.	BIBLIOGRAFIA	80
	RESUMEN	
	SUMARRY	
	ANEXO	

Índice de cuadros

	Página
Cuadro1 : Beneficio de plantas de coberturas	9
Cuadro 2 : Clasificación de la resistencia mecánica de los suelos	26
Cuadro 3 : Clasificación de la densidad aparente del suelo	27
Cuadro 4 : Densidad aparente según la textura	28
Cuadro 5 : Datos meteorológico registrados	33
Cuadro 6 : Tratamiento en estudio	34
Cuadro 7 : Análisis de Varianza	35
Cuadro 8 : Materia seca kg/parcela de las leguminosas de coberturas	41
Cuadro 9 : Análisis de varianza de materia seca de las coberturas	41
Cuadro 10: Biomasa seca kg/ha de las fabáceas de coberturas	42
Cuadro 11: Análisis de varianza de biomasa aérea de las coberturas	42
Cuadro 12: Biomasa radicular kg/ha de las fabáceas de coberturas	44
Cuadro 13: Análisis de varianza de biomasa radicular de las coberturas	44
Cuadro 14: Biomasa Total kg/ha de las fabáceas de coberturas	45
Cuadro 15: Análisis de varianza de biomasa total de las coberturas	46
Cuadro 16: Aporte de nitrógeno kg/ha de las fabáceas de coberturas	47
Cuadro 17: Análisis de varianza de nitrógeno en las coberturas	47
Cuadro 18: Aporte de fosforo kg/ha de las fabáceas de coberturas	48
Cuadro 19: Análisis de varianza de fosforo en las coberturas	48
Cuadro 20: Aporte de potasio kg/ha de las fabáceas de coberturas	50
Cuadro 21: Análisis de varianza de potasio en las coberturas	50
Cuadro 22: Aporte de calcio kg/ha de las fabáceas de coberturas	51
Cuadro 23: Análisis de varianza de calcio en las coberturas	51
Cuadro 24: Aporte de magnesio kg/ha de las fabáceas de coberturas	53
Cuadro 25: Análisis de varianza de magnesio en las coberturas	53
Cuadro 26: Temperatura del suelo a 15 cm de las fabáceas de coberturas	54
Cuadro 27: Análisis de varianza de la temperatura del suelo	55
Cuadro 28: Temperatura del suelo a 30 cm de las fabáceas de coberturas	56
Cuadro 29: Análisis de varianza de la temperatura del suelo 30 cm	57
Cuadro 30: Infiltración básica del suelo en coberturas cm/h	59
Cuadro 31: Análisis de varianza de infiltración básica del suelo cm/h	59

Cuadro 32: Velocidad de infiltración del suelo cm/h	61
Cuadro 33: Análisis de varianza de velocidad de infiltración del suelo cm/h	61
Cuadro 34: Densidad aparente del suelo (0-5) kg/cm ³	61
Cuadro 35: Análisis de varianza de densidad aparente del suelo (0-5) kg/cm ³	63
Cuadro 36: Densidad aparente del suelo (0-20) kg/cm ³	63
Cuadro 37: Análisis de varianza de densidad aparente del suelo (0-20) kg/cm ³	64
Cuadro 38: Densidad aparente del suelo (20-40) kg/cm ³	64
Cuadro 39: Análisis de varianza de densidad aparente del suelo (20-40) kg/cm ³	64
Cuadro 40: Resistencia del suelo kg/cm ²	65
Cuadro 41: Análisis de varianza de resistencia horizontal del suelo kg/cm ²	65
Cuadro 42: Resistencia vertical del suelo kg/cm ²	66
Cuadro 43: Análisis de varianza de resistencia vertical del suelo kg/cm ²	66
Cuadro 44: Análisis físico – químico del suelo antes y después de la instalación	68

Índice de gráficos

	Página
Grafico1 : Croquis del campo experimental	34
Gráfico 2: Prueba de significancia de Duncan para materia seca	42
Grafico 3: Prueba de significancia de Duncan para biomasa aérea	43
Grafico 4: Prueba de significancia de Duncan para biomasa radicular	45
Grafico 5: Prueba de significancia de Duncan para biomasa total	46
Grafico 6: Prueba de significancia de Duncan de aporte de nitrógeno	48
Grafico 7: Prueba de significancia de Duncan de aporte de fosforo	49
Grafico 8: Prueba de significancia de Duncan para potasio	51
Grafico 9: Prueba de significancia de Duncan para calcio	52
Grafico 10: Prueba de significancia de Duncan para magnesio	54
Grafico 11: Prueba de significancia de Duncan para temperatura del suelo 15 cm	55
Grafico 12: Prueba de significancia de Duncan para temperatura del suelo 15 cm	56
Grafico 13. Prueba de significancia de Duncan para temperatura del suelo 30 cm	57
Grafico 14: Prueba de significancia de Duncan para temperatura del suelo 30 cm	58
Grafico 15: Prueba de significancia para la infiltración acumulada entre bloques	60
Grafico 16: Infiltración acumulada entre los diferentes coberturas	60
Grafico 17: Prueba de significancia para la velocidad de infiltración entre bloques	62
Grafico 18: Velocidad de infiltración entre las diferentes coberturas	62
Grafico 19: Prueba de significancia de la resistencia vertical del suelo en los diferentes bloques	67

I. INTRODUCCION

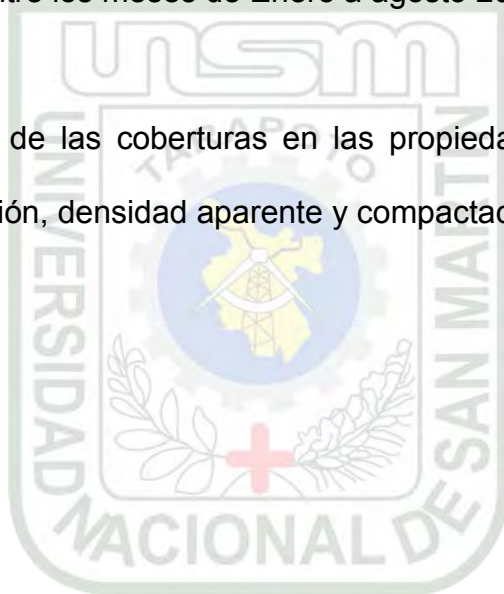
Las coberturas son aquellos restos o material que se utilizan; que se siembran para cubrir el suelo sin incorporar. Posteriormente pueden ser incorporados como abono verde. El término, cultivo de coberturas incluye plantas sembradas entre las hileras de huertos de frutales y cultivos industriales perennes para proteger la tierra de la erosión y lixiviación. Las plantas de coberturas o abonos verdes son de valor especial debido al nitrógeno que puedan aportar por medio del proceso de fijación de nitrógeno. Los cultivos de coberturas protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales por medio de sus raíces a la capa sub-superficiales conducidos a mas altas tasas de infiltración. Folorunso (1992)

En los sistemas agrícolas del trópico húmedo las abundantes lluvias y altas temperaturas son factores que contribuyen al empobrecimiento del suelo, debido primordialmente a su papel en la degradación y lavado de nutrientes. Este efecto se podría aliviar mediante la utilización de coberturas vivas asociadas con las plantas cultivadas como es el caso del cacao, café, plátano, de preferencia coberturas que aporten en forma permanente cantidades significativas de materia orgánica y que repongan el nitrógeno y otros nutrientes del suelo. Ewel (1986)

Un suelo descubierto, en relación a otro con cobertura vegetal tiene mayor evaporación en la superficie, bajo niveles de infiltración, mayor densidad, poros más pequeños, es susceptible a la erosión por agua y viento, tiene menores contenidos de materia orgánica y menos lombrices. Coombe y Dry (1992).

II. OBJETIVOS

- 2.1. Determinar el aporte de biomasa y nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) con cuatro coberturas de la especies leguminosas, en el Instituto de Cultivos Tropicales – Banda de Shilcayo entre los meses de Enero a agosto 2008
- 2.2. Determinar el efecto de las coberturas en las propiedades físicas del suelo: Temperatura, infiltración, densidad aparente y compactación.



III. REVISION BIBLIOGRÁFICA

3.1. Generalidades sobre cultivos de coberturas

3.1.1. Descripciones botánicas de las especies de coberturas

a) *Arachis pintoii*

a.1 Taxonomía



Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Fabales
Familia : Fabaceas
Género : *Arachis*
Especies : *Arachis pintoii*

Fuente : CIAT (2000)

a.2 Morfológica

Programa de Forrajes Tropicales (2000), menciona que es una planta herbácea perenne de crecimiento rastrero y estolonífero, tiene raíz pivotante, hojas alternas compuestas de cuatro folíolos, tallo ligeramente aplanado con entrenudos cortos y flor de color amarillo, posee folíolos aovados, pequeños, glabros y de color verde, presenta venas en las estípulas pero pocas cerdas sobre éstas en contraste con el primero, la flor en una corola en forma mariposada con un estandarte de color amarillo; alas igualmente amarillas; quilla puntiaguda, curvada y de color amarillo pálido. Las flores se originan de inflorescencias axilares en forma de espigas; la floración es

indeterminada y continua, la cual es mayor al comienzo de la época lluviosa o después de podas a la planta en períodos cortos de sequía.

b) *Centrocema macrocarpum*

b.1 Taxonomía

Reino : Plantae
División : Magnoliophyta
Clase : Magnoliopsida
Orden : Fabales
Familia : Fabaceas
Género : *Centrocema*
Especies : *Centrocema macrocarpum*
Fuente : Silva (2006)

The logo of the Universidad Nacional de San Martín is visible in the background. It features a central shield with a yellow sun, a blue gear, and a yellow map of Argentina. The shield is surrounded by a green border with the text 'UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN' and 'CERCA DE TUPAC KATIPATI'.

b.2 Morfológica

Silva (2006), menciona que esta leguminosa es perenne, trepadores y de hojas trifoliadas. Se diferencia de otros muy fácilmente por su flor de color blanco cremoso. Es común en áreas que están regenerando a bosque. Las hojas compuestas de tres folíolos lanceoladas de unos 7 cm. de largo. El pecíolo es cilíndrico, 2,5 cm. de largo. El pecíolo (el pecíolo de las hojas) mide 0,3 cm. El haz es color verde oscuro y liso. El envés es verde claro y tomentoso. La flor es muy característica ya que es resupinada (vuelta al revés con la quilla por el lado superior).

c) *Cannavalia ensiformis*

c.1 Taxonomía

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Fabales

Familia : Fabaceas

Género : *Cannavalia*

Especies : *Cannavalia ensiformis*

Fuente : Kumar (1977)

c.2 Morfológica

Kumar (1977), señala que tiene una altura 0,6 - 1m; raíces pivotantes; tallos poco ramificados, glabros, de color púrpura, hasta 10 m de largo, volviéndose duros en la madurez; hojas trifoliadas, foliolos grandes, ovados a elíptico-ovados, muy acuminados en el ápice, hasta 20 x 10 cm, glabros, verdes oscuros, brillantes, venas bien marcadas; inflorescencia colgante, hasta 30 cm de largo con 10-20 flores en abultamientos; flores grandes, 2,5 cm de largo, de color violáceo, rosado o blanco con base roja, cáliz tubuloso con los dientes muy desiguales, estandarte hasta 2,8 cm de largo, quilla recurvada hacia arriba; fruto hasta 30 x 3,5 cm, ensiforme, aplastado, algo recurvado, rostrado, con 2 o 3 costillas longitudinales cerca de la sutura superior, indehiscente; semillas 12-20, oblongas a redondas, algo aplastadas, 21 x 15 x 10 mm, lisas, blancas con un hilo largo de color café rodeado de una zona color castaño.

d) *Calopogonium mucunoides*

d.1 Taxonomía

Reino : Plantae

División : Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden : Fabales

Familia : Fabaceas

Género : *Calopogonium*

Especie : *Calopogonium mucunoides*

Fuente : Silva (2006)

d.2 Morfológica

Silva (2006); menciona que es originario de Centro y Suramérica y de las Indias Occidentales. Es una leguminosa perenne, de porte herbáceo, rastrera y trepadora envolvente y cubierta de pelos en las hojas, tallos y vainas. Las hojas son tres folíolos de forma elíptica u ovoide de 8 a 10 cm. de largo por 4 a 5 cm. de ancho. Flores pequeñas, de corola azul y mide de 7 a 10 mm de largo. Vainas con 5 a 8 semillas con 2 a 4 cm. de largo por 3 a 5 mm de ancho; recta o curva, cubierta densamente con pelos marrones. Las semillas son de color marrón oscuro o marrón amarillenta de 2 – 4 mm de largo por 2 a 3 mm de ancho.

3.1.2. Definición de coberturas

Los términos "cultivos de cobertura" y "abono verde" se han usado en el pasado como sinónimos; sin embargo, los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multi-propósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado Pound (2000).

Los cultivos de cobertura son claves para una exitosa inclusión en el sistemas agrícolas, pues presentan un rápido crecimiento, ser de fácil multiplicación, ser fáciles de controlar, presentar un excelente desarrollo de raíces y servir como mulch vivo; entre sus funciones están las de cubrir al suelo permanentemente, previniendo la erosión, controlar las malezas a través de la sombra o alelopatía, reducir la evaporación durante el ciclo del cultivo principal, eliminar las variaciones de la temperatura del suelo y favorecer la estructura del suelo, facilitar la infiltración del agua, mejorar la nutrición del cultivo incrementando la actividad biológica y la movilización de nutrientes, reciclar y extraer el agua y los nutrientes de profundidades mayores y adicionar nitrógeno al sistema por su relación simbiótica con bacterias fijadoras de nitrógeno Altieri (1997).

Los cultivos de cobertura permiten eliminar o reducir la remoción mecánica del suelo, presentándose como una alternativa para recuperar suelos de áreas tropicales húmedas que se encuentran sometidas a altas temperaturas, a un exceso de lluvia y meteorización, lo que resulta en una acidificación constante y baja fertilidad Gliessman (2002).

3.1.3. Funciones de las coberturas

Se pueden atribuir varias funciones a los cultivos de cobertura:

- Reducir costos, por el menor uso de insumos externos como fertilizantes, herbicidas, alimentos animales y mano de obra para el desmalezado
- Generar ingresos por la venta de semillas y forraje.
- Incrementar la productividad: disminuir periodo de cultivo principal ; incrementar la fertilidad del suelo; reducir competencia de malezas; incrementar filtración de agua; producción de alimentos para animales, producción para la alimentación humana
- Reducir la degradación de recursos naturales: reducir residuos de agroquímicos; reducir pérdidas de suelo por erosión; reducir deforestación y la pérdida de biodiversidad; reducir pérdidas de fertilidad por el quemado; mejorar infiltración de agua (y así reducir inundación y sedimentación).

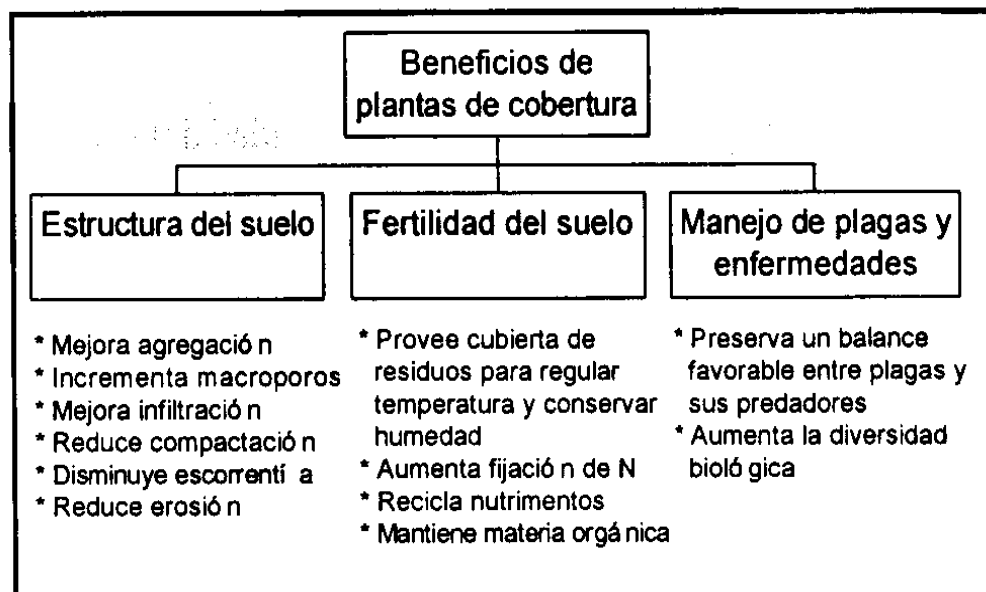
Pound (2000), menciona que dentro de las coberturas figuran:

- Reducción de la erosión porque protege el suelo del golpe de las gotas de lluvia, reduce la escorrentía e incrementa la infiltración del agua en el suelo.
- Incremento en la fertilidad del suelo por la fijación biológica de N_2 , reciclaje de nutrientes e incremento de la materia orgánica.
- Reducción de malezas y los costos de limpieza
- Reducción en las tareas de labranza.
- Incremento en la disponibilidad de agua para el cultivo, incrementando la capacidad de retención de agua por el suelo y reducción de la evaporación.
- Reducción de plagas y enfermedades.

3.1.4. Beneficio de las coberturas

Los cultivos de cobertura están caracterizados por sus amplias funciones y multi propósitos, así como conservación del suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado. El uso de las leguminosas de cobertura es otra alternativa determinante en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas del mundo, la necesidad de controlar la vegetación indeseable (malezas) en los campos agrícolas y conservar de la humedad del suelo. Las leguminosas de cobertura ayudan a controlar el crecimiento de malezas.

Cuadro 1: Beneficios de plantas de cobertura



FUENTE: Fujii, (1999)

Las leguminosas de cobertura ayudan a disminuir los costos, reduciendo la necesidad de aplicación de herbicidas químicos y/o disminuyendo la mano de obra utilizada en esos propósitos. Además, se ha demostrado que las leguminosas de cobertura, en plantaciones con cultivos reducen las pérdidas de nitrógeno por lixiviación hasta en un 60% y adicionalmente proveen una

serie de beneficios que favorecen el desarrollo de los cultivos, lo que a su vez influye en mejores rendimientos. Este principio puede ser aplicable tanto a pequeñas como grandes plantaciones. Duggar (1934)

Los cultivos con coberturas pueden proteger las plantas de los cultivos formando una barrera para las malezas y otras plagas originadas en el suelo Duggar (1934). Los cultivos con cobertura también crean una comunidad distinta que reduce los niveles de los insectos dañinos atrayendo enemigos naturales de las plagas o creando un ambiente en el cual las plagas encuentran dificultades para llegar a multiplicarse en las especies cultivadas. La mayor limitación que se encuentra para usar cultivos de cobertura vivos es la competencia por agua y nutrientes que conduce a menores rendimientos del cultivo comercial. Son necesarios enfoques imaginativos de manejo para aliviar el detrimento que causan los cultivos de cobertura y al mismo tiempo fortalecer los beneficios para el manejo de malezas y plagas. Fujii, (1999).

Estas plantas pueden ayudar a disminuir el uso de fertilizantes sintéticos. Los cultivos de cobertura protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales, por medio de sus raíces, a las capas sub-superficiales conduciendo a más altas tasas de infiltración y agregados más estables en agua. Se cita a la aireación mejorada del suelo como la causa de los efectos benéficos de *Calopogonium caeruleum* sobre las raíces de las plantas de goma. Sin embargo, bajo condiciones más secas, podría desarrollarse una competencia por agua y consecuentemente una cobertura viva podría ser menos benéfica que un mulch muerto. Fujii, (1999).

3.1.5. Desventajas de las coberturas

- Se necesita un manejo cuidadoso para prevenir la competencia entre el cultivo de cobertura y los cultivos asociados (por ejemplo, en el sistema mucuna/maíz, o en el sistema Kudzu tropical/palma aceitera). En casos extremos esto puede llevar a que el cultivo de cobertura sea clasificado como una maleza.
- Requerimientos altos de mano de obra para el establecimiento y el corte del cultivo de cobertura podría coincidir con actividades que demandan mano de obra.
- Los agricultores reclaman que los cultivos de cobertura atraen ratas y serpientes venenosas.
- Algunos cultivos de cobertura perennes se secan en la época seca, constituyéndose en un riesgo para incendios.
- A pesar de que los cultivos de cobertura deberían incrementar la infiltración de la lluvia al disminuir la velocidad del escurrimiento superficial, los agricultores también sostienen que pueden causar deslizamientos de la tierra si la precipitación es intensa en terrenos de alta pendiente. Buckles et al. (1992).
- Los cultivos de cobertura ocupan en parte o todo el año, tierra que podría ser utilizada para otros propósitos (por ejemplo, cultivos o producción ganadera).
- En algunas situaciones, el cultivo de cobertura podría contribuir a problemas de plagas o enfermedades en el cultivo principal. Por ejemplo, gandul/guandul (*Cajanus cajan*) y lupinos (*Lupinus angustifolius*) no deberían ser cultivados antes de la soya en el sur de Brasil debido a que ellos incrementan la probabilidad del cancro del tallo. En otros casos, podría haber el peligro de

que el cultivo de cobertura actúe como un huésped alternante a plagas insectiles.

- Ciertas especies podrían tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente, por ejemplo, la inhibición del crecimiento radicular de plantines de algodón por volátiles de la rizósfera producidos por cultivos de cobertura invernales Bradow y Connick (1988).
- Cultivos de cobertura no-leguminosas, que son incorporados como un abono verde, podrían tener suficientemente altas proporciones de C/N como para reducir la absorción de nitrógeno por el cultivo siguiente.
- Existen pocas coberturas que combinan buenas características de cobertura a la par que son un producto para la alimentación humana.

3.1.6. Definición de biomasa

La biomasa puede ser útil directamente como materia orgánica en forma de abono y tratamiento de suelos (por ejemplo, el uso de estiércol o de coberturas vegetales).

En la primera acepción, es la masa total de toda la materia que forma un organismo, una población o un ecosistema y tiende a mantenerse más o menos constante. Su medida es difícil en el caso de los ecosistemas. Por lo general, se da en unidades de masa por cada unidad de superficie. Es frecuente medir la materia seca (excluyendo el agua). En la pluvielva del Amazonas puede haber una biomasa de plantas de 1.100 toneladas por hectárea de tierra.

La biomasa procede de la energía solar. Las plantas transforman la energía radiante del Sol en energía química a través de la fotosíntesis, y parte de esa energía química queda almacenada en forma de materia orgánica. La energía química de la biomasa se recupera quemándola directamente o transformándola en combustible.

3.1.7. Coberturas de cultivos industriales perennes

Las coberturas en sistemas de plantaciones perennes está más ampliamente distribuido y reconocido que en los cultivos anuales. Se considera a Indonesia como el pionero en el uso de cultivos de cobertura en palma aceitera, cocos, plantaciones de caucho y sisal; en los cuales proporcionan un método de control de malezas (ahorra mano de obra), reducen la erosión del suelo y proveen nutrientes al suelo. En sistemas silvopastoriles, la cobertura podría también proveer forraje para el ganado y semillas forrajeras.

En otras regiones, donde la precipitación es escasa, se ha reportado la competencia por agua por cultivos de cobertura con un sistema radicular profundo. Cultivos de cobertura agresivos pueden reducir las reservas de humedad del suelo hasta una profundidad de 1m. La incorporación de los cultivos de cobertura como un abono verde también podría conducir a incrementos en rendimiento, por ejemplo, el incremento en la producción de copra en plantaciones pequeñas de cocos en Sri Lanka Liyanage et al (1988).

Las funciones de los cultivos de cobertura en sistemas perennes cambian durante el ciclo de desarrollo de los cultivos perennes. Durante la fase inicial

de establecimiento, los cultivos de cobertura pueden reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo, absorbiendo los nutrientes disponibles, los mismos que no son aun accesibles al sistema radicular parcialmente desarrollado de los perennes. En Bolivia, la asociación de *Arachis pintoii* y tembe (*Bactris gasipaes*) se encontró que era antagónica debido a la competencia por nutrientes, mientras que la asociación con un cultivo de cobertura con enrizamiento más profundo, como *Canavalia ensiformis*, parece ser satisfactorio Ciat/nri, (1997).

Numerosas referencias documentan el uso de cultivos de cobertura en cultivos perennes comerciales tales como duraznos Aibar et al, (1990), coco (Bourgoing, 1990; Juan y Ababa, 1980), banana (Cintra, 1988), palma aceitera (Chan y Hutaaruk, 1982; Lumbantobing et al 1984; Maskuddin, 1988; Renard et al, 1991, CIDDICO Carta No. 7, 1994), árbol de la goma (Erwiyono y Soekodarmodjo, 1989; Jayasighe, 1991; Kitamura y Miranda, 1989; Kothandaraman et al, 1989; Mathew et al, 1989; Sinulingga et al. (1989) y café (Oladokun, sin fecha). En el caso de cultivos perennes que forman una sombra densa después de cinco a seis años, como en el caso de la palma aceitera, el cultivo de cobertura es necesario solamente durante la fase de establecimiento. Para plantaciones más abiertas, tales como cítricos o mangos, el control de malezas será necesario durante toda la vida del cultivo.

Los cultivos de cobertura más comúnmente usados en plantaciones tropicales y subtropicales son *Pueraria phaseoloides* (Kudzu tropical), el cual se establece lentamente alcanzando una cobertura total del suelo después de 10

meses y deberán mantenerse los troncos de los árboles libres de esta leguminosa), *Desmodium ovalifolium* (el cual es tolerante a la sombra), *Arachis* sp., *Calapogonium* sp., *Mucuna pruriens*, *M. bracteata* y *Canavalia ensiformis*.

Cuando el cultivo de cobertura está remplazando a una maleza agresiva, podría requerirse un tratamiento inicial con herbicida Abad y Juan, (1980) y diferentes métodos de tratamientos requieren diferentes químicos, con sus costos económicos asociados.

Los cultivos de cobertura también son usados en plantaciones madereras. En Honduras, por ejemplo, CONSEFORH ha conducido ensayos de evaluación de diferentes especies de árboles maderables asociados con cultivos de cobertura.

El objetivo fue el de reducir los costos del manejo de la plantación por medio de la reducción en los requerimientos de mano de obra para el desmalezado. Un objetivo adicional fue el de mejorar la fertilidad del suelo para incrementar el desarrollo de los árboles. Especies como *Neonotonia wightii*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna spp* y *Dolichos spp*. Fueron establecidas bajo los árboles de pino (*Pinus caribaea*), Eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*) y *Bombacopsis quinata* Anderson et al; (1997).

La calidad del suelo es definido como la capacidad del suelo de funcionar dentro de los límites del ecosistema a sostener una productividad biológica, mantener la calidad del medio ambiente y promover la salud de las plantas y animales He, et al,(2003).

La calidad del suelo consiste de componentes físicos, químicos y biológicos. La textura, profundidad efectiva, infiltración, capacidad retentiva del agua son los atributos físicos de la calidad del suelo. Los componentes químicos de la calidad del suelo incluyen carbono orgánico total, pH, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo y potasio extractable. Los métodos más usados para medir los atributos físicos y químicos de la calidad del suelo están bien establecidos y disponibles en la mayoría de laboratorios de suelos He, et al (2003).

3.2. Efecto de la cobertura sobre las características físicas del suelo

3.2.1. Temperatura del suelo

Las propiedades térmicas del suelo dependen marcadamente de la humedad y la porosidad total. La diferencia de temperatura causa transferencia de energía cinética por medio de numerosas colisiones provocadas por el movimiento interno de las moléculas. La transferencia de energía siempre ocurre desde una zona caliente a otra fría. Thurston (1992).

Factores que determinan la conductividad térmica:

- Composición de la fase sólida
- Densidad Aparente
- Humedad
- Textura
- Estructura

La conductividad térmica es sensible no solamente a la composición volumétrica, sino también al tamaño, forma y arreglo espacial de las partículas del suelo. Un Suelo seco es mucho más fácil calentarlo que uno mojado Zeballos (2006). Esto es porque la energía requerida para aumentar la temperatura del agua en 1 °C es mucho más alta que la requerida para calentar el aire en 1°C. (7).

Ledesma, (1994), señala que el agua en el suelo juega un papel predominante en la transmisión de calor, no solo porque debido a su alto calor específico, igual a 1, amortigua los saltos térmicos cuya brusquedad es tan perjudicial para los cultivos, sino también por los procesos termodinámicos que ocasiona al cambiar de estado, desprendiendo calor en la condensación y en la evaporación, aparte del calor de difusión. No debe olvidarse que al llegar agua a un suelo seco aumenta gradualmente hasta alcanzar un máximo a partir del cual y como consecuencia de la disminución de la temperatura, el calor específico se hace alto, disminuyéndose por consecuencia de la difusividad.

3.2.2. Temperatura suelo y coberturas

Las temperaturas de suelo son más bajas bajo las coberturas en las regiones tropicales calientes mejoran la absorción del agua y son importantes en la conservación del suelo. Algunos autores citan que las coberturas redujeron las temperaturas en 2⁰C en los 10 cm es del suelo ante días calientes y en 5⁰C en las tardes Thurston, (1992).

Los residuos de los cultivos de cobertura sobre la superficie del suelo pueden reducir la temperatura máxima del suelo entre 2-5 °C y elevar la temperatura en 1 °C en los climas templados. Si bien es cierta la temperatura del suelo varía de acuerdo a la intensidad de la radiación, la humedad y el tipo de suelo, textura, porosidad Teasdale y Mohler, (1993).

La mayor diferencia se encuentra probablemente en las áreas tropicales o más secas del mundo. La mayoría de las semillas de malezas germinan dentro de un gran rango de temperaturas, por lo que una reducción de la temperatura máxima del suelo causada por los residuos generalmente tiene escasa influencia sobre la germinación. A causa de la disminución de la temperatura máxima y del aumento de la temperatura mínima del suelo, la amplitud de la temperatura diaria del suelo también se reduce por la cobertura de residuos. La amplitud de las altas temperaturas a menudo es necesaria para romper la latencia de las semillas de algunas especies de malezas y una reducción de la amplitud de la temperatura del suelo causada por la cobertura de residuos puede prevenir la germinación de las especies de malezas que tienen este requerimiento. Teasdale y Mohler, (1993).

3.2.3. Infiltración

La infiltración es el movimiento del agua de la superficie hacia el interior del suelo. La infiltración es un proceso de gran importancia económica, es vista por el ingeniero como un proceso de pérdida y por el agricultor como una ganancia del agua infiltrada se proveen casi todas las plantas terrestres y muchos animales; alimenta al agua subterránea y a la vez a la mayoría de las

corrientes en el período de estiaje; reduce las inundaciones y la erosión del suelo.

Es el parámetro que mejor califica el desempeño de los conservacionistas con relación a las pérdidas de suelo. Araujo et al, (2002). Se realizan varias réplicas de mediciones de infiltración, calculando la infiltración acumulada en una hora y velocidad infiltración final.

Mientras la velocidad de aporte de agua a la superficie del suelo sea menor que la infiltrabilidad, el agua ingresa tan rápidamente como es aportada y la velocidad de aporte determina el proceso de infiltración, el cual es controlado por el flujo. Sin embargo, una vez que la velocidad de aporte excede la infiltrabilidad del suelo, es esta última la que determina la velocidad de infiltración, de este modo todos los procesos son controlados por las características del perfil. Gurovich, (1985).

La velocidad de infiltración depende de muchos factores, como son el espesor de agua empleado para el riego o lluvia, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación, materia orgánica y actividades microbianas Gavande et al.(1972).

La conductividad hidráulica no solo depende del volumen de poros sino además de la continuidad de conducción Horn et al; (1994) lo que implica relaciones texturales, estructurales y biológicas; por otra parte la estabilidad de la estructura del suelo está sujeta a cambios por efecto de la alternancia de procesos de la humectación-deseccación. Silenzi et al; (1987) siendo la capa superficial más afectada.

Al respecto Ankeny et al. (1995), encontraron una disminución de la infiltración en el transcurso del tiempo y atribuyen gran incidencia al efecto del tránsito de maquinarias, como así también Gavande et al. (1972), menciona que la tasa o velocidad con que el agua entra en el suelo es una característica de cada suelo que puede ser alterada por el uso. Sobre este mismo tema Venialgo et al; (2001), manifiesta que los suelos que se incorporan para uso en agricultura, sufren profundas modificaciones en las propiedades físicas, que son las que tienen mayor influencia sobre la infiltración.

En conclusión, muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración, Vélez et al. (2002). Tampoco hay que olvidarse que la infiltración del agua posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada en una cuenca, dependiendo de su magnitud; lluvias de iguales intensidades pueden producir caudales diferentes, esto es de gran importancia práctica dado que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica, Ruiz et al. (2004).

a. Fases de la infiltración

- 1. Intercambio.** Se presenta en la parte superior del suelo, donde el agua puede retornar a la atmósfera por medio de la evaporación debido al movimiento capilar o por medio de la transpiración de las plantas.

2. **Transmisión.** Ocurre cuando la acción de la gravedad supera a la de la capilaridad y obliga al agua a deslizarse verticalmente hasta encontrar una capa impermeable.
3. **Circulación.** Se presenta cuando el agua se acumula en el subsuelo debido a la presencia de una capa impermeable y empieza a circular por la acción de la gravedad, obedeciendo las leyes del escurrimiento subterráneo.

b. Factores que intervienen en la capacidad de infiltración

1. **Tipo de suelo.-** Entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración.
2. **Grado de humedad del suelo.-** La infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco.
3. **Presencia de sustancias coloidales.-** Casi todos los suelos contienen coloides. La hidratación de los coloides aumenta su tamaño y reduce el espacio para la infiltración del agua.
4. **Acción de la precipitación sobre el suelo.-** El agua de lluvia al chocar con el suelo facilita la compactación de su superficie disminuyendo la capacidad de infiltración; por otra parte, el agua transporta materiales finos que tienden a disminuir la porosidad de la superficie del suelo, humedece la superficie, saturando los horizontes más próximos a la misma, lo que aumenta la resistencia a la penetración del agua y actúa sobre las partículas de sustancias coloidales que, como se dijo, reducen la dimensión de los espacios intergranulares. La intensidad de esta acción varía con la granulometría de los suelos, y la presencia de vegetación la atenúa o elimina.

5. Cubierta vegetal.- Con una cubierta vegetal natural aumenta la capacidad de infiltración y en caso de terreno cultivado, depende del tratamiento que se le dé al suelo.

La cubierta vegetal densa favorece la infiltración y dificulta el escurrimiento superficial del agua. Una vez que la lluvia cesa, la humedad del suelo es retirada a través de las raíces, aumentando la capacidad de infiltración para próximas precipitaciones.

6. Acción del hombre y de los animales.- El suelo virgen tiene una estructura favorable para la infiltración, alto contenido de materia orgánica y mayor tamaño de los poros. Si el uso de la tierra tiene buen manejo y se aproxima a las condiciones citadas, se favorecerá el proceso de la infiltración, en caso contrario, cuando la tierra está sometida a un uso intensivo por animales o sujeto al paso constante de vehículos, la superficie se compacta y se vuelve impermeable.

7. Temperatura.- Las temperaturas bajas dificultan la infiltración.

La importancia de la materia orgánica en el suelo está entre otras dada por su influencia en la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación que tiene con las arcillas, esta asociación incrementa la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua Ortiz, (1990).

Otro aspecto es la cobertura vegetal, y al respecto, Freebairn y Gupta (1990), establecieron que tiene una gran incidencia en las tasas de infiltración observadas en comparación a distintas formas de laboreo en los tratamientos sin cubierta.

Los distintos manejos que se le imponen al suelo modifican a estos factores y por ende las labranzas modifican la velocidad de entrada de agua al perfil de suelo. Cuando las labranzas modifican la distribución del tamaño de los poros, en la capa arable, se produce un incremento en la capacidad del suelo para retener agua a bajas succiones, lo que hace que incremente la infiltración, por debajo de la capa arable la capacidad de retención de agua es menor por lo que hace disminuir la infiltración, esto es debido a los cambios en la geometría del espacio poroso (compactación, piso de arado) inducidos por las labranzas Pla Sentis. (1994).

Como así también Gavande et al. (1972), menciona que la tasa o velocidad con que el agua entra en el suelo es una característica de cada suelo que puede ser alterada por el uso. Sobre este mismo tema Venialgo et al; (2001) manifiesta que los suelos que se incorporan para uso en agricultura, sufren profundas modificaciones en las propiedades físicas, que son las que tienen mayor influencia sobre la infiltración.

La aplicación a campo de la técnica del anillo simple de carga instantánea requiere solamente un pequeño anillo y pequeño volumen de agua y un cronómetro para establecer el tiempo en que infiltra el agua Bagarello et al. (2004).

El conocimiento de las condiciones de infiltración centra, su importancia en el manejo del agua en la agricultura y la conservación del recurso suelo. Por otra parte la velocidad de infiltración determina la cantidad de agua de

escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. En casi todos los métodos de riego la velocidad de entrada de agua al suelo determina los tiempos de riego, los caudales a aplicar y los diseños de los sistemas en cuanto al tamaño de las unidades superficiales y los caudales a utilizar.

3.2.4. Resistencia mecánica de los suelos

La resistencia mecánica está dada por la fuerza que oponen los suelos a la penetración de un objeto punzante; esta fuerza se expresa en kg/cm^2 .

Las actividades agrícolas, tales como preparación del suelo, el laboreo, el establecimiento de sistema de riego y drenaje, la cosecha mecanizada, etc., están muy relacionadas con las propiedades físico- químicas del suelo, por lo tanto debe dominarse bien como se manifiestan éstas con el uso intensivo del suelo Cairo, (1995).

El suelo presenta una resistencia a la deformación, tanto a la compresión volumétrica como a la de formación lineal. Para un contenido de humedad dado, por lo general ambos tipos de resistencias a la deformación aumenta con la capacidad y con la densidad aparente. Al aumentar el contenido de humedad un suelo será más susceptible a la deformación, de ahí la mayor vulnerabilidad a la compactación en suelos húmedos Porta et al. (1999).

a) Resistencia a la penetración

Es un buen índice para evaluar problemas de restricción en el desarrollo radicular de las raíces de los cultivos, por la presencia de capas compactas

y/o baja porosidad. Esa resistencia no es propiedad particular del material, sino que es la suma de los efectos de diferentes características y propiedades, tales como densidad aparente, contenido de humedad, resistencia a la penetración y al corte, las cuales, a su vez, son consecuencia de la distribución del tamaño de partículas, de la estructura, y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo. Su determinación es sencilla, rápida, y puede hacerse directamente sobre el terreno, permitiendo así realizar un alto número de mediciones que contrarrestan el problema de variabilidad espacial Nacci y Pla; (1992).

b) La compactación

- Un incremento de la densidad aparente del suelo.
- Un empaquetamiento de las partículas más denso.
- Una disminución de la porosidad, especialmente en lo referente a los macro poros. Según Glins y Lipiec ;(1990).

c) Determinación de la resistencia mecánica

El penetrómetro de martillo es el equipo que se utiliza para medir la resistencia del suelo. Su principio de funcionamiento está basado en la determinación de la cantidad de impactos necesario para que la punta del penetrómetro se introduzca en el suelo a una profundidad determinada Cairo, (1995).

$$R_s = (N \cdot W \cdot H) / V \quad (V = A_P \cdot h)$$

Donde:

R_s = Resistencia para deformar un volumen determinado de suelo (N /m³)

N = Número de impacto dado para penetrar a profundidad h.

W = Peso del martillo (N)

H = Recorrido libre del martillo.

V = Volumen de suelo deformado (m³)

Ap = Área de la punta de la varilla (m²)

h = Profundidad penetrada en el suelo (m).

Cuadro 2: Clasificación de la resistencia mecánica de los suelos

Unidad de resistencia (kg/cm ²)	Dureza del suelo
< 10	Suelos muy suaves
10 – 40	Suelos suaves
40 – 80	Suelos duros
80 – 120	Suelos muy duros
> 120	Suelos extremadamente duros

Fuente: Cairo (1995)

3.2.5. Densidad aparente

La determinación de la densidad aparente tiene un valor extraordinario para conocer el estado físico del suelo, ya que refleja el comportamiento dinámico de la estructura y la porosidad debido a que varía por la acción de agentes externos e internos como por ejemplo la compactación y la dispersión de las partículas respectivamente Foth. (1987).

Se define como la relación entre la masa secado (Pss) al horno de las partículas de suelo y el volumen total (Vt), incluyendo el espacio poroso que ocupan, a través de la ecuación, Forsythe. (1980).

$$Da = Pss / Vt \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Cuadro 3: Clasificación de la densidad aparente en los suelos

Unidad de la (Da) g/cm ³	Clasificación
<1.0	Muy bajo
1.0 - 1.2	Bajo
1.2 - 1.45	Medio
1.45 - 1.60	Alto
>1.60	Muy alta

Fuente: Cairo. (1995).

Factores que afectan la densidad aparente de los suelos

- **Estructura.** La granulación en los suelos tiende a aumentar el espacio poroso y por tanto disminuye en la densidad aparente. Como las condiciones estructurales son malas en los suelos, se facilitan las condiciones de compactación de los horizontes, con la consecuente reducción del espacio poroso.
- **Textura.** La textura de los suelos es una de las propiedades que afectan directamente a la densidad aparente (tabla 6) y está estrechamente relacionada a ella.

Cuadro 4: Densidad aparente según la textura

Textura	Densidad aparente (g/cm³)
Arenas	1.6 a 1.7
Francos	1.3 a 1.4
Arcillas	1.0 a 1.2
Suelos orgánicos	0.7 a 1.0

Fuente: Pritchett. (1990)

- **Compactación.** A medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente.
- **Materia orgánica.** La materia orgánica influye al facilitar y elevar la granulación de la estructura de los suelos, aumentando la porosidad y disminuyendo la densidad aparente. Según Pritchett; (1990),

Según Moreno;(2002) la densidad del suelo es significativamente por la humedad a la cual se realiza la determinación, por lo que no la incluye entre indicadores propuestos para medir la degradación física, sin embargo, plantea que donde la densidad del suelo es limitante si se encuentra por encima de 1.25 Mg/m³.

Por otra parte, la densidad del suelo es considerada un atributo negativo, ya que la alta densidad limita la porosidad y, subsecuentemente, el movimiento del agua y el desarrollo de las raíces. Una baja relación de estratificación puede reflejar el mejoramiento de la calidad del suelo Franzluebbbers;(2002)

3.2.6. Aportes nutricionales del suelo

Los abonos verdes son cultivos destinados a ser incorporados al suelo, con una serie de objetivos como son, la mejora de la fertilidad y estructura de los suelos, la incorporación de N en caso de que este abono verde sea una leguminosa, y la protección del suelo contra el riesgo de erosión. Estos cultivos se realizan habitualmente en el periodo de tiempo entre dos cultivos, por ejemplo entre la cosecha de un cultivo de verano y la siembra de uno de primavera para aprovechar las lluvias otoñales. También se realizan cultivos como abono verde en los pasillos de los cultivos perennes, como la viña, el olivar y los frutales. Desde un punto de vista estrictamente nutritivo, los abonos verdes no aportan al cultivo siguiente nada más que nitrógeno en caso de que éste sea una leguminosa. Las necesidades en fósforo y potasio del cultivo siguiente tendrán que ser aportadas por otras vías, por ejemplo con fertilizantes minerales aptos para agricultura ecológica. Las especies más utilizadas para los abonos verdes son las leguminosas (tréboles, altramuz, arveja, guisante forrajero), las gramíneas (normalmente en asociación con las leguminosas) y las crucíferas (capaces de desarrollarse rápidamente y producir gran cantidad de materia seca).

De la buena fertilidad de los suelos, depende la obtención de una buena cosecha. Un suelo fértil es un suelo sano y por ende sinónimo de una sana y abundante producción. La aplicación de abonos orgánicos es una alternativa para poder recuperar la fertilidad del suelo ya que los microorganismos que poseen, realizan un importante trabajo el descomponer las sustancias

orgánicas y convertirlas en minerales, los cuales pueden ser asimilados por las plantas durante su ciclo productivo. Rivas y Arends, (1990).



IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación del campo experimental

El trabajo de investigación, se realizó en los meses de Enero a Agosto del 2008, en la Estación Experimental “El Choclino”, perteneciente al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), que se encuentra ubicado a 4 Km, de Tarapoto, en el sector alto “Choclino”, Distrito de la Banda de Shilcayo y Región San Martín, cuya ubicación es:

a) Ubicación Geográfica

Latitud Sur : 06° 28' 37,3"

Longitud Oeste : 76° 19' 54,6"

Altitud : 504 msnm

b) Ubicación Política

Sector : Choclino

Distrito : Banda de Shilcayo.

Provincia : San Martín.

Departamento : San Martín.

4.1.2. Historia del campo experimental

La estación experimental “El Choclino” inició sus trabajos a partir de marzo del 2004, a través de la instalación de diferentes sistemas de manejo del cultivo de cacao con la finalidad de fortalecer y reforzar la investigación en este cultivo, sobre el manejo del stress de factores bióticos y abióticos. La preparación del terreno empezó en Julio del 2004, cuando se realizó la quema del material vegetal existente. Las coberturas se establecieron entre 23 de

Noviembre y 08 de Diciembre del 2004 utilizando distanciamientos de 0.50 m x 0.50 m con una densidad de 4 a 6 Kg/hade semilla. No se realizó ninguna aplicación de enmienda química u orgánica, limitándose a labores culturales de deshierbos manuales (cada 2 meses). El sistema de manejo con coberturas tiene una superficie de 1.0 ha, que se encuentran instaladas las coberturas con *Arachis pintoii*, *Centrosema macrocarpum*, *Cannavalia ensiformis*, *Callisia repens*, *Calopogonium muconoides* y dos testigos sin cobertura, uno con fertilización nitrogenada y otro sin fertilización, en un diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones. Las parcelas fueron de 48 m de largo por 10 m de ancho. El terreno cuenta con 10% de pendiente y es un suelo inceptisoles degradado con predominancia de la maleza *Pteridium aquilinum* (Helecho) que habita suelos ácidos. Para este trabajo se uso las cuatro coberturas (*Arachis pintoii*, *Centrosema macrocarpum*, *Cannavalia ensiformis*, *Calopogonium muconoides* y un Testigo (sin fertilizante).

4.1.3. Características edáficas

Existe variaciones de clase textural de Franco arenoso a franco arcillo arenoso, como consecuencia de una mayor predominancia de arena (56 – 72%); debido a una menor composición de arcilla, los tenores de CIC son significativamente menores a las áreas experimentales de los dos sistemas anteriores, encontrándose dentro del nivel bajo (4.0 a 11.5 meq/100 gr suelo), característico de suelos inceptisoles. Asimismo los valores de pH se encuentran clasificadas como fuertemente ácidas con valores que fluctúan de 4.4 – 5.0, lo cual tiende a repercutir significativamente en los valores de

materia orgánica, fósforo y potasio, que se encuentran en niveles bajos en todas las profundidades. La vegetación predominante en estos tipos de suelo es la shapumba (*Pteridium aquilinum*), que es considerado como una planta indicadora de suelos ácidos y degradados. En el Anexo N° 44 se detalla más acerca de las características edáficas de la parcela.

4.1.4. Características climáticas

El lugar donde se realizó el presente trabajo se encuentra ubicada dentro de la zona de vida de Bosque Seco Pre montano Tropical (bs – PT), según el sistema de clasificación de Holdridge, L.R

Los datos meteorológicos que se muestran en el Cuadro 5, es el promedio de ocho meses que duro el presente trabajo.

Cuadro 5: Datos meteorológicos registrados

Meses	Temperatura	Precipitación
	Media	Pluvial (mm)
Enero	25.90	50.00
Febrero	25.20	184.30
Marzo	24.70	125.60
Abril	25.00	75.13
Mayo	24.50	53.10
Junio	24.50	87.28
Julio	24.20	5.05
Agosto	26.30	118.31
Promedio	25.28	1205.70

Fuente: "Instituto de Cultivos Tropicales" 2008

4.2. Metodología

4.2.1. Diseño experimental

Es un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos correspondientes a cuatro coberturas de Leguminosas y una parcela desnuda, se detallan a continuación:

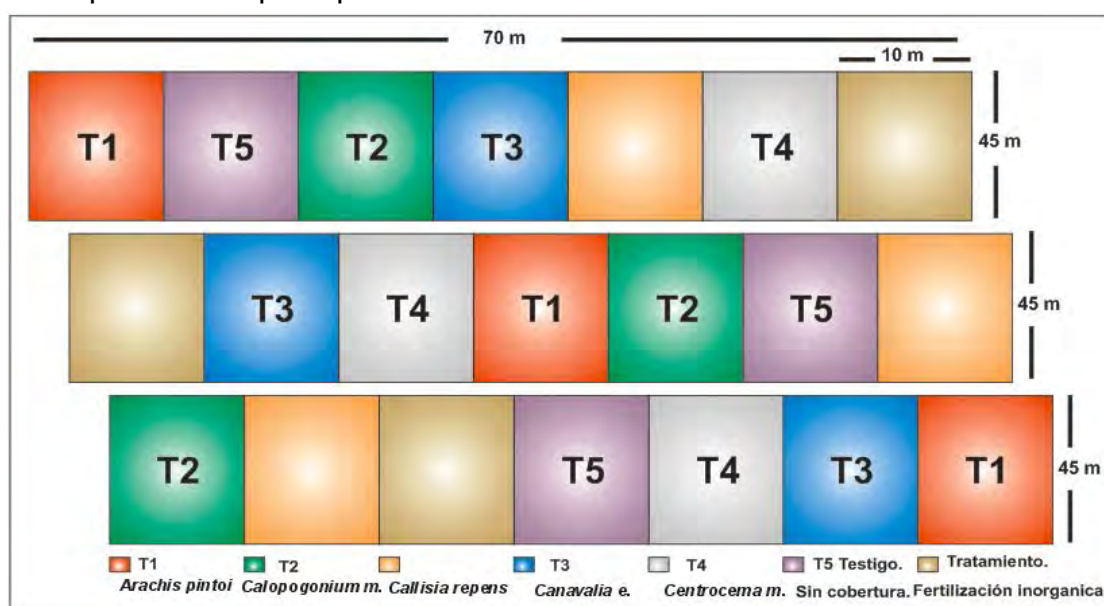
4.2.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se indican a continuación:

Cuadro 6: Tratamientos en estudio.

CLAVE	DESCRIPCIÓN
T ₁	<i>Arachis pintoi</i>
T ₂	<i>Cannavalia ensiformis</i>
T ₃	<i>Centrocema macrocarpum</i>
T ₄	<i>Calopogonium mucunoides</i>
T ₅	Testigo absoluto

Croquis del campo experimental



4.2.3. Análisis de varianza

Cuadro 7: Análisis de varianza

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad
Bloques (r - 1)	2
Tratamientos (t - 1)	3
Error (r - 1) (t - 1)	6
Total	11

4.2.4. Características del campo experimental

a) Campo experimental

- Largo : 76 m
- Ancho : 138 m
- Área Total : 10488 m²
- N° de repeticiones : 03
- N° de unid. Experimentales : 15

b) Unidad experimental

- Largo : 45 m
- Ancho : 10 m
- Área total : 450 m².

4.2.5. Parámetros del experimento

a) Evaluación de la biomasa de las coberturas

La evaluación consistió en lanzar un marco de madera de 25x25 cm para determinar el punto de muestreo, luego se puso la cuadrícula grande (1.0 x

1.0 m), y se cosecho (corte) la parte aérea de la cuadrícula, luego se procedió a poner en bolsas bien identificados y pesarlos y anotar en los formatos de evaluación (Anexo 10 - 11). En cada parcela se hizo tres puntos de muestreo. En el laboratorio se sacaron una submuestra por punto de cada cobertura (3 submuestra) haciendo un total de 36 submuestras, luego se peso en fresco las submuestras y se codifico para ser llevados a la estufa por 72⁰ C x 72 horas, al tercer día se saco las muestras secas para ser pesados.

Luego se saco la parte radicular que consistió en poner la cuadrícula de 25 x 25cm en la parte libre de la cuadrícula grande manteniendo la dirección del vértice, se saco una muestra de los primeros 10cm de profundidad del suelo, luego se seleccionó las raíces y se procedió a lavarlo, en el laboratorio se procedió a pesarlos, registrarlos y secarlos en estufa a 72⁰C x 72 horas.

b) Evaluación del aporte potencial de nutrientes de las coberturas

Para esta evaluación se desmenuzo las tres sub-muestras secas por coberturas, luego se homogenizó y se sacó una sola muestra, se codificó y se llevó a la estufa por 60⁰ C x 24 horas, luego se procedió a moler las muestras secas y se realizó el respectivos análisis foliar para ver el aporte potencial de nutrientes aporta cada cobertura (Anexo 12).

c) Evaluación de la temperatura del suelo de coberturas

La evaluación de la temperatura del suelo se utilizo los geotermómetros que se ubicaron en dos profundidades (15 cm. y 30 cm.), y se distribuyo en cada una de las coberturas se realizó tres veces al día, por las mañanas (7:00

a.m.), al medio día (12:00 p.m.), y por las tardes (5:00 p.m.), en tres días a la semana (lunes, miércoles y viernes). Las lecturas se promediaron y se compararon con la temperatura ambiental.

Los datos adquiridos en el campo se tomaron en los formatos elaborados de forma que se puedan anotar los detalles más resaltantes del trabajo. Estos datos se promediaron al finalizar cada mes, estas medias de cada mes se compararon para ver si la precipitación influenciaba en la temperatura del suelo y determinar cuál de las coberturas podía mantener menos temperatura, posteriormente se compararon el comportamiento de las diferentes coberturas evaluadas y se comparo con la temperatura del suelo que no tenía cobertura.

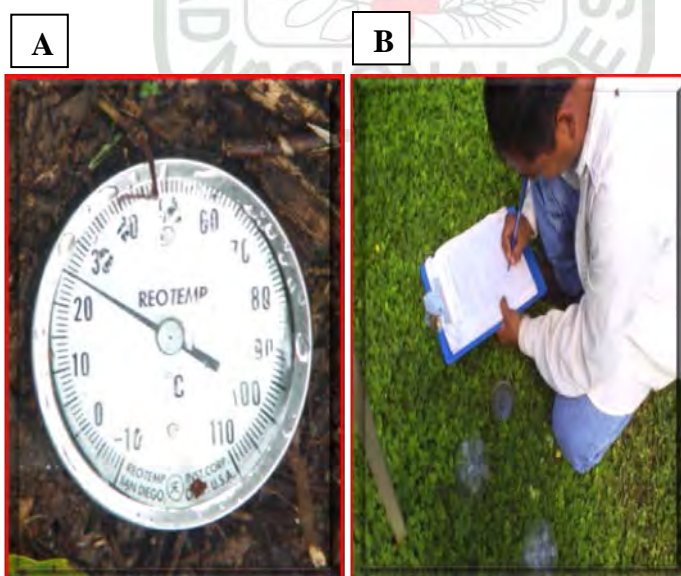


Imagen 01. A. Geotermómetro; **B** Evaluación de los geotermómetros.

d) Evaluación de infiltración en los suelos

Se marco el tamaño del cilindro grande, para luego con una tijera de podar cortamos la parte aérea (hoja) de las coberturas a evaluar, sin tocar el suelo. Luego con la ayuda de una comba y un palo se sumergió el cilindro grande a

una profundidad de 4 a 5 cm. aproximadamente, luego se colocó el cilindro pequeño al nivel del cilindro grande. Una vez realizado esto se procedió a echar agua al cilindro grande (wafer) hasta una altura determinada de 10 cm., luego se procedió a echar agua al cilindro pequeño hasta los 10 cm. y con la ayuda del cronometro se empezó a evaluar la velocidad de la infiltración. La evaluación consistió de 2 horas en cada punto, el tiempo determinado es: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 90, 105 y 120 min. En cada parcela se realizó su repetición dos puntos por parcela (Anexo 13).



Imagen 02. A. Introducción del cilindro; B Nivelación; C Añadiendo agua; D Realizando la evaluación.

e) Evaluación de la compactación de suelo

1. Densidad aparente

Se realizó la ubicación de los puntos de muestreo para luego empezar a limpiar las coberturas sin modificar o deteriorar el suelo, con ayuda de una pala se hizo una minicalcatas de 60 cm, de profundidad con 30 cm de

ancho. Luego se puso estacas cada 5 cm para diferenciar los niveles de profundidad (10, 30 y 50 cm). Luego se colocaron los cilindros pequeños 1 vertical y 3 horizontales hasta dejar al ras del suelo; se comenzó a extraer los cilindros con la muestra del suelo con un cuchillo enrazamos y sacamos las muestras del suelo e introducimos en un sobre Manila debidamente codificada. Pesamos las muestras del suelo y registramos en los formatos de evaluación (Anexo 15), para luego ser colocados en la estufa a 105 °C X 72 horas, al tercer día se sacaron las muestras secas se pesaron y se registraron.



Imagen 03. A. Poseo de minicalicatas; B Seleccionando niveles de profundidad

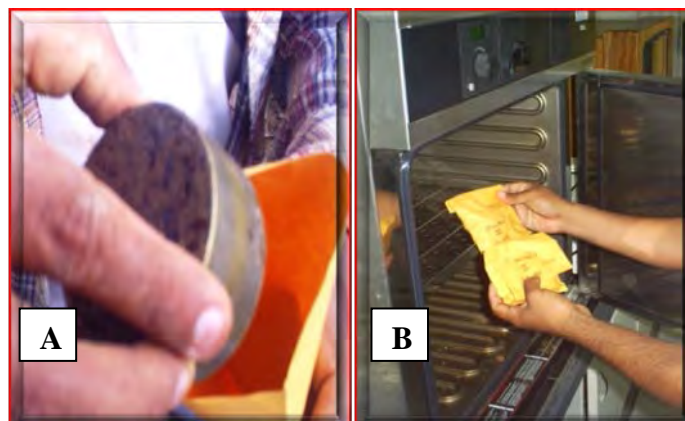


Imagen 04. A. Extracción de muestras; B Muestras en la estufa.

2. Resistencia a la penetración del suelo

Esta evaluación se realizó en la misma calicata, se utilizó un pocket portátil (pocket penetrometer), para cada nivel de profundidad se hizo dos mediciones tanto izquierda y derecha (5, 10, 15, 25, 30, 35, 45, 50 y 55 cm), esta evaluación se realizó en forma vertical y horizontal (anexo 14).



Imagen 05. A. Niveles de profundidad; B Medición con el pocket.

V. RESULTADOS

5.1. Matéria seca de la biomasa aérea

El rendimiento de materia seca (Biomasa aérea) de las cuatro leguminosas de cobertura, se presenta en el Cuadro:

Cuadro 8 : Matéria seca Kg/parcela de lãs leguminosas de coberturas

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	28.7	38.9	25.4	22.0	28.8
Block II	27.4	36.8	32.1	32.6	32.2
Block III	26.7	35.5	28.6	27.3	29.5
Promedio	27.6	37.1	28.7	27.3	30.2

Cuadro 9: Análisis de varianza de materia seca de las coberturas.

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	26.2	13.1	1.33	N.S.
Tram.	3	195.27	65.09	6.6	*
Error	6	59.17	9.86		
Total	11	280.64			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X 30.2 t/ha **R²:** 79 % **CV:** 10.41 %

El análisis de varianza (Cuadro 9) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques ($p = 0.333$), pero si diferencia significativa ($p = 0.025$) entre tratamientos, obteniendo una media de 30.2 t/ha, y un coeficiente de determinación (R^2) 79%, el cual nos indica que las fabaceas de coberturas son estadísticamente diferentes en cuanto al contenido de materia seca, con una variabilidad de 10.41%.

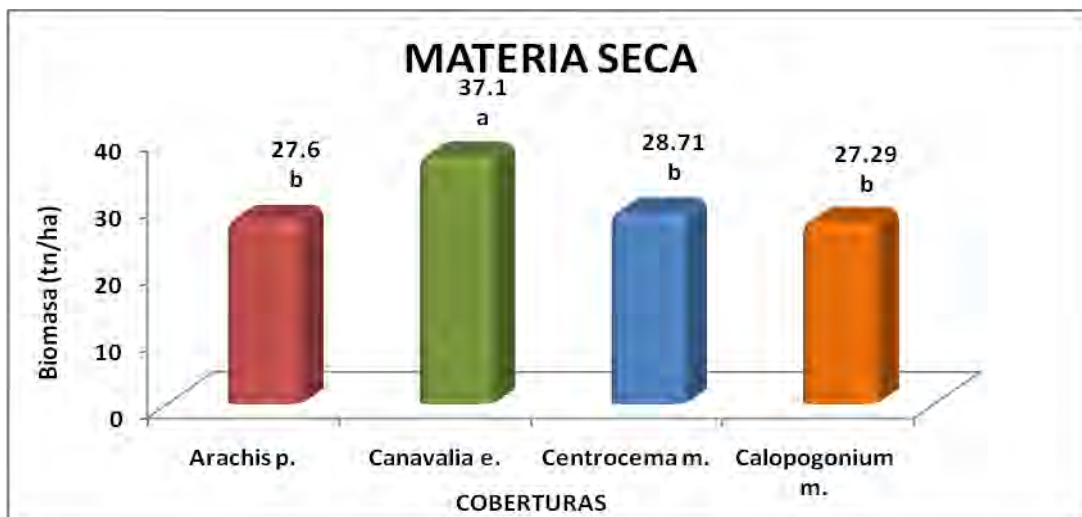


Grafico 2: Prueba de significancia de duncan para materia seca.

Los resultados de materia seca (MS) muestran que existen diferencias estadísticas significativas ($p = 0.025$), siendo *Canavalia ensiformis* con mayor rendimiento de MS ($37.1 \text{ tn} \cdot \text{ha}^{-1}$), con respecto a las otras leguminosas.

5.2 Biomasa aérea

A) Aporte de biomasa aérea

Cuadro 10: Biomasa aérea (Kg/Ha) de las fabaceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	5.1	4.2	6.8	4.1	5.0
Block II	5.0	3.5	10.2	3.7	5.6
Block III	3.2	6.4	8.3	3.3	5.3
Promedio	4.4	4.7	8.5	3.7	5.3

Cuadro 11: Análisis de varianza de biomasa aérea de las coberturas.

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	0.61	0.3	0.14	N.S.
Tram	3	41.14	13.71	6.47	*
Error	6	12.72	2.12		
Total	11	54.47			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 5.31 t/ha

R²: 77 %

CV: 27.41 %

El análisis de varianza (Cuadro 11) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques (p-valor = 0.8697) pero si entre tratamientos (p-valor = 0.0261); obteniendo una media de 5.31t/ha y un coeficiente de determinación (R²) con 77%, nos indica que las fabaceas de coberturas producen biomasa aérea en diferentes cantidades, son relevantes en cuanto al contenido de biomasa aérea, con una variabilidad de 27.41% entre las unidades experimentales.

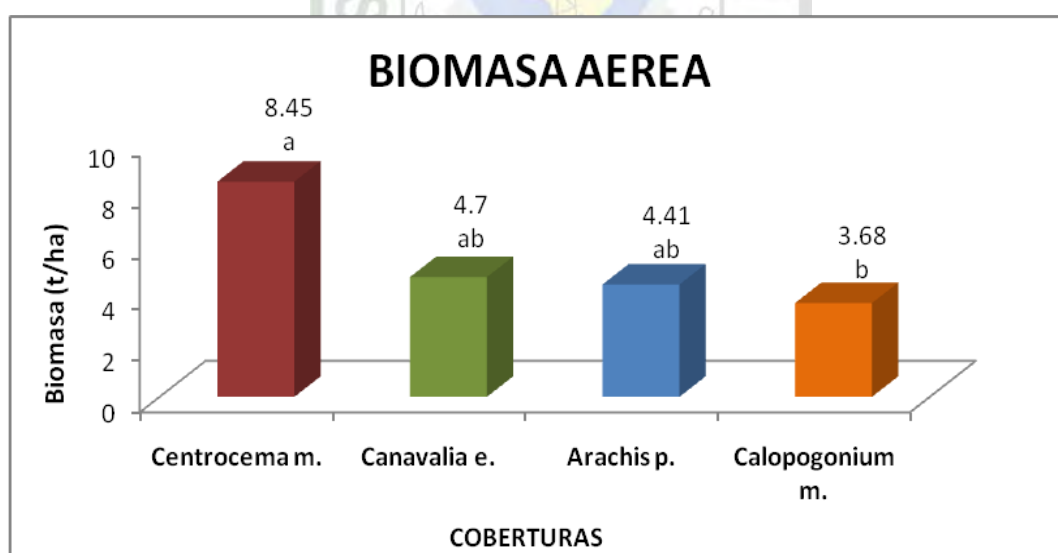


Gráfico 3: Prueba de significancia de duncan para biomasa aérea

En el gráfico 3, se presenta la prueba significación Duncan ($\alpha = 0.05$), de la característica biomasa aérea de las coberturas utilizadas, observándose que existe diferencia significativa del T3 (*C. macrocarpum*), con 8.45 tn ha⁻¹ de biomasa aérea frente a los demás tratamiento estudiados, además no existe diferencia estadística entre los tratamientos T2 (*C. ensiformis*), T1 (*A. pinto*), T4 (*C. muconoides*) con 4.7, 4.41 y 3.68 tn ha⁻¹ de biomasa aérea, respectivamente.

5.3 Biomasa radicular

B) Aporte de biomasa radicular

Cuadro 12: Biomasa radicular (Kg/Ha) de las fabaceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocrema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	2.4	0.5	1.3	0.8	1.3
Block II	2.3	0.5	1.0	0.8	1.2
Block III	2.4	0.9	2.6	1.0	1.7
Promedio	2.4	0.6	1.6	0.9	1.4

Cuadro 13: Análisis de varianza de biomasa radicular de las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	0.39	0.34	2.41	N.S.
Tram	3	5.64	1.88	13.21	**
Error	6	0.85	0.14		
Total	11	7.18			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 1.4 t/ha

R²: 88 %

C.V.: 27.24 %

El análisis de varianza (Cuadro 13) muestra que no existe diferencia significativa para efecto de bloques (p -valor = 0.1703), y significativo y altamente significativa entre tratamientos (p -valor = 0.0047), obteniendo una media de 1.4 t/ha y su coeficiente de determinación (R^2) con 88%, nos indica que las fabaceas de coberturas utilizadas son relevantes en cuanto al contenido de biomasa radicular, con una variabilidad de 27.24% entre las unidades experimentales.

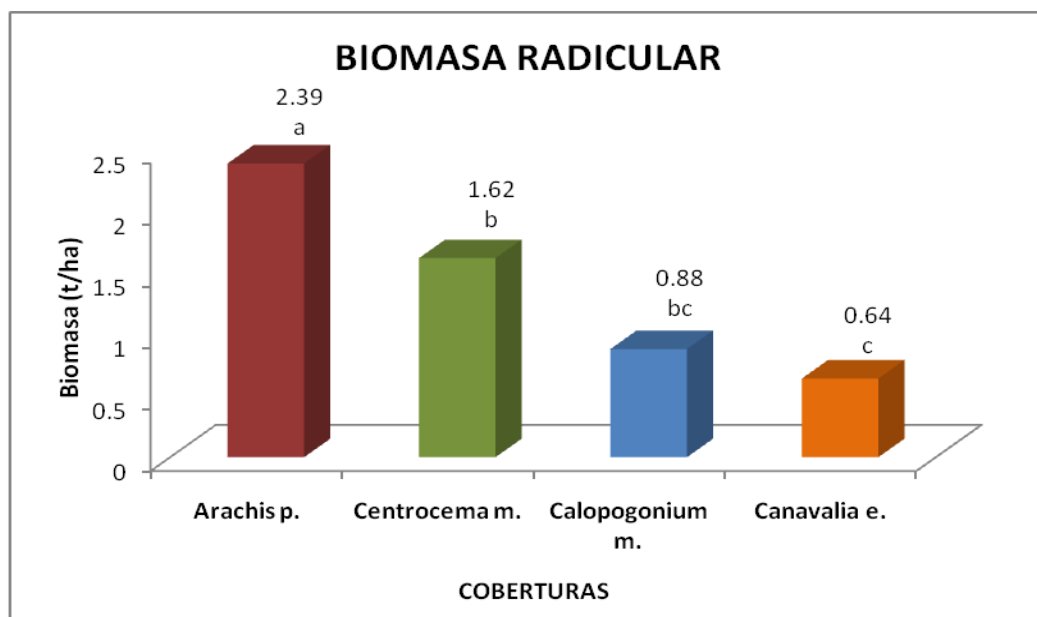


Grafico 4: Prueba de significancia de duncan para biomasa radicular

El grafico 4 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre características de biomasa radicular, se observa que el tratamiento T1 (*A. pintoii*), tiene mayor biomasa radicular (con 2.39 Ton.ha⁻¹), siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos. El tratamiento T3 (*C. macrocarpum*) ocupa el segundo lugar con 1.62 tn ha⁻¹, y finalmente los T4, T2 (*C. mucunoides*, *C. ensiformis*) obtienen los mas bajos contenidos de biomasa radicular con 88 y 0.64 tn.ha⁻¹ respectivamente.

5.4 Biomasa total

C) Aporte de biomasa total

Cuadro 14: Biomasa total (Kg/Ha) de las fabaceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	33.11	23.71	25.55	13.24	23.90
Block II	33.18	25.95	37.02	28.02	31.04
Block III	34.73	29.47	27.13	24.06	28.85
Promedio	33.67	26.38	29.90	21.77	27.93

Cuadro 15: Análisis de varianza de biomasa total de las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	0.86	0.43	0.19	NS
Tram	3	52.95	17.65	7.81	*
Error	6	13.56	2.26		
Total	11	67.37			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 27.93 t/ha

R²: 80 %

C.V.: 22.39 %

El análisis de varianza (Cuadro 15) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques (p -valor = 0.8321) y que existe diferencia significativa entre tratamientos (p -valor = 0.0171); obteniendo una media de 27.93 t/ha y un coeficiente de determinación (R^2) de 80%, nos indica que las fabaceas de coberturas son diferentes estadísticamente en cuanto al contenido total de biomasa, con una variabilidad de 22.39% entre las unidades experimentales

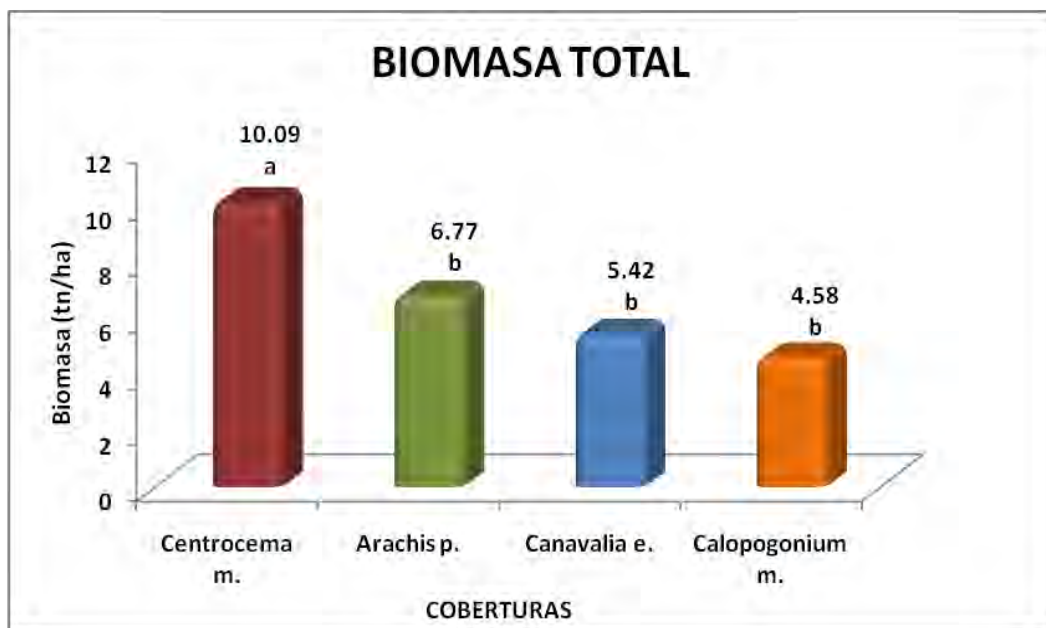


Grafico 5: Prueba de significancia de duncan para biomasa total

El gráfico 5 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre características de biomasa total, se observa que el tratamiento T3 (*C. macrorcarpum.*), tiene mayor biomasa total (con 10.09 tn ha⁻¹), siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos.

5.5. Aporte de nutrientes de las especies leguminosas

5.5.1 Nitrógeno

Cuadro 16: Aporte de nitrógeno (Kg/Ha) de las fabáceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	210.5	128.9	135.7	109.7	146.2
Block II	162.2	105.3	283.0	94.8	161.4
Block III	113.0	275.8	257.7	82.0	182.1
Promedio	161.9	170.0	225.5	95.5	163.2

Cuadro 17: Análisis de varianza de nitrógeno en las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	2605	1302	0.24	NS
Tram	3	25527	8509	1.59	NS
Error	6	32015	5336		
Total	11	60143			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 163.22 kg/ha

R²: 47 %

C.V.: 44.75 %

El análisis de varianza (Cuadro 17) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques (p -valor = 0.7908) y tampoco para tratamientos (p -valor = 0.2864); su coeficiente de determinación (R^2) con 47%, nos indica que las especies fabáceas no son relevantes en cuanto al aporte potencial de nitrógeno, con una variabilidad de 44.75% entre las unidades experimentales y una media de 163.22 kg/ha.

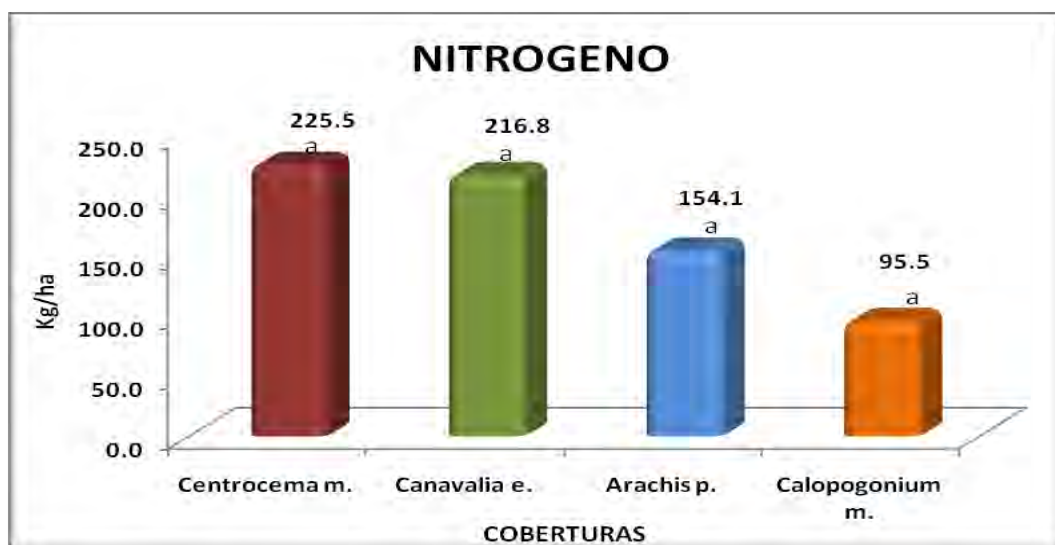


Grafico 6: Prueba de significancia de duncan de aporte de nitrógeno

El grafico 6 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre el aporte de nitrógeno no muestra evidencias estadísticas para asumir diferencias entre las coberturas aunque la cobertura *C. macrocarpum* mostró mayor aporte de N. ($225.47 \text{ kg ha}^{-1}$) que el resto de coberturas siendo *C. muconoides* con menor aporte (95.50 kg ha^{-1}).

5.5.2 Fosforo

Cuadro 18: Aporte de fosforo (Kg/Ha) de las fabaceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	9.0	9.0	7.3	7.8	8.3
Block II	8.0	6.7	13.5	3.2	7.8
Block III	6.1	18.2	12.1	3.0	9.9
Promedio	7.7	11.3	10.9	4.7	8.7

Cuadro 19: Análisis de varianza de fósforo en las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	8.99	4.5	0.25	NS
Tram	3	87.47	29.16	1.65	NS
Error	6	105.8	17.64		
Total	11	202.3			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 8.7 kg/ha

R²: 48 %

C.V.: 48.5%

El análisis de varianza (Cuadro 19) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques y tratamientos (p-valor = 0.7830 y 0.2745) respectivamente; obteniendo una media de 8.7 kg/ha y un coeficiente de determinación (R²) de 48%, nos indica que las especies fabáceas no son relevantes en cuanto al aporte potencial de fósforo, con una variabilidad de 48.5% entre las unidades experimentales



Grafico 7: Prueba de significancia de duncan de aporte de fósforo.

El grafico 7 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre el aporte de fósforo no muestra evidencias estadísticas para asumir diferencias entre las coberturas aunque la cobertura *C.ensiformis* mostró mayor aporte de P que el resto de coberturas (11.33 kg ha⁻¹) y *C. muconoides* con menor aporte (4.67 kg ha⁻¹).

5.5.3 Potasio

Cuadro 20: Aporte de potasio (Kg/Ha) de las fabaceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	127.8	64.7	83.2	89.6	91.3
Block II	120.9	59.8	201.0	35.2	104.3
Block III	92.5	121.1	176.6	40.1	107.6
Promedio	113.8	81.9	153.6	55.0	101.1

Cuadro 21: Análisis de varianza de potasio en las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	590.2	295.1	0.15	NS
Tram	3	16237	5412	2.71	NS
Error	6	11982	1997		
Total	11	28809			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 101.1 kg/ha **R²:** 58 % **C.V.:** 44.22%

El análisis de varianza (Cuadro 21) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques y tratamientos (p -valor = 0.8657 y 0.1380); su coeficiente de determinación (R^2) con 58%, nos indica que las especies fabaceas no son relevantes en cuanto al aporte potencial de potasio, con una media de 101.1 kg/ha y una variabilidad de 44.22% entre las unidades experimentales.

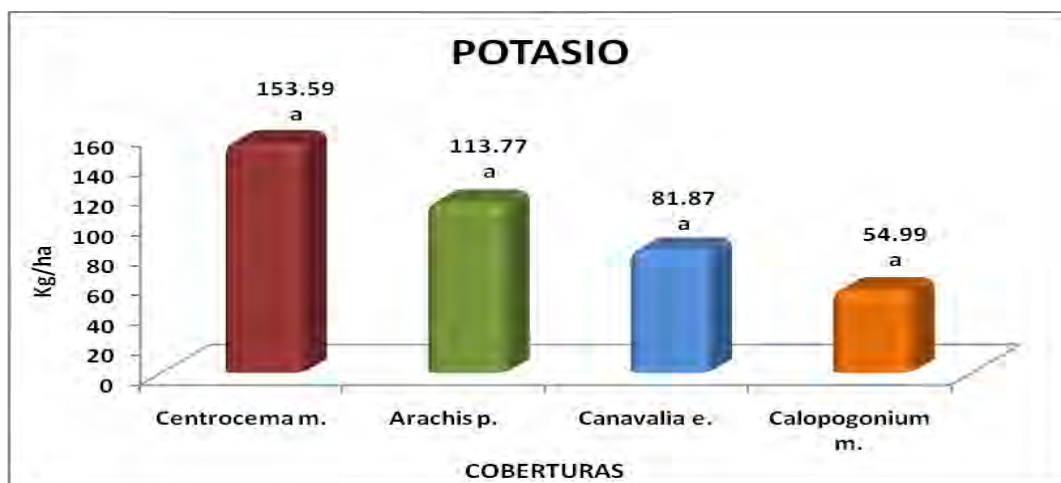


Grafico 8: Prueba de significancia de duncan para potasio

El grafico 8 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre el aporte de potasio muestra evidencias estadísticas para asumir diferencias entre las coberturas aunque la cobertura *C. macrocarpum* mostró mayor aporte de k que el resto de coberturas ($153.59 \text{ kg ha}^{-1}$) y *C. muconoides* con menor aporte (54.99 kg ha^{-1}).

5.5.4 Calcio

Cuadro 22: Aporte de calcio (Kg/Ha) de las fabaceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	99.2	71.7	125.2	73.5	92.4
Block II	120.9	64.2	166.2	60.1	102.8
Block III	74.3	116.7	189.7	57.8	109.6
Promedio	98.1	84.2	160.4	63.8	101.6

Cuadro 23: Análisis de varianza de calcio en las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	603.3	301.6	0.41	NS
Tram	3	15599	5200	7.12	*
Error	6	4384	730.7		
Total	11	20586			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 101.6 kg/ha

R²: 79 %

C.V.: 26.6 %

El análisis de varianza (Cuadro 23) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques (p-valor = 0.6792) y diferencia significativa entre tratamientos (p-valor = 0.0211); su coeficiente de determinación (R²) con 79%, nos indica que las fabaceas de coberturas son relevantes en cuanto al contenido total de biomasa, con una variabilidad de 26.6% entre las unidades experimentales y una media de 101.6 kg/ha.

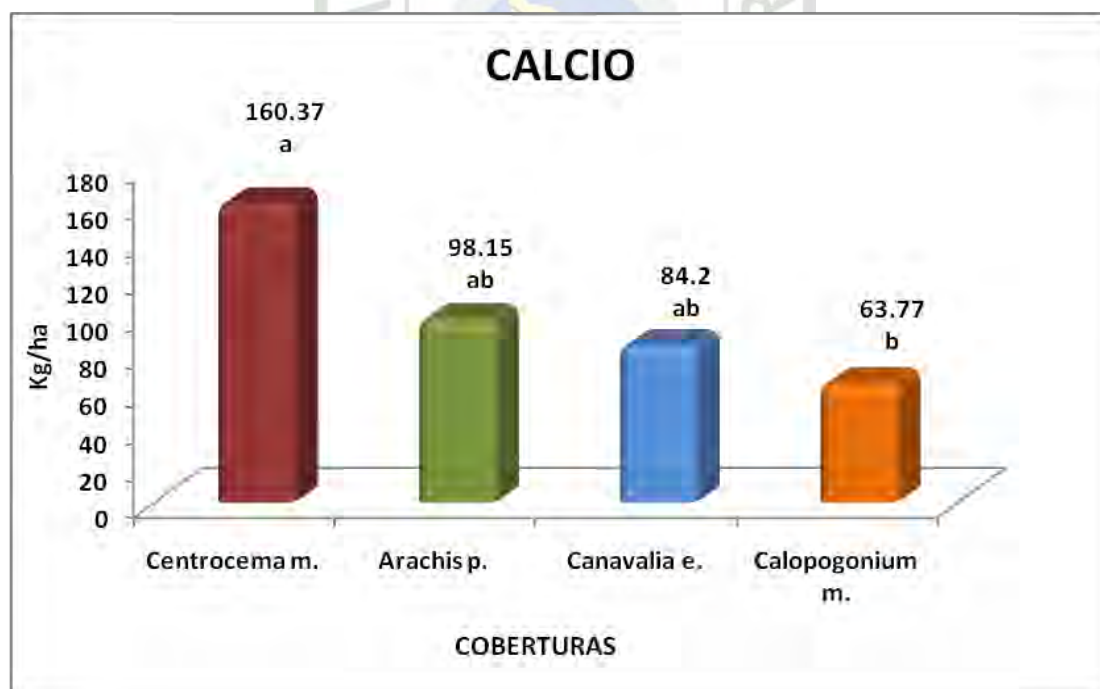


Grafico 9: Prueba de significancia de duncan para calcio

El grafico 9 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre el aporte de calcio donde se muestra evidencias estadísticas para asumir diferencias entre las coberturas; la cobertura *C. macrocarpum* mostró mayor aporte de Ca (160.37 kg ha⁻¹), el cual es estadísticamente diferente a los demás tratamientos y *C. muconoides* mostro un menor aporte de Ca con (63.77 kg ha⁻¹).

5.5.5 Magnesio

Cuadro 24: Aporte de magnesio (Kg/Ha) de las fabáceas de cobertura.

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Promedio
Block I	30.1	16.5	18.6	14.7	20.0
Block II	29.7	11.5	32.6	15.8	22.4
Block III	21.6	19.7	30.7	16.4	22.1
Promedio	27.1	15.9	27.3	15.6	21.5

Cuadro 25: Análisis de varianza de magnesio en las coberturas

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	13.95	6.98	0.23	NS
Tram	3	392.4	130.8	4.29	NS
Error	6	183.2	30.52		
Total	11	589.5			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 21.5 kg/ha

R²: 69 %

C.V.: 25.71 %

El análisis de varianza (Cuadro 25) nos indica que no existe diferencia significativa para efecto de bloques y tratamientos (p -valor = 0.8023 y 0.0614) respectivamente; su coeficiente de determinación (R^2) con 69%, nos indica que las especies fabáceas son relevantes en cuanto al aporte potencial de magnesio, con una media de 21.5 kg/ha y una variabilidad de 25.71% entre las unidades experimentales.

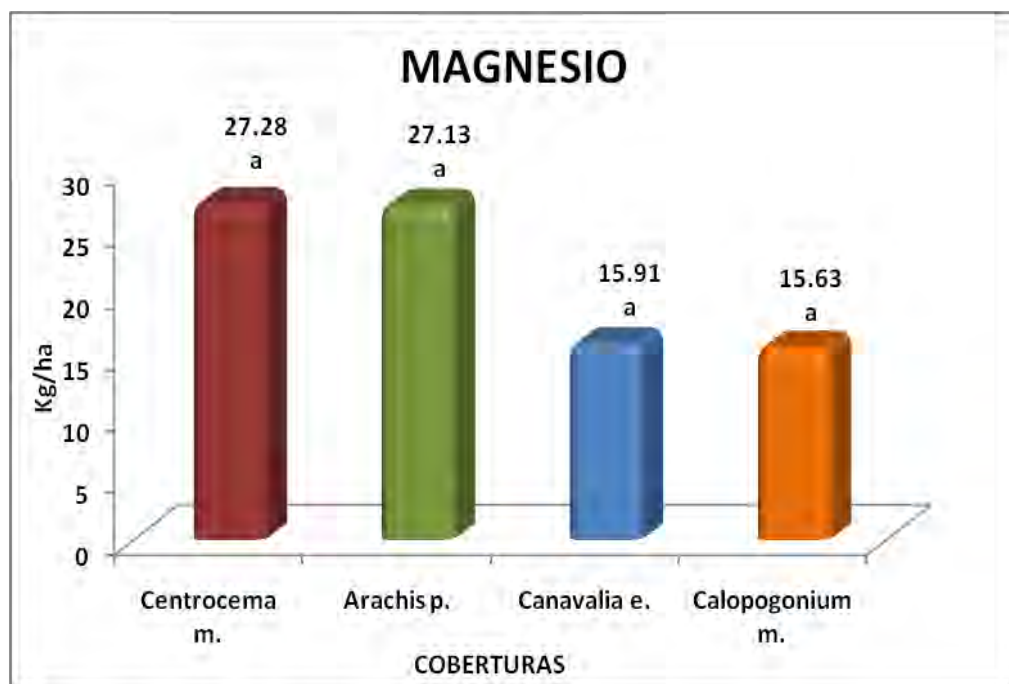


Grafico 10: Prueba de significancia de duncan para magnesio

El grafico 10 muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre el aporte de magnesio muestra que no existe evidencias estadísticas entre las coberturas aunque la cobertura *C. macrocarpum* mostró mayor aporte de k que el resto de coberturas (27.28 kg ha⁻¹) y *C. muconoides* con menor aporte (15.63 kg ha⁻¹).

5.6 Temperatura del suelo

5.6.1 Profundidad a 15 cm.

Cuadro 26: Temperatura del suelos a 15 cm de las fabaceas de cobertura

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	Canavalia	Centrocema	Calopogonium	Testigo	Promedio
Block I	24.4	23.7	24.3	22.2	24.5	23.82
Block II	24.8	24.6	24.3	25.5	26.3	25.10
Block III	24.6	25.2	24.0	25.9	26.7	25.28
Promedio	24.6	24.5	24.2	24.5	25.8	24.7

Cuadro 27: Análisis de varianza de la temperatura del suelo a 15 cm.

F.V.	GL	SC	CM	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	4.82	4	1.21	1.62	*
Cobertura	6.34	2	3.17	4.27	N.S.
Error	5.94	8	0.74		
Total	17.09	14			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 24.7 °C **R²:** 39 % **C.V.:** 3.48 %

El análisis de varianza (Cuadro 27) nos indica que existe diferencia significativa para efecto de bloques y no significancia para el efecto de tratamientos (p -valor = 0.055 y 0.259) respectivamente; su coeficiente de determinación (R^2) con 39 %, nos indica que las especies fabáceas no son relevantes en cuanto a la temperatura del suelo a 15 cm., con una variabilidad de 3.48 % entre las unidades experimentales y una media de 24.7 °C.

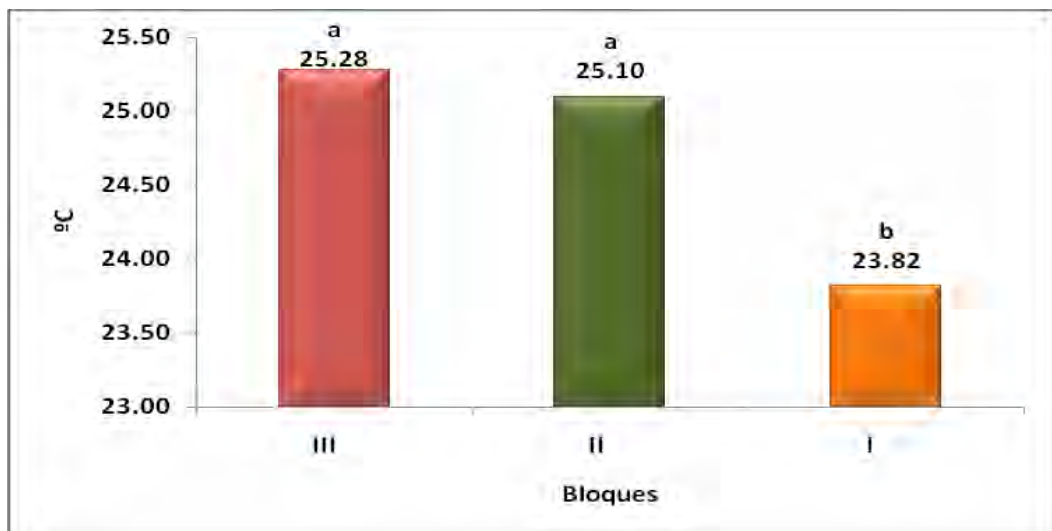


Grafico 11: Prueba de significancia de duncan para la temperatura del suelo a 15 cm.

El grafico 11 se muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre la temperatura del suelo a 15 cm., en la cual se observa que existe evidencias

estadísticas entre los bloques III y II, quienes estadísticamente son iguales con 25.28 y 25.10°C, y diferente al bloque I, quien presenta menos temperatura (23.82°C).

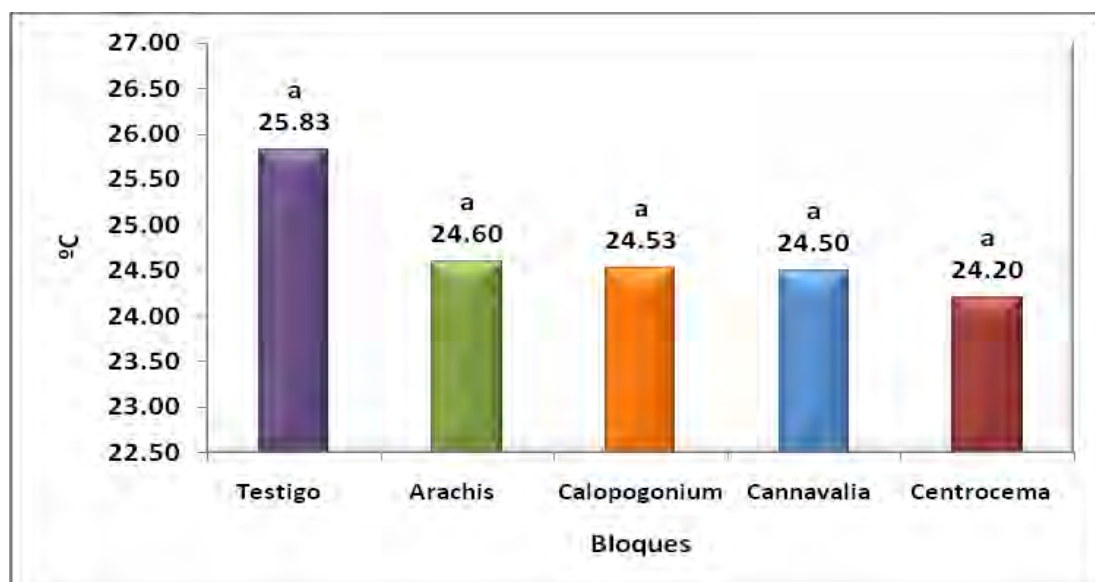


Grafico 12: Prueba de significancia de Duncan para la Temperatura del suelo a 15 cm.

El grafico 12 se muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre la temperatura del suelo a 15 cm., en la cual se observa que no existe evidencias estadísticas entre las coberturas evaluadas, siendo el Testigo, quien obtuvo una mayor media con 25.83 °C.

5.6.2 Profundidad a 30 cm.

Cuadro N° 28: Temperatura del suelos a 30 cm de las fabaceas de cobertura

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	Canavalia	Centrocema	Calopogonium	Testigo	Promedio
Block I	25.0	24.5	24.1	22.6	24.6	24.1
Block II	25.5	25.1	23.5	25.5	25.9	25.1
Block III	24.8	24.7	24.4	23.5	25.2	24.5
Promedio	25.1	24.8	24.0	23.9	25.2	24.6

Cuadro 29: Análisis de varianza de la temperatura del suelo a 30 cm.

F.V.	GL	SC	CM	F	SIGNIFICANCIA
Bloque	2	38.5	19.25	16.53	**
Cobertura	4	21.51	5.38	4.62	*
Error	110	128.14	1.16		
Total	116	189.57			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 24.6 °C

R²: 32 %

C.V.: 4.44 %

El análisis de varianza (Cuadro 29) nos indica que existe alta diferencia significativa para efecto de bloques (p -valor ≤ 0.0001), y significancia para el efecto de coberturas (p -valor = 0.0018); su coeficiente de determinación (R^2) con 32 %, nos indica que las especies fabaceas no son relevantes en cuanto a la temperatura del suelo a 30 cm., con una variabilidad de 4.44 % entre las unidades experimentales y una media de 24.6 ° C.

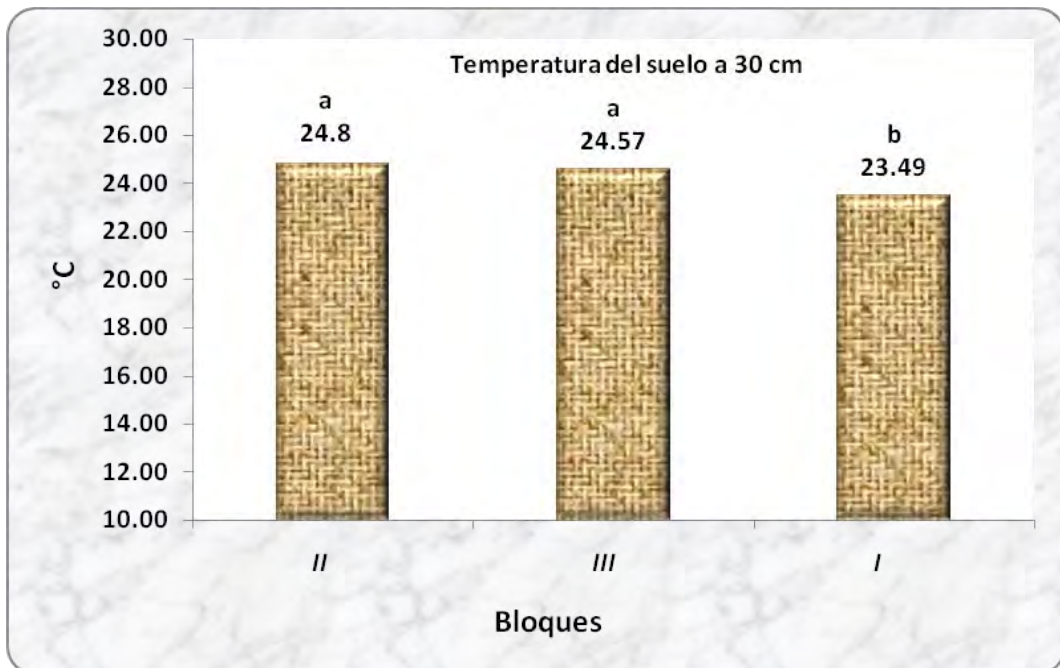


Grafico 13: Prueba de significancia de duncan para la temperatura del suelo a 30 cm.

El grafico 13 se muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre la temperatura del suelo a 30 cm., en la cual se observa que existe evidencias estadísticas entre los bloques II y III, quienes estadísticamente son iguales con 24.80 y 24.57°C, y diferente al bloque I, quien presenta menos temperatura (23.43°C).

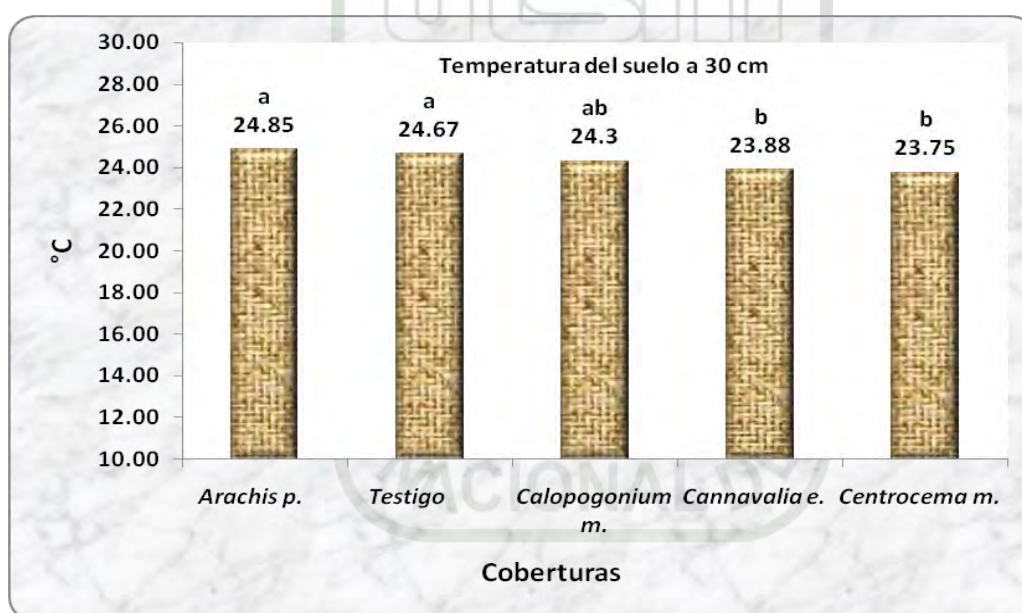


Grafico 14: Prueba de significancia de duncan para la temperatura del suelo a 30 cm. en las diferentes coberturas.

El grafico 14 se muestra la prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre la temperatura del suelo a 30 cm., en la cual se observa que existe evidencias estadísticas entre las coberturas evaluadas, siendo *Arachis pintoi* y testigo, quienes estadísticamente son diferente a los demás coberturas con 24.85 y 24.67°C.

5.7. Infiltración del suelo

Cuadro 30: Infiltración básica del suelo en coberturas cm/h

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Testigo	Promedio
Block I	19.9	31.9	15.1	14.1	3.2	16.8
Block II	66.5	16.0	43.8	21.5	25.0	34.6
Block III	166.1	154.7	131.2	74.5	118.3	129.0
Promedio	84.2	67.5	63.3	36.7	48.8	60.1

5.7.1. Infiltración básica o acumulada

Cuadro 31: Análisis de varianza de infiltración básica del suelo cm/h

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	72677.91	36339	26.69	**
Tram	4	7912.94	1978.2	1.45	NS
Error	23	31313.75	13.61.47		
Total	29	111904.6			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 60.1cm/h

R²: 72 %

C.V.: 61.39 %

El análisis de varianza del cuadro 31 para la infiltración básica del suelo indica diferencia altamente significativa (p -valor = <0.0001) para efecto de bloques y no significativa entre tratamientos (p -valor = 0.2488), obteniendo una media de 60.1 cm/h, y un coeficiente de determinación (R^2) de 72 %, esto nos indica que el uso de fabáceas de cobertura son relevantes en cuanto a la Infiltración básica del suelo, con una variabilidad 61.39% entre las unidades experimentales.

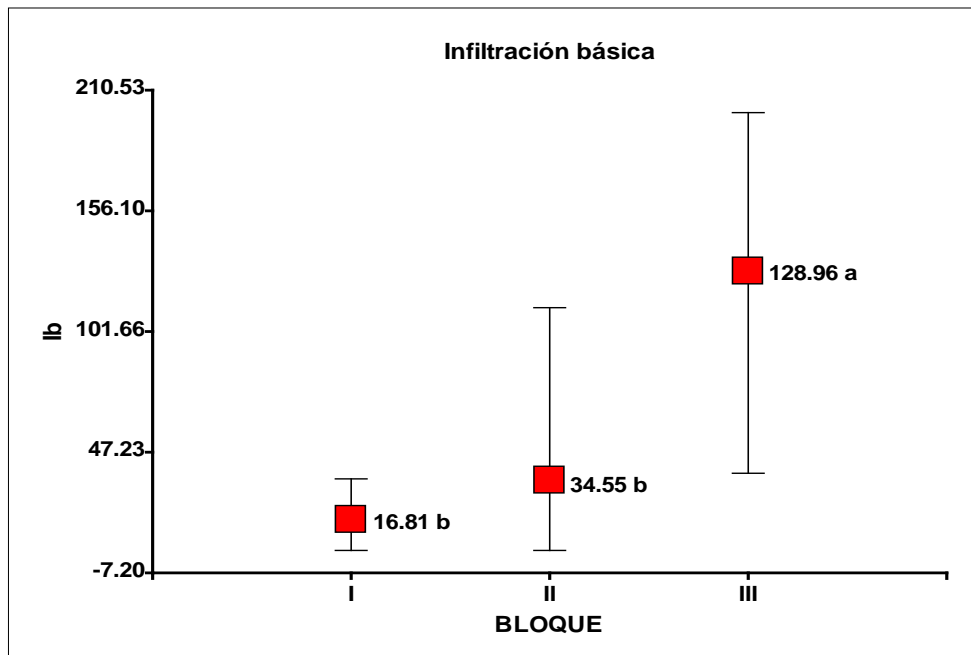


Gráfico 15 Prueba de significancia para la infiltración acumulada entre los bloques

En el gráfico 15, se observa la prueba de significancia de Duncan ($\alpha = 0.05$), para la infiltración básica, lo cual muestra que el bloque III es totalmente diferente (128.96 lb) con respecto a los demás bloques, siendo el bloque I quien posee la media menor con (16.81 lb).

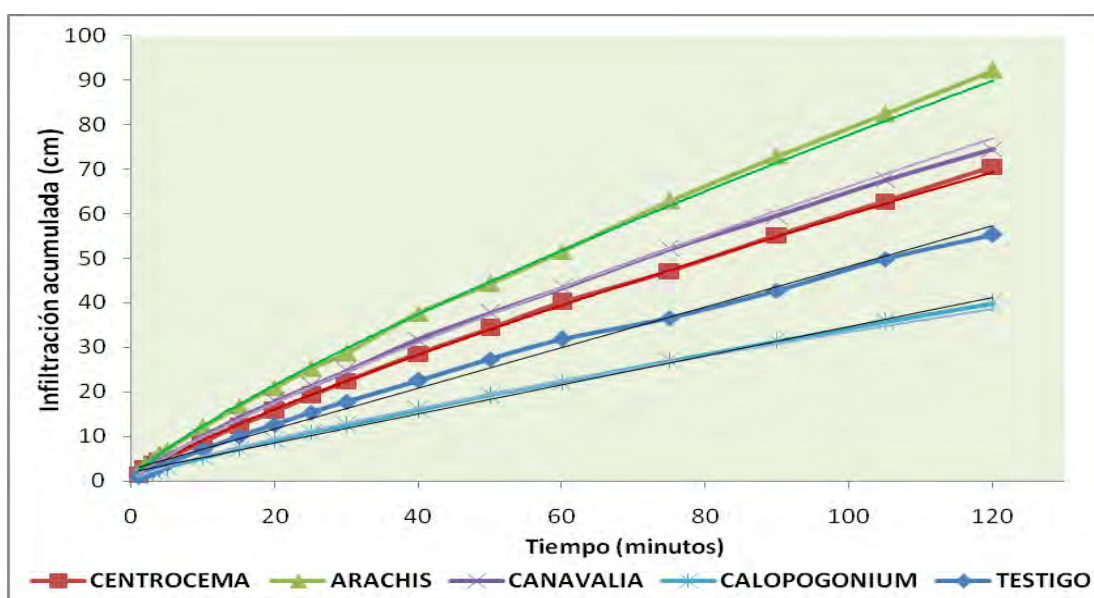


Gráfico 16:

No existió diferencia estadística entre los tratamientos evaluados, pero si se encontró diferencia numérica con relación a ciertas coberturas, siendo la cobertura *Arachis pintoi* quien presento mayor valor en la infiltración acumulada, con respecto a las demás coberturas, seguida Canavalia, Centrocema, Testigo y Calopogonium quien obtuvo menor valor.

5.7.2. Velocidad de infiltración

Cuadro 32: Velocidad de infiltración del suelo cm/h

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	Canavalia e.	Centrocema m.	Calopogonium m.	Testigo	Promedio
Block I	25.8	35.0	15.2	25.2	5.6	21.4
Block II	94.2	26.3	52.3	25.3	25.1	44.6
Block III	181.6	181.0	150.2	86.3	135.3	146.9
Promedio	100.5	80.8	72.6	45.6	55.3	71.0

Cuadro 33: Análisis de varianza de velocidad de infiltración del suelo cm/h

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	89225.5	44613	21.24	**
Tram	4	11159.6	2789.9	1.33	NS
Error	23	48313.0	2100.6		
Total	29	148698.0			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 71.0 cm/h

R²: 68 %

C.V.: 64. %

El cuadro 33 del análisis de varianza para la velocidad de infiltración del suelo indica que existe diferencia altamente significativa (p -valor = <0.0001) para efecto de bloques y no significativa entre tratamientos (p -valor = 0.2894), obteniendo una media de 71.0 cm/h, y un coeficiente de determinación (R^2) de 68 %, esto nos indica que el uso de fabaceas de

cobertura es relevantes en cuanto a la velocidad de infiltración del suelo, con una variabilidad de 64.58% entre las unidades experimentales.

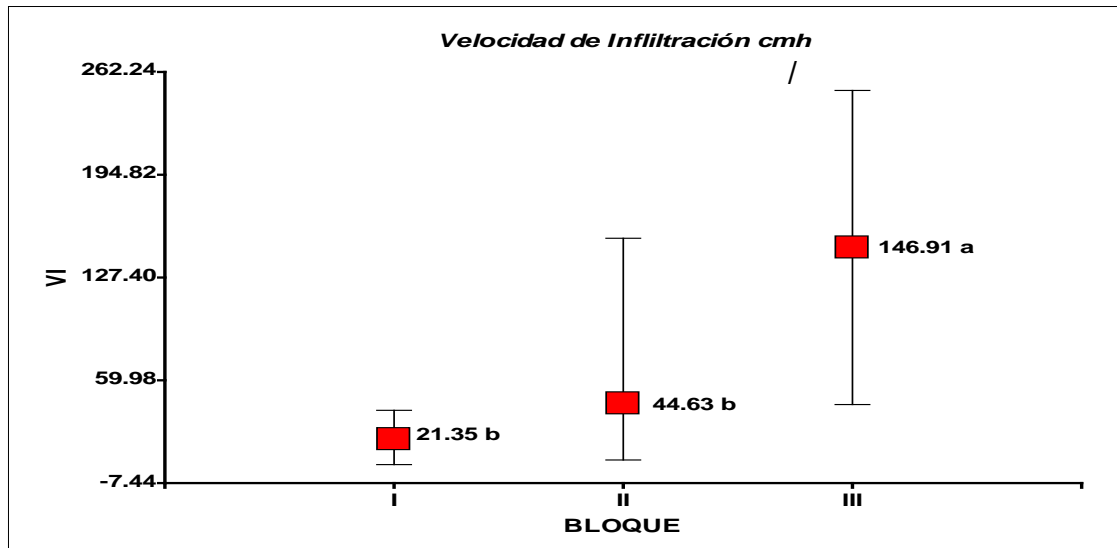


Gráfico 17: Prueba de significancia para la velocidad de infiltración a entre los bloques

En el gráfico 17, se muestra la prueba de significancia de Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre la velocidad de infiltración, lo cual se observa que el bloque III es totalmente diferente (146.91 *cm/h*) con respecto a los demás bloques, donde el bloque I y II estadísticamente se consideran iguales con (21.36 y 44.63 *cm/h*) respectivamente.

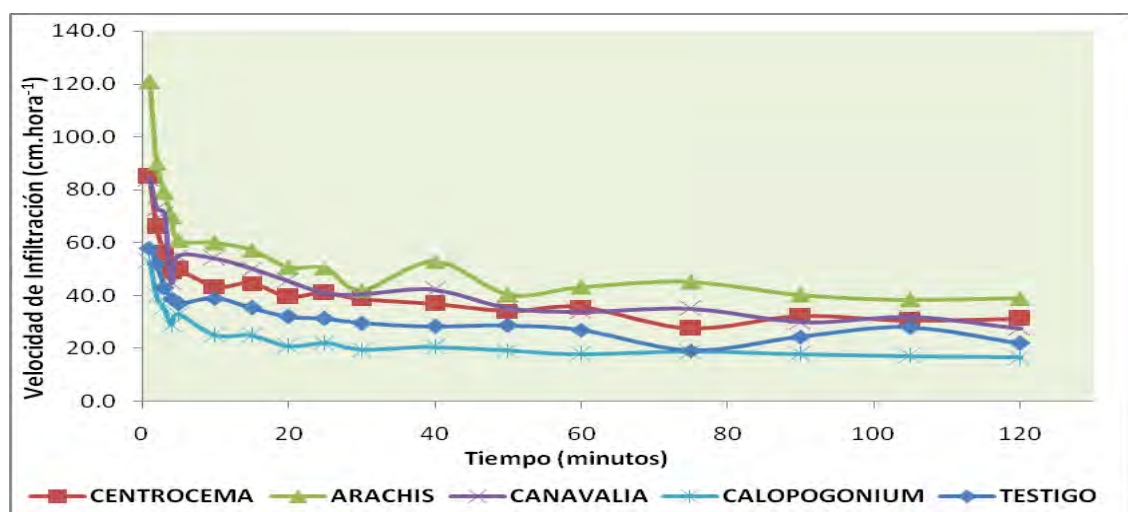


Gráfico 18: Velocidad de infiltración entre las diferentes coberturas.

No se encontró diferencia estadística entre las coberturas evaluadas, siendo la cobertura *Arachis pintoi* quien obtuvo mayor valor con respecto a las demás tratamientos referente a la velocidad de infiltración, seguida del tratamiento con cobertura *Canavalia*, *Centrocema*, Testigo y *Calopogonium* quien obtuvo una velocidad de infiltración baja.

5.8. Densidad aparente del suelo

Cuadro 34: densidad aparente del suelo (0 – 5) kg / cm³

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Testigo	Promedio
Block I	1,0	1,2	0,8	1,4	1,2	1,1
Block II	0,9	1,2	1,1	1,2	1,2	1,1
Block III	1,0	0,8	1,0	1,1	1,3	1,0
Promedio	1,0	1,1	0,9	1,3	1,2	1,1

Cuadro 35: Análisis de varianza de densidad aparente del suelo (0 – 5) kg /cm³

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	0.04	0.02	0.82	NS
Tram	4	0.26	0.06	2.85	NS
Error	8	0.18	0.02		
Total	14	0.47			

Significancia (p<= 0.05)

X: 1.1 kg cm³

R²: 62 %

CV: 13.69 %

Cuadro 36: Densidad aparente del suelo (0 – 20) kg / cm³

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Testigo	Promedio
Block I	1,6	1,4	1,4	1,5	1,3	1,5
Block II	1,3	1,4	1,6	1,2	1,5	1,4
Block III	1,3	1,4	1,5	1,2	1,4	1,4
Promedio	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,4

Cuadro 37: Análisis de varianza de Densidad aparente del suelo (0 – 20) kg/cm³

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	0.04	0.01	0.82	NS
Tram	4	0.26	0.01	2.85	NS
Error	8	0.1	0.01		
Total	14	0.18			

Significancia (p<= 0.05)

X: 1.4 kg cm³R²: 43 %

CV: 8.01 %

Cuadro 38: Densidad aparente del suelo (20 – 40) kg / cm³

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Testigo	Promedio
Block I	1,6	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6
Block II	1,5	1,6	1,4	1,5	1,5	1,5
Block III	1,5	1,4	1,6	1,2	1,6	1,4
Promedio	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,5

Cuadro 39: Análisis de varianza de densidad aparente del suelo (20 – 40) kg/cm³

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	2	0.04	0.02	2.54	NS
Tram	4	0.03	0.01	1.00	NS
Error	8	0.06	0.01		
Total	14	0.13			

Significancia (p<= 0.05)

X: 1.5kg cm³

R²: 53 %

C.V: 5.86 %

El análisis de varianza para densidad aparente en las diferentes profundidades evaluadas del experimento (**Cuadros 35,37,39**) indican que no existe diferencias significativas entre bloques y tratamientos; el coeficiente de determinación (R^2) con 62, 43, 53%, respectivamente indican que las coberturas utilizadas no son relevantes en cuanto a la densidad aparente del suelo; el coeficiente de variabilidad de 13.69%, 8.01%, 5.86% respectivamente es bastante ajustado, lo cual corrobora la homogeneidad entre las unidades experimentales.

5.8.1. Resistencia horizontal del suelo

Cuadro 40 Resistencia del suelo kg/cm²

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Testigo	Promedio
Block I	1.8	1.6	1.8	2.2	2.4	2.0
Block II	1.8	1.6	1.8	1.8	2.1	1.8
Block III	1.4	1.2	1.8	1.6	1.1	1.4
Promedio	1.6	1.5	1.8	1.9	1.9	1.7

Cuadro 41: Análisis de varianza de resistencia horizontal del suelo kg / cm²

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	0,24	2	0,12	2,04	0,1439
Tram	0,48	4	0,12	2,05	0,1068
Error	2,24	38	0,06		
Total	2,96	44			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 1.7 kg/cm²

R²: 24 %

C.V: 16.87%

El cuadro 41 del análisis de varianza para la resistencia horizontal del suelo indica que existe diferencia significativa para efecto de bloques (p -valor =

0.1439) y tratamientos (p -valor = 0.1068), siendo el coeficiente de determinación (R^2) de 24%, el cual nos indica que el uso de fabaceas de cobertura no fue relevante en cuanto a la resistencia horizontal del suelo, con una variabilidad de 16.87 % entre las unidades experimentales y una media de 1.7 kg/cm².

5.8.2 Resistencia vertical del suelo

Cuadro 42: Resistencia vertical del suelo kg / cm²

REP/TOT	<i>Arachis p.</i>	<i>Canavalia e.</i>	<i>Centrocema m.</i>	<i>Calopogonium m.</i>	Testigo	Promedio
Block I	0.8	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6
Block II	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4
Block III	0.3	0.3	0.3	0.6	0.4	0.3
Promedio	0.5	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4

Cuadro 43: Análisis de varianza de resistencia vertical del suelo kg / cm²

F.V.	GL	SC	CM	FC	SIGNIFICACIÓN
Block	4	0.04	0.01	0.51	*
Tram	2	0.20	0.10	5.33	N.S.
Error	8	0.15	0.02		
Total	14	.038			

Significancia ($p \leq 0.05$)

X: 0.4 kg/cm²

R²: 61 %

C.V.: 31.91 %

Los resultados del cuadro 43 de análisis de varianza para la resistencia vertical del suelo indica diferencia significativa para efecto de bloques (p -valor = 0.0338) y no significancia entre tratamientos (p -valor = 0.7334), obteniendo una media de 0.4 kg/cm² y un coeficiente de determinación (R^2) con 61%, indica que el uso de fabaceas de coberturas en el manejo del suelo no es relevante,

en cuanto a la resistencia vertical del mismo, con una variabilidad de 31.91% entre las unidades experimentales.

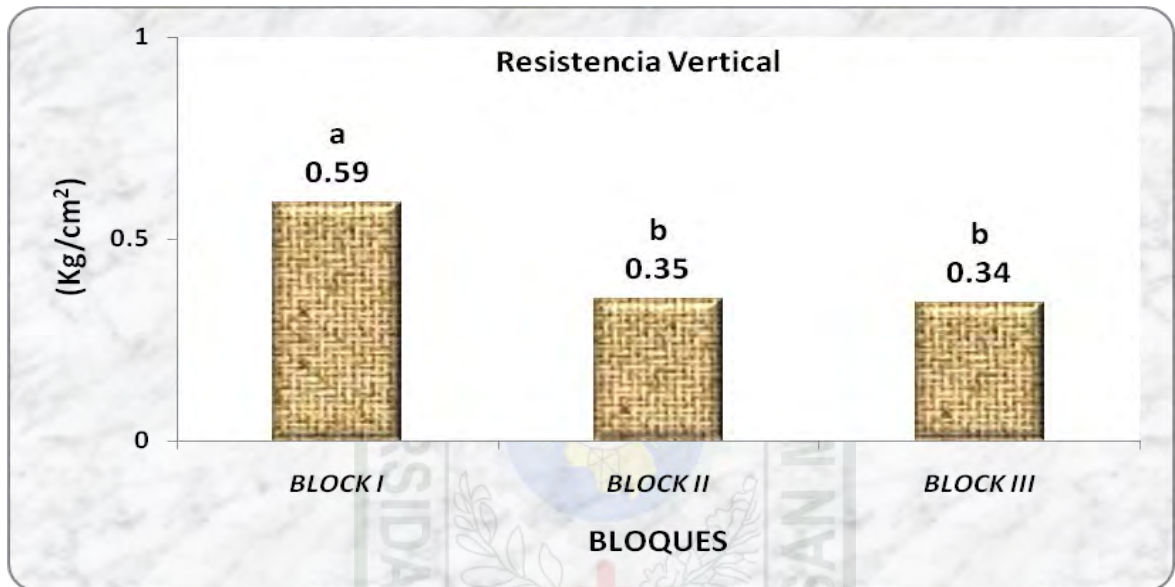


Grafico 19 Prueba de significancia de la resistencia vertical del suelo en los diferentes Bloques

En el grafico 19, se muestra la prueba de significancia de Duncan ($\alpha = 0.05$), sobre la resistencia vertical del suelo, lo cual se observa que existe diferencia significativa entre bloques, siendo en bloque uno quien obtuvo mayor media (0.59 Kg/cm^2), el cual es considerado diferente estadísticamente en relación a los demás bloques.

Cuadro 44 Análisis físico - químico del suelo antes y después de la instalación de las coberturas

Prof.	Cobertura	pH	M.O (%)	N%	P (ppm)	K (ppm)	TEXTURA	CIC	CATIONES CAMBIABLES			Suma de bases	% Sat. de bases	
									Ca ²⁺	K ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
									meq/100					
0 - 20	2008	Antes (2004)	5.00	1.70	0.08	5.70	61.00	Fra - Are	4.00	2.47	0.08	0.93	3.38	60.33
		Arachis	5.32	1.38	0.06	3.44	46.15	Fra - Arc - Are	3.34	1.11	0.04	1.92	1.42	42.01
		Calopogonium	4.85	1.71	0.08	3.73	66.61	Fra - Arc - Are	3.03	1.00	0.05	1.68	1.35	44.78
		Cannavalia	5.13	1.76	0.08	3.82	63.41	Fra - Arc - Are	6.41	1.00	0.06	5.09	1.32	20.95
		Centroceema	5.17	1.44	0.06	4.35	53.87	Fra - Are	3.24	0.99	0.04	1.96	1.28	38.32
		Testigo	4.99	1.94	0.09	4.65	56.60	Fra - Arc - Are	3.78	1.23	0.11	2.13	1.65	41.96
20 - 40	2008	Antes (2004)	4.7	0.90	0.04	4.10	50.00	Fra - Arc - Are	5.60	2.60	0.08	0.30	3.51	63.00
		Arachis	5.08	0.66	0.03	3.30	17.67	Franc -arci-aren	3.5	0.68	0.03	2.61	0.89	24.81
		Calopogonium	5.00	0.97	0.04	3.37	19.31	Franc -arci-aren	3.52	0.71	0.02	2.57	0.95	27.43
		Cannavalia	4.95	0.97	0.04	2.78	27.96	Franc -arci-aren	3.64	0.49	0.03	3.01	0.63	16.67
		Centroceema	5.02	1.04	0.05	2.56	16.00	Franc -arci-aren	4.43	0.67	0.08	3.49	0.94	20.48
		Testigo	5.01	0.99	0.04	1.27	44.42	Franc -arci-aren	4.29	0.85	0.06	3.17	1.12	24.60
40 - 60	2008	Antes (2004)	4.60	1.00	0.04	4.10	48.00	Arc - Are	11.50	2.17	0.08	2.20	2.95	26.00
		Arachis	5.10	0.46	0.02	2.62	13.27	Arc - Are	3.22	1.70	0.15	0.70	2.52	77.05
		Calopogonium	4.99	0.91	0.04	2.18	13.00	Arc - Are	2.40	1.19	0.10	0.75	1.65	68.68
		Cannavalia	4.9	0.92	0.04	2.84	23.22	Arc - Are	3.21	1.74	0.15	0.74	2.47	76.56
		Centroceema	4.82	0.95	0.04	3.23	26.60	Arc - Are	3.55	1.77	0.15	1.06	2.49	67.01
		Testigo	5.08	0.83	0.04	2.18	17.95	Arc - Are	3.70	5.27	0.25	0.96	2.75	73.75

Fra - Are = Franco Arenoso Fra -Arc - Are = Franco Arcillo Arenoso Arc - Are = Arcillo Arenoso

VI DISCUSIÓN

6.1. Biomasa aérea

En el cuadro 9, se observa el análisis de varianza para el caso de la biomasa aérea tanto para bloques como para tratamientos, en el cual nos indica que no existió diferencia significativa para el caso de los bloques (p -valor = 0.8697), pero si existió diferencia significativa para el caso de los tratamientos (p -valor = 0.0261), y esto se corrobora con la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), en la cual se puede apreciar que el tratamiento T3 (*C. macrocarpum*) fue quien obtuvo la mayor media con 8.45 tn/ha de biomasa aérea, y a la vez es diferente estadísticamente a los demás tratamientos, esto nos estaría indicando que el T3 con mayor materia seca, lo cual estaría beneficiando en cuanto al aporte potencial de nutrientes del suelo, además de reducir la erosión del suelo y la pérdida de nutrientes por escorrentía Pound (2000). A parte que sirve como un colchón el cual permite mantener la temperatura del suelo, mayor biomasa en volumen, sin embargo menor relativamente y menor materia seca.

6.2. Biomasa radicular

Existió diferencia significativa para el caso de los tratamientos (p -valor = 0.0047). La biomasa radicular de *Arachis pintoii* (2.39 t ha^{-1}) fue quien obtuvo una mayor media el cual se comporta estadísticamente diferente a los demás tratamientos, la biomasa radicular es una parte importante de la biomasa de la planta que crece dentro del perfil del suelo, absorbe los nutrientes y el agua para ser transportados a la parte aérea y proporciona el soporte físico para la

planta Sainju *et al.*, (2005). Investigaciones referidas al tema señalan que existe gran variabilidad en la producción de raíces finas y gruesas, según sea el tipo de clima donde se desarrollan, tipo de especie, estado de desarrollo o edad de las plantas. También, factores del suelo son determinantes para explicar las diferencias en productividad, especialmente aquellos que afectan la elongación de las raíces, el abastecimiento de agua y la aireación del suelo. Factores como textura y estructura condicionan las características de la porosidad y drenaje interno, las cuales son importantes al momento de evaluar la fertilidad del suelo para la producción de biomasa subterránea Guerra *et al.*,(2005). Mejora la textura, estructura y porosidad del suelo.

6.3. Biomasa total

El análisis de varianza (Cuadro 11) indica significancia (p -valor = 0.0171) para el caso de los tratamientos en cuanto a la biomasa total de las coberturas estudiadas, mas no para el caso de bloques (p -valor = 0.8321). La cantidad de biomasa aérea y radicular producida en cada uno de los tratamientos, se vio reflejada en la biomasa total de cada cobertura, donde el T3 (*C. macorcarpum*), es la cobertura que mayor biomasa total posee con 10.09 t ha^{-1} , siendo esta diferente estadísticamente a los demás tratamientos, esta característica que posee el T3, hace que sea una cobertura que contribuye a la conservación de la fertilidad del suelo, así como de mantener la temperatura del suelo en sus diferentes profundidades, además de mantener la humedad y erosión del suelo, el cual hace que esta cobertura tenga un mejor comportamiento a diferencia de las demás coberturas quienes mostraron tener menor biomasa.

6.4. Aporte de nutrientes

El aporte de los nutrientes Nitrógeno, Fosforo, Potasio y Magnesio resultaron no mostrar diferencias significativas, tanto para bloques (p-valor = 0.7908, 0.7830, 0.8657, 0.8023) ni tratamientos (p-valor = 0.2864, 0.2745, 0.1380, 0.0614), respectivamente, sin embargo el T3 (*C. macrocarpum*), fue quien obtuvo las mayores cantidades de estos nutrientes respecto a las demás coberturas, donde el aporte de Nitrógeno fue de 225.47 kg ha⁻¹, esto debido a que las leguminosas desarrollan simbiosis mutualistas con bacterias del género *Rhizobium*. En dicha relación, las plantas constituyen una fuente de carbono para las bacterias y estas les ofrecen a las plantas el nitrógeno que fijan de la atmósfera. Esa capacidad de fijación es lo que hace que las leguminosas sean empleadas como fuente de fertilizante en los sistemas agrícolas y agroforestales. Las bacterias infectan las raíces e inducen la formación de nódulos. Allí, el nitrógeno atmosférico (N₂) es transformado en iones de amonio (NH₄⁺¹) que son absorbidos por la planta de la solución suelo. La simbiosis puede ser de carácter específico y la eficiencia en la fijación de nitrógeno atmosférico varía entre diferentes combinaciones de hospederos y bacterias Gilbert (2002). En este sentido, *Centrosema macrocarpum* desarrolla con mayor eficiencia la capacidad fijadora de nitrógeno por ser un cultivo que está bien adaptado a la zona de trópico y por tener mayor especificidad con las bacterias que fijan nitrógeno. Con lo que respecta a la extracción de fosforo en las coberturas fue *C. ensiformis* y *C. macrocarpum* (11.33 y 10.94 kg ha⁻¹) respectivamente quienes fueron superiores a las demás coberturas. Este efecto se debe a la mayor producción de biomasa foliar y a la concentración de este elemento en sus

tejidos. Esto sucede porque *Centrosema m.* responde a bajos niveles de fósforo en el suelo y tiene otros medios de absorción o exploración de un mayor volumen del suelo mediante la asociación con hongos tipo micorrizas (Ruiz, 1994; Ydrogo, 1995, citados por Alegre *et al.*, 2003), *C. ensiformis*, también es una leguminosa de alta sensibilidad para establecer relaciones con los hongos micorrícicos, los mismos que tienen la función de ampliar la zona de exploración radicular, logrando alcanzar al fósforo alejado del sistema radicular natural, por ser un elemento de baja movilidad en el suelo.

Con respecto a las cantidades de potasio extraído *C. macrocarpum* (153.59 kg ha⁻¹), fue quien mayor cantidad de potasio mostró a diferencia de las demás coberturas aunque no se mostro diferencia estadística, este resultado se puede explicarse si se considera que cada planta tiene sus propios requerimientos de potasio, pudiendo desarrollar mecanismos adecuados para solubilizar y absorber el potasio del suelo. El magnesio fue otro de los nutrientes que no mostro estadística significativa, siendo el *C. macrocarpum* (27.28 kg ha⁻¹) y *A. pintoi* (27.13 kg ha⁻¹), quienes mostraron ser superiores a los demás coberturas evaluadas.

Con lo referente a las concentraciones de calcio, no existió diferencia significativa con respecto a los bloques (p-valor = 0.6792), pero si diferencia significa en relación a los tratamientos (p-valor = 0.0211), siendo *C. macrocarpum* quien obtuvo las concentraciones mayores con respecto a las demás coberturas siendo esta de 160.37 kg ha⁻¹. Todos estos resultados obtenidos en función al aporte de nutrientes por cada uno de las coberturas

nos indican que *C. macrocarpum* posee las mejores características en cuanto a la incorporación de nutrientes favorables para el suelo.

6.5. Temperatura del suelo

El comportamiento de la temperatura del suelo en las diferentes coberturas se encuentran en relación a las profundidades evaluadas, el cual existe una gran diferencia con relación a la temperatura del suelo sin cobertura y a profundidades mayores, esto debido a que las coberturas retienen mayor humedad en el suelo el cual juega un papel predominante en la transmisión de calor. Ledesma (1994), además de que las coberturas reducen la temperatura en 2°C en los 10 primeros cm, y que eso va en aumento en el transcurso del día Thrurston (1992).

Las profundidades también es un factor muy importante con relación a la temperatura del suelo, los cuales se encuentran en función de las coberturas usadas, siendo las coberturas con más biomasa quienes conservan una temperatura menor a las de menor biomasa.

6.6. Infiltración del suelo

En el cuadro 31 se aprecia el análisis de varianza para el caso de la infiltración básica o acumulada. La infiltración es el parámetro que mejor califica el desempeño de los sistemas conservacionistas con relación a las pérdidas de suelo Araujo et al.(2002), sin embargo bajo estas condiciones de evaluación no existió diferencia estadística con relación a los tratamientos (p-valor = 0.2488), pero si respecto a los bloques (p-valor = <0.0001), esto

debido a que la infiltración se ve influenciada por diferentes factores, el cual se refleja en el análisis de medias Duncan donde el bloque tres fue quien obtuvo una mayor media 128.96 lb, siendo estadísticamente diferente a los demás bloques, ya que el tercer bloque se encuentra en pendiente mayor con respecto a los demás, donde el grado de humedad es menor presentando una mayor capacidad de infiltración y donde la temperatura es superior el cual facilita a que la infiltración sea más rápida en comparación a los primeros bloques, todo estos factores mencionados se deben a la ubicación de cada bloque dentro de la parcela ya que existen una diferencia en las características topográficas el cual hace que cambien también las características edáficas, donde la porosidad y tamaño de las partículas influenciaron en la capacidad de infiltración.

La velocidad de la infiltración también estuvo influenciada por la topografía del terreno donde se ejecuto el experimento, existiendo alta diferencia significativa entre los bloques (p -valor = <0.0001), debido a la existencia de muchos factores como el espesor de agua, la temperatura del agua y el suelo, la estructura y la compactación, textura, estratificación, contenido de humedad, agregación, materia orgánica y actividades microbianas Gavande et al;(1972), los cuales de una u otra manera influyeron en que en el tercer bloque exista mayor velocidad de infiltración en comparación de los demás bloques.

Con respecto a los tratamientos la velocidad de infiltración y la infiltración acumulada estuvieron relacionadas a las características radiculares de cada cobertura.

La cobertura de *Arachis pinto*i obtuvo mayor infiltración acumulada y mayor velocidad de infiltración con respecto a los demás tratamientos, esto posiblemente porque la cobertura de *Arachis* presenta un sistema radicular complejo el cual permite la penetración de estas en el suelo de manera que al acumularse agua en la superficie, esta se filtre con mayor facilidad.

6.7. Densidad aparente

El análisis de varianza para densidad aparente (Cuadros 35,37,39) indican que no existió diferencias significativas entre bloques y tratamientos para las diferentes profundidades, el cual nos indica que la cubierta vegetal existente por las diferentes coberturas evaluadas aun no causan un efecto en las características físicas del suelo, esto debido a que la densidad del suelo está influenciada por la estructura, textura, porosidad y materia orgánica los cuales hacen que disminuya o aumente la granulación de la estructura del suelo y esta a la vez modifica el espacio poroso el cual hace que se modifique la densidad aparente Pritchett, (1990).

6.8. Resistencia horizontal y vertical

En el cuadro 41 se observa el análisis de varianza de la resistencia horizontal del suelo donde se aprecia que existió diferencias significativas para efecto de bloques y tratamientos, donde las coberturas posiblemente estén causando

algún efecto, posiblemente debido a que este tipo de resistencia, se evalúa en diferentes profundidades que van de 5 a 40 cm, probablemente es en las primeras capas donde se encuentran la mayor diferencia ya que estas se ven influenciadas por la suma de los efectos de ciertas características y propiedades del suelo, tales como densidad aparente, contenido de humedad, resistencia a la penetración y al corte, las cuales, a su vez, son consecuencia de la distribución del tamaño de partículas, de la estructura, y de la composición mineral y orgánica presentes en el suelo. Nacci y Pla, (1992).

Con lo referente a la resistencia vertical en el cuadro 43 se muestra el análisis de varianza, el cual nos indica que no existió diferencia significativa para el caso de tratamientos, pero sí diferencia estadística para el caso de los bloques, esto debido a que las coberturas aumentan el contenido de humedad en el suelo el cual hace que sea más susceptible a la deformación, de ahí la mayor vulnerabilidad a la compactación en suelos húmedos Porta et al, (1999), ahora bien esta característica influye en los bloques debido a que en el primer bloque la concentración de humedad es mayor que en los demás bloques y la temperatura del suelo es más baja, debido a la topografía de la parcela evaluada donde las características edáficas son diferentes.

En el cuadro 44, se muestra el análisis físico - químico del suelo antes y después de la instalación de las coberturas, en el cual se puede apreciar que es la primera capa (0 – 20 cm) es donde se ve reflejada la acción modificadora de las coberturas ayudando a la conservación y mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo, sin embargo no todas estas

coberturas poseen este comportamiento ya que cada una de estas poseen características diferentes de absorción e incorporación de nutrientes al suelo, así se puede observar que es el T1 (*Arachis pintoï*), es quien mayor absorción de nutrientes posee, extrayendo así los pocos nutrientes disponibles en el suelo convirtiéndose así en competencia con los posibles cultivos que se pretende asociar; es el T2 (*Cannavalia ensiformis*), quien mejores características posee de conservar y en algunos casos de incorporar algunos nutrientes, el cual se convierte en una buena alternativa para mejorar las condiciones físicas y químicas del suelo.

A mayores profundidades no se observa un efecto directo de las coberturas, no llegando a percibir los cambios físicos y químicos del suelo, debido a que es el tiempo quien determinara estos cambios y que por el momento se hace complicado poder establecer su verdadero contexto.

VII CONCLUSIONES

- 1.- La biomasa total foliar es de 8.45 tn/ha^{-1} y radicular es 2.39 tn/ha^{-1} en base a materia seca producida por la cobertura ***Centrosema macrocarpum*** que es superior a la producida por las demás coberturas.
- 2.- Con fines nutricionales y de reciclaje, el mayor aporte de nutrientes fue el Nitrógeno con 225.47 kgha^{-1} y (K: 153.59 , Ca: 160.37 , Mg: 27.28 kgha^{-1}) producido en la cobertura ***Centrosema macrocarpum***, y el Potasio con menor aporte de 11.33 kgha^{-1} en la cobertura ***Canavalia ensiformis***.
- 3.- La infiltración influyó, en el tercer bloque donde hubo mayor infiltración debido a la relación de las características radiculares de cada cobertura.
- 4.- La temperatura es importante debido que es una característica de los procesos físicos del suelo los cuales influyen el crecimiento y desarrollo de las raíces.
- 5.- La mayor concentración de nutrientes hacen que el ***Centrocema Macrocarpum*** es de gran valor para recuperar la fertilidad del suelo y mantener la capacidad productiva del suelo.
- 6.- Con respecto a la conservación de las propiedades físicas del suelo todas resultaron ser relevantes en menor o mayor grado dependiendo de cada cobertura.

VIII RECOMENDACIONES

- 1.- Debido al comportamiento favorable de las coberturas en estudio en el aporte de biomasa y nutrientes en un suelo ácido, continuar con las evaluaciones incluyendo algunas variables adicionales como efecto en la dinámica poblacional de microorganismo, tasa de descomposición del material vegetal de cada cobertura, entre otros.
- 2.- Observar el efecto de las coberturas en estudio en el crecimiento y desarrollo de los demás componentes del sistema de cultivo en estudio, específicamente en el cultivo de plátano y cacao.
- 3.- Al término de las evaluaciones, realizar el comparativo de las dos mejores coberturas con otras coberturas potencialmente favorables para condiciones de suelos ácidos reportados en otras regiones o países.
- 4.- En futuros trabajos evaluar el efecto de la simbiosis de las Bacterias Rhizobium específicos de las leguminosas y su aporte de Nitrógeno al suelo.
- 5.- También sería necesario evaluar la fenología de las leguminosas y su producción de semillas como una contribución adicional

IX BIBLIOGRAFÍA

1. ALEGRE J.C., ARÉVALO A. & FASABI R. 2003. Efecto del Fósforo sobre el establecimiento de *Centrosema macrocarpum* dentro de una plantación de pijuayo *Bactris gasipaes* en un Ultisol de trópico húmedo. *Ecología Aplicada*. 2(1): 93-97. Altieri M. 1999. *Agroecología: bases teóricas para una agricultura sustentable*. CLADES, Lima, Perú.
2. ANDERSON, S. FERRAES, N. GUNDEL, S. KEANE, B. Y POUND, B (Eds.) 1997 "Cultivos de Cobertura: componentes de sistemas integrados". Taller Regional Latino-Americano. 3-6 de Febrero 1997. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatan, Apartado 116-4, Merida 97100, Yucatan, Mexico.
3. ALTIERI, M. (1997). "Agroecología: bases teóricas para una agricultura sustentable" CLADES, Lima – Perú, 512 p.
4. BARBER Y NAVARRO, 1994. Pagina citado en: [WWW.visionveterinaria.com/rivep/art/06mar30 . htm](http://WWW.visionveterinaria.com/rivep/art/06mar30.htm)
5. BRADOW, J.M. AND CONNICK, W.J. JR (1998) Inhibition of cotton seedling root growth by rhizosphere volatiles. In: *Proceedings, Beltwide Cotton Products Research Conference*. Memphis, Tennessee: National Cotton Council.
6. BUNCH, R. (2004). Adopción de abonos verdes y cultivos de cobertura. *Rehabilitación de tierras degradadas, LEISA Revista de Agroecología*. Vol. 19, Nº 4, Abril 2004.
7. CAIRO P. 1995. *La Fertilidad Física de suelo y la Agricultura Orgánica en el Trópico*. UNA - Managua, Nicaragua. 228p.

8. CIAT, 2 000, Programa de Forrajes Tropicales, Leguminosa herbácea para alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y el embellecimiento del paisaje, Cali – Colombia.
9. COOK ET AL. 1990, citado en: www.pejibaye.Ucr.ac.cr/Malezas/Malezas1.Htm
10. DILCIA U., SALAS, J., QUERALES, P. & M. SANABRIA (2002). Micobiota del suelo de zonas productoras de papa del estado de Mérida y su relación con *Rhizoctonia solani* 14(1): 11-16.
11. DUGGAR J. F. 1934. The Nodulation And Other Adaptations Of Certain Summer Legumes. Alabama Experiment Station. Citado en www.cidicco.hn/boletin7.htm
12. EARTM SYSTEM SOLUTIONS, 2006. Manual de Tensiometros citado en: www.Earthsystemsolutions.com
13. FUJII, 1999. www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm.
14. FERGUSON, 1995 citado en www.wikipedia/cober/archis%.pdf
15. FISHER Y CRUZ ,1995 citado en: www.pejibaye.Ucr.ac.cr/Malezas/Malezas1.Htm
16. FORSYTHE WARREN, 1980. Física de Suelo, manuela de laboratorio. Editorial II CASan José Costa Rica. 212 pp
17. GILBERT G. 2002. Interacciones entre microorganismos y plantas. Sección V. En: Guariguata M. & Catan G. (Eds.). Ecología y conservación de bosques neotropicales. Primera edición. Ediciones LUR. Costa Rica.
18. GLIESSMAN, S. R. (2002). “Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible”, Impresión LITOCAT, Turrialba, Costa Rica, 359 p.
19. GLISKI, J. Y LIPIE, J . 1990. Soil Phifical Condition y Plant Ruots. C. R. C. Presa Inc.Florida, 250 pp.

20. HE, Z. YANG, X. BALIGAR V. & D. CALVERT (2003). Microbiological and biochemical indexing systems for assessing quality of acid soils. *Advances in agronomy* 78: 89-133. Academic Press U.S.A.
21. KUMAR, RAVI .1997 Kudzu a Perennial Fodder Legume. *Indian Farming* citado en [www. Cidico. Hn/boletín_7.htm](http://www.Cidico.Hn/boletín_7.htm)
22. PIZARRO, E.A. Y CARVALHO, 1997. Evaluaciones de M.A. (de una colección de los *mucunoides* Desv de *Calopogonium*. para el ecosistema de Cerrado, el Brasil. *Diario de la producción de semilla aplicada*.
23. POUND, B. (2000). Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América, Conferencia electrónica de la FAO. Disponible desde Internet en: <http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGAP/FRG/AGROFOR1/Pound7.htm>.
24. PORTA, J. LÓPEZ, M Y ROQUERO, C 1999. *Edafología para la Agricultura y el medioambiente*. Mudi – Presa México S.A. de C.V Río Pánuco, 141 – Col.Cauhtémoc. 06500 México D:F. 849 pp
25. RIVAS, L.A.C y E.Arends (1990). Biomasa y contenido de nutrientes del *Brosimum alicastrum* y *pooteria anibaifolia* en la reserva forestar de Caparo, estado de Barinas. *Revista Forestal*
26. SAINJU U.M., SINGH B.P., & WHITEHEAD W.F. 2005. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on cotton and sorghum root biomass, carbon, and nitrogen. *Agronomy Journal*. 97:1279-1290.
27. SILVA, G. 2 006, Descripción de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras Tropicales. En: *Curso de Pastos y Forrajes*; Facultad de Ciencias Agrarias. UNSM, Perú.

28. TEASDALE Y MOHLER, 1993. www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0d.htm

29. THURSTON, 1992. www.monografias.com/trabajos39/biomasa-tomates/biomasa-tomates.shtml

30. ZABALLOS, J. P. 2006 Niveles de humedad del suelo y agua disponible; el agua en el suelo. www.weblogs.madrinasd.org



RESUMEN

En los últimos años, los cultivos de cobertura en asociación con otros cultivos vienen experimentando una rápida expansión, en especial aquellas coberturas leguminosas debido a los beneficios que aporta. Es por esto que se desarrolló el presente trabajo de investigación en la E.E. "Choclino", donde las características de los suelos son fuertemente ácidos y con predominancia inicial de "shapumba" (*Pteridium aquilinum*), teniendo como objetivo: Determinar el aporte de biomasa y nutrientes así como el efecto sobre las propiedades físicas del suelo. Se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar, con 04 tratamientos (coberturas en estudio) y tres repeticiones o bloques, cuyas comparación de medias fue realizado a través de la Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Los resultados obtenidos nos muestran diferencias significativas en cuanto a la biomasa total (foliar y radicular) en base a la materia seca, siendo la especie *Centrosema macrocarpum* superior con 10.09 tn ha^{-1} , en comparación a los demás tratamientos, el cual se ve reflejada en el aporte y reciclaje de nutrientes. También se determinó el efecto de las propiedades físicas del suelo, donde no se mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados, el cual nos indica que el manejo de las coberturas es una alternativa para la conservación de las propiedades del suelo en menor o mayor grado dependiendo del tipo de cobertura a usar.

Palabras claves: Cultivo de cobertura, nutrientes, conservación, suelos ácidos,

SUMMARY

In recent years, coverage crops in association with others crops are expanding rapidly, particularly those leguminous covers because of the benefits it brings. This is why we developed this research work at Seasonal Station "Choclino", where the characteristics of the soils are highly acidic and initially dominated by "Shapumba" (*Pteridium aquilinum*); the objective is: Determine the contributions of biomass and nutrients and the effect on soil physical properties. It was used the "Randomized Block Design", with 04 treatments (cover crops under study) and 03 replications or blocks, the comparison of means was performed by Duncan's test ($\alpha = 0.05$).

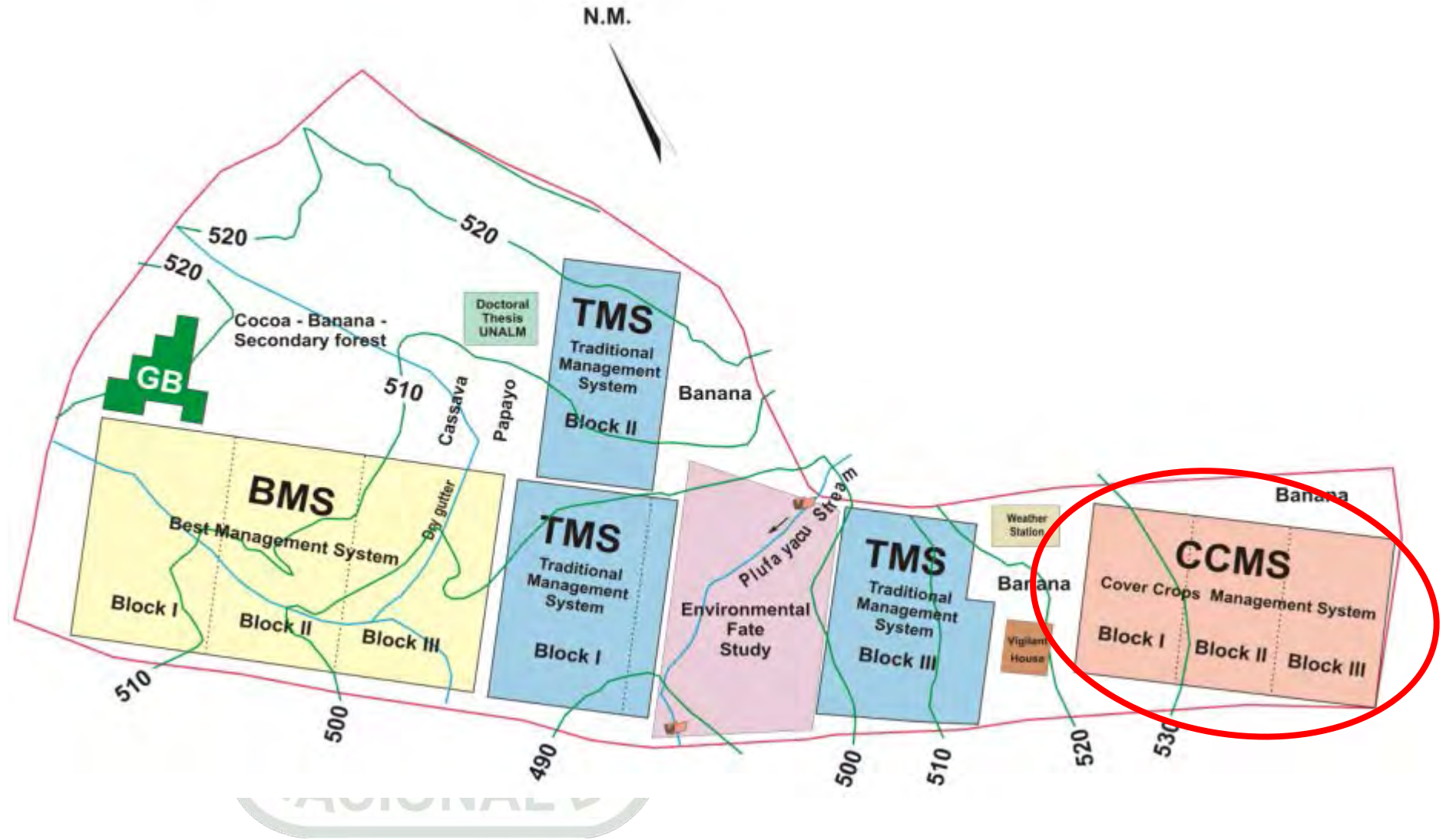
The result obtained show significant differences in the total biomass (foliar and root) based on the dry matter, *Centrosema macrocarpum* being superior with 10.09 tn ha^{-1} , in comparison with other treatments, which is reflected in the contribution and recycling of nutrients. Also we determined the effect of the physical proprieties of soil, where there were not differences between treatments, which indicates that the management of coverage is an alternative for the conservation of soil proprieties to a lesser or greater degree depending the kind of coverage to use.

Keywords: Coverage crops, Nutrients, Conservation, Soils acidic

ANEXOS



Anexo 1: Croquis de la Estación Experimental "EL CHOCLINO"



Anexo 2: Biomasa aérea

BLOQUES	COBERTURAS	TIPOS	REPETICION	BIOMASA Tn/Ha
I	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	1	3.60
I	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	2	6.70
I	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	3	4.90
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	1	2.80
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	2	5.50
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	3	4.30
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	1	6.90
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	2	6.60
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	3	6.90
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	1	6.30
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	2	3.50
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	3	2.50
II	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	1	5.30
II	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	2	3.90
II	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	3	5.80
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	1	6.00
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	2	2.60
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	3	1.80
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	1	9.10
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	2	9.70
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	3	11.90
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	1	3.50
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	2	2.50
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	3	5.00
III	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	1	4.20
III	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	2	2.80
III	<i>Arachis pintoii</i>	aérea	3	2.50
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	1	8.60
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	2	6.60
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	aérea	3	4.10
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	1	9.70
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	2	8.90
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	aérea	3	6.40
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	1	3.20
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	2	3.60
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	aérea	3	3.00

Anexo 3: Biomasa radicular

BLOQUES	COBERTURAS	TIPOS	REPETICION	BIOMASA Tn/Ha
I	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	1	3.00
I	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	2	2.59
I	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	3	1.75
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	1	0.46
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	2	0.37
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	3	0.80
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	1	1.11
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	2	1.81
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	3	0.95
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	1	1.16
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	2	0.80
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	3	0.45
II	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	1	1.48
II	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	2	2.45
II	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	3	3.09
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	1	0.77
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	2	0.08
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	3	0.62
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	1	1.13
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	2	1.02
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	3	0.84
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	1	0.44
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	2	1.05
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	3	1.00
III	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	1	2.12
III	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	2	2.17
III	<i>Arachis pintoii</i>	radicular	3	2.88
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	1	0.94
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	2	0.74
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	radicular	3	0.99
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	1	2.12
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	2	3.06
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	radicular	3	2.55
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	1	0.62
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	2	1.66
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	radicular	3	0.77

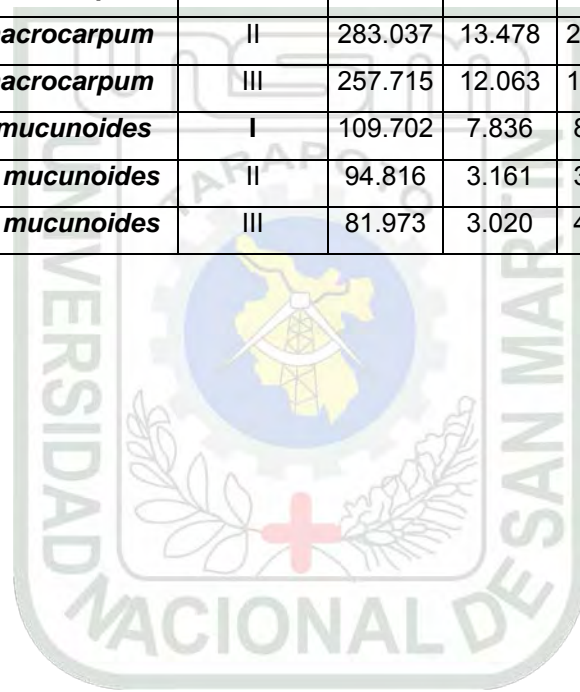
Anexo 4: Porcentaje de materia seca

COBERTURAS	BLOQUES	BIOMASA Tn/Ha	% MATERIA SECA
<i>Arachis pintoii</i>	I	7.519	28.690
<i>Arachis pintoii</i>	II	7.242	27.415
<i>Arachis pintoii</i>	III	5.541	26.685
<i>Canavalia ensiformis</i>	I	5.014	38.938
<i>Canavalia ensiformis</i>	II	3.960	36.818
<i>Canavalia ensiformis</i>	III	7.296	35.542
<i>Centrocema macrocarpum</i>	I	8.075	25.437
<i>Centrocema macrocarpum</i>	II	11.232	32.067
<i>Centrocema macrocarpum</i>	III	10.967	28.621
<i>Calopogonium mucunoides</i>	I	4.897	22.039
<i>Calopogonium mucunoides</i>	II	4.515	32.568
<i>Calopogonium mucunoides</i>	III	4.314	27.251



Anexo 5: Análisis foliar de las coberturas evaluadas

CBERTURAS	BLOQUES	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	Zn	Cu	Mn	Fe	B
<i>Arachis pintoï</i>	I	210.52	9.022	127.815	99.2445	30.074	10.526	60.1482	0.263	0.098	0.5037	9.203	0.226
<i>Arachis pintoï</i>	II	162.227	7.966	120.946	120.946	29.693	7.242	1.448	0.253	0.080	0.876	8.242	1.144
<i>Arachis pintoï</i>	III	113.045	6.096	92.542	74.255	21.612	5.541	1.108	0.150	0.050	0.465	5.154	0.139
<i>Canavalia ensiformis</i>	I	128.868	9.026	64.685	71.705	16.547	2.507	1.003	0.211	0.065	0.521	28.231	0.316
<i>Canavalia ensiformis</i>	II	105.335	6.732	59.796	64.151	11.484	3.960	0.792	0.135	0.067	0.337	11.444	0.095
<i>Canavalia ensiformis</i>	III	275.789	18.240	121.114	116.736	19.699	19.699	6.566	0.233	0.139	0.482	8.500	0.175
<i>Centrocema macrocarpum</i>	I	135.659	7.267	83.172	125.162	18.572	7.267	1.615	0.226	0.081	0.751	31.169	0.218
<i>Centrocema macrocarpum</i>	II	283.037	13.478	201.046	166.228	32.572	13.478	2.246	0.270	0.101	2.022	7.413	0.337
<i>Centrocema macrocarpum</i>	III	257.715	12.063	176.562	189.722	30.706	10.967	2.193	0.296	0.121	1.886	14.059	0.263
<i>Calopogonium mucunoides</i>	I	109.702	7.836	89.623	73.461	14.692	4.408	0.979	0.240	0.054	0.348	4.432	0.392
<i>Calopogonium mucunoides</i>	II	94.816	3.161	35.217	60.050	15.803	3.612	0.903	0.108	0.045	0.488	11.599	0.154
<i>Calopogonium mucunoides</i>	III	81.973	3.020	40.124	57.813	16.395	2.157	0.863	0.078	0.035	0.358	3.555	0.643



Anexo 6: Datos de infiltración del suelo

BLOQUE	COBERTURAS	REPETICION	K	n	VI cm/h	Ib cm/h
I	<i>Arachis pintoi</i>	1	0.573	0.591	20.972	12.744
I	<i>Arachis pintoi</i>	2	0.638	0.808	30.601	27.003
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	1	0.769	0.830	39.919	35.289
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	2	0.504	0.887	30.060	28.426
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	1	0.392	0.881	20.853	20.569
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	2	0.128	0.998	9.496	9.596
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	1	0.378	0.772	19.017	15.763
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	2	0.590	0.601	31.414	12.439
I	Testigo	1	0.1166	0.618	4.819	2.696
I	Testigo	2	0.1265	0.677	6.386	3.608
II	<i>Arachis pintoi</i>	1	3.210	0.716	153.138	112.275
II	<i>Arachis pintoi</i>	2	0.735	0.659	35.281	20.722
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	1	0.217	0.853	12.706	11.408
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	2	0.811	0.633	39.862	20.599
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	1	0.173	0.827	12.344	8.621
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	2	1.657	0.823	92.197	78.934
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	1	0.2618	0.4387	8.939	3.109
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	2	0.716	0.884	41.642	39.796
II	Testigo	1	0.137	0.908	7.973	7.785
II	Testigo	2	0.754	0.901	42.227	42.258
III	<i>Arachis pintoi</i>	1	2.868	0.853	156.839	143.969
III	<i>Arachis pintoi</i>	2	3.944	0.836	206.412	188.203
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	1	2.055	0.877	112.073	108.755
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	2	4.543	0.810	249.977	200.631
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	1	2.130	0.827	105.102	99.114
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	2	3.852	0.791	195.369	163.214
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	1	0.923	0.778	44.235	37.858
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	2	2.478	0.807	128.452	111.228
III	Testigo	1	1.209	0.841	69.530	60.906
III	Testigo	2	3.715	0.829	201.120	175.692

LEYENDA

K: Conductividad hidráulica

n: Curva de la pendiente

Ib: Infiltración básica (cm/h)

VI: Velocidad de la infiltración (cm/h)

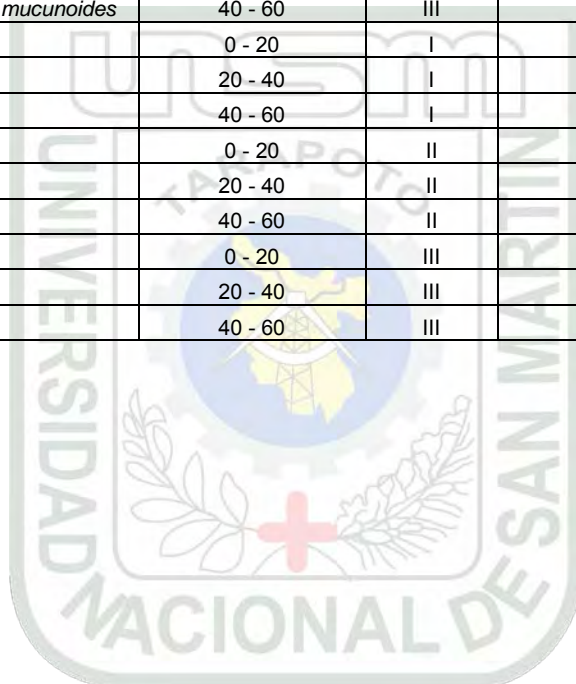
Anexo 7: Evaluación de resistencia vertical del suelo

TRATAMIENTOS	BLOQUES	RESISTENCIAS gr/cm ²
A. pinto	I	0.80
A. pinto	II	0.38
A. pinto	III	0.25
C. ensiformis	I	0.63
C. ensiformis	II	0.50
C. ensiformis	III	0.25
C. macrocarpum	I	0.50
C. macrocarpum	II	0.25
C. macrocarpum	III	0.25
C. mucunoides	I	0.50
C. mucunoides	II	0.25
C. mucunoides	III	0.55
T. absoluto	I	0.50
T. absoluto	II	0.38
T. absoluto	III	0.38

Anexo 8: Evaluación de resistencia horizontal del suelo

TRATAMIENTOS	PROFUNDIDAD cm	BLOQUES	RESISTENCIAS gr/cm ²
<i>Arachis pinto</i>	0 - 20	I	1.08
<i>Arachis pinto</i>	20 - 40	I	2.58
<i>Arachis pinto</i>	40 - 60	I	1.67
<i>Arachis pinto</i>	0 - 20	II	1.29
<i>Arachis pinto</i>	20 - 40	II	2.88
<i>Arachis pinto</i>	40 - 60	II	1.2
<i>Arachis pinto</i>	0 - 20	III	0.53
<i>Arachis pinto</i>	20 - 40	III	1.72
<i>Arachis pinto</i>	40 - 60	III	1.83
<i>Canavalia ensiformis</i>	0 - 20	I	1.22
<i>Canavalia ensiformis</i>	20 - 40	I	2.79
<i>Canavalia ensiformis</i>	40 - 60	I	0.92
<i>Canavalia ensiformis</i>	0 - 20	II	1.21
<i>Canavalia ensiformis</i>	20 - 40	II	2.26
<i>Canavalia ensiformis</i>	40 - 60	II	1.34
<i>Canavalia ensiformis</i>	0 - 20	III	1.29
<i>Canavalia ensiformis</i>	20 - 40	III	1.33
<i>Canavalia ensiformis</i>	40 - 60	III	1.03
<i>Centrocema macrocarpum</i>	0 - 20	I	0.71
<i>Centrocema macrocarpum</i>	20 - 40	I	2.31
<i>Centrocema macrocarpum</i>	40 - 60	I	2.39
<i>Centrocema macrocarpum</i>	0 - 20	II	1.06

<i>Centrocema macrocarpum</i>	20 - 40	II	2.03
<i>Centrocema macrocarpum</i>	40 - 60	II	2.22
<i>Centrocema macrocarpum</i>	0 - 20	III	1.75
<i>Centrocema macrocarpum</i>	20 - 40	III	2.23
<i>Centrocema macrocarpum</i>	40 - 60	III	1.55
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0 - 20	I	0.76
<i>Calopogonium mucunoides</i>	20 - 40	I	3.63
<i>Calopogonium mucunoides</i>	40 - 60	I	2.17
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0 - 20	II	1.28
<i>Calopogonium mucunoides</i>	20 - 40	II	2.27
<i>Calopogonium mucunoides</i>	40 - 60	II	1.77
<i>Calopogonium mucunoides</i>	0 - 20	III	1.14
<i>Calopogonium mucunoides</i>	20 - 40	III	2.1
<i>Calopogonium mucunoides</i>	40 - 60	III	1.58
Testigo	0 - 20	I	1.52
Testigo	20 - 40	I	3.63
Testigo	40 - 60	I	2.1
Testigo	0 - 20	II	1.63
Testigo	20 - 40	II	2.48
Testigo	40 - 60	II	2.12
Testigo	0 - 20	III	0.98
Testigo	20 - 40	III	1.25
Testigo	40 - 60	III	1.09



Anexo 9: Evaluación de densidad aparente del suelo

BLOQUES	COBERTURAS	PROFUNDIDAD cm	DAP gr/cm ³
I	<i>Arachis pintoii</i>	0-5	1.03
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	0-5	1.22
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	0-5	0.76
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	0-5	1.43
I	Testigo	0-5	1.23
I	<i>Arachis pintoii</i>	0-20	1.57
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	0-20	1.41
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	0-20	1.43
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	0-20	1.52
I	Testigo	0-20	1.33
I	<i>Arachis pintoii</i>	20-40	1.58
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	20-40	1.62
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	20-40	1.61
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	20-40	1.48
I	Testigo	20-40	1.57
I	<i>Arachis pintoii</i>	40-60	1.52
I	<i>Canavalia ensiformis</i>	40-60	1.29
I	<i>Centrocema macrocarpum</i>	40-60	1.51
I	<i>Calopogonium mucunoides</i>	40-60	1.5
I	Testigo	40-60	1.55
II	<i>Arachis pintoii</i>	0-5	0.93
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	0-5	1.19
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	0-5	1.05
II	<i>Calopogonium ensiformis</i>	0-5	1.24
II	Testigo	0-5	1.23
II	<i>Arachis pintoii</i>	0-20	1.31
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	0-20	1.39
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	0-20	1.6
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	0-20	1.24
II	Testigo	0-20	1.46
II	<i>Arachis pintoii</i>	20-40	1.49
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	20-40	1.59
II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	20-40	1.43
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	20-40	1.54
II	Testigo	20-40	1.49
II	<i>Arachis pintoii</i>	40-60	1.25
II	<i>Canavalia ensiformis</i>	40-60	1.52

II	<i>Centrocema macrocarpum</i>	40-60	1.53
II	<i>Calopogonium mucunoides</i>	40-60	1.55
II	Testigo	40-60	1.46
III	<i>Arachis pintoii</i>	0-5	0.99
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	0-5	0.80
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	0-5	0.99
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	0-5	1.10
III	Testigo	0-5	1.25
III	<i>Arachis pintoii</i>	0-20	1.34
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	0-20	1.37
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	0-20	1.52
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	0-20	1.22
III	Testigo	0-20	1.37
III	<i>Arachis pintoii</i>	20-40	1.46
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	20-40	1.42
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	20-40	1.56
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	20-40	1.24
III	Testigo	20-40	1.55
III	<i>Arachis pintoii</i>	40-60	1.44
III	<i>Canavalia ensiformis</i>	40-60	1.47
III	<i>Centrocema macrocarpum</i>	40-60	1.45
III	<i>Calopogonium mucunoides</i>	40-60	1.26
III	Testigo	40-60	1.50

Glosario de términos

1. **Biomasa:** Peso de la materia viva, por lo general expresado como contenido de materia seca de un área determinada. Peso o volumen total de organismos presentes en un área o volumen dados.
2. **Conservación:** Es un conjunto de prácticas aplicadas para promover el uso sustentable del suelo.
3. **Compactación:** Es un incremento de la densidad aparente del suelo, a medida que los suelos se compactan disminuye la porosidad y aumenta la densidad aparente.
4. **Cultivos de Cobertura:** Son aquellas plantas que se siembran para cubrir el suelo, sin importar si en el futuro será o no incorporados.
5. **Cuadrícula:** Herramienta para sortear áreas; tablero de juegos de fichas
Determinación de áreas mediante un trazado.
6. **Densidad Aparente :** Es un material o un cuerpo es la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga, es un buen indicador de importantes características del suelo; tales como porosidad, grado de aireación y capacidad de drenaje.
7. **Geotermómetro:** Es un instrumento que sirve para medir temperatura (en °C) a diferentes profundidades del terreno.
8. **Infiltración:** Es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo.
9. **Nutrientes:** Un nutrimento o nutriente es un producto químico procedente del exterior de la célula y que ésta necesita para realizar sus funciones vitales. Cualquier sustancia que promueve el crecimiento de organismos vivos. El término es generalmente aplicado para el nitrógeno.

10. **Materia Seca:** es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en condiciones de laboratorio. Es una noción usada. principalmente en biología y agricultura.
11. **Muestreo:** Es la técnica para la selección de una muestra a partir de una población.
12. **Resistencia del Suelo:** está dada por la fuerza que oponen los suelos a la penetración de un objeto punzante; esta fuerza se expresa en kg/cm^2 .
13. **Suelos Ácidos:** Es el proceso mediante el cual el pH del mismo disminuye, es decir, aumenta la concentración de H^+ y la capacidad de neutralización de bases.
14. **Velocidad de Infiltración:** Se define como la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo, cuando la superficie del terreno está cubierta por una capa de agua poco profunda.

