



UNIVERSIDAD CES

Un Compromiso con la Excelencia

Resolución del Ministerio de Educación Nacional No. 1371 del 22 de marzo de 2007

**Efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) en la fertilidad de un
suelo degradado**

Auxiliar de investigación:

Valeria Gómez Berrio

Asesores:

Gregory Mejía Sandoval

Carlos Alberto Gómez Mercado

Grupo de investigación: INCA-CES

Línea de investigación: Sistemas sostenibles de producción agropecuaria

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

MEDELLÍN

2016

RESUMEN

La investigación del efecto positivo de algunas leguminosas sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, ha venido cobrando importancia con los años, por su potencial de recuperación edáfica, y sus posibles usos como suplemento alimenticio en ganadería; en particular leguminosas como la vitabosa (*Mucuna deeringianum*). El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto sobre la fertilidad de un suelo degradado por sobrepastoreo, de un cultivo de vitabosa durante un ciclo vegetativo. El experimento se llevó a cabo en la finca La Labranza, ubicada en el municipio de Planeta Rica, Departamento de Córdoba. Se tomaron muestras de suelo para dos tratamientos control y vitabosa; realizándose dos muestreos, antes de la siembra y al final del ciclo vegetativo de la vitabosa. El resultado para el primer muestreo se evidencian los siguiente promedios para las características correspondientes a la textura: arena, limo y arcilla (50, 21 y 29, respectivamente) para la vitabosa, y (49, 21 y 30 respectivamente) para el control. Aunque no hubo una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.77$, 1.00 y 0.83 respectivamente), para el segundo muestreo existe un leve incremento en fracción de limo en el suelo cubierto con vitabosa (de 21 a 28). En cuanto al pH se encuentra un promedio de $(5,15 \pm 0,35)$ para el suelo con vitabosa y $(5,10 \pm 0,14)$ para el control, con ($p = 0.35$), lo cual indica que no hay significancia estadística. Se observó que en el segundo muestreo, hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos para las variables, azufre ($p = 0,02$) y manganeso ($p = 0,04$), aumentando en comparación con el primer muestreo, en 100 % y 44.4 % respectivamente; además, el magnesio también aumento en un 10.34 %. En lo que respecta al nitrato y amonio, se evidencio una diferencia estadística significativa en el segundo muestreo entre el suelo con vitabosa (133.5 mg/kg y 59 mg/kg) y el control (11 mg/kg y 17 mg/kg), ($p: 0.03$ y 0.007) para el nitrato y el amonio respectivamente. Hubo un aumento de 9.68 veces en la cantidad de nitrato y de 1.46 veces de amonio, entre el primer y segundo muestreo del suelo con vitabosa. Esto se debe a que una de las características principales para la recuperación de suelos con el uso de vitabosa es su capacidad de fijación de nitrógeno en el suelo.

Palabras clave: Vitabosa, recuperación de suelos, fertilidad, fijación de nitrógeno.

ABSTRACT

The research of the effect that some leguminous plants have over the physical, chemical and biological properties of the soil has gained significance over the years, because of their potential to recover the soil's properties, and it's potential use as nutritional supplement in animal production, specifically leguminous as Vitabosa (*Mucuna deeringianum*). The objective of this study was to evaluate the

effect on the fertility of a soil degraded by overgrazing Of a vitabosa crop during a vegetative cycle. The experiment was carried out in the farm La Labranza, located in Planeta Rica in the department of Córdoba. The test consisted of four blocks, two sowed with Vitabosa and two for Control. Two sampling were taken, before sowing time and at the end of the vegetative cycle of the Vitabosa. In the result for the first sampling the following averages are evidenced for the characteristics corresponding to the texture: sand, silt and clay (50, 21 y 29, respectively) for the vitabosa, and (49, 21 y 30, respectively) for control. Although there was no statistically significant difference ($p = 0.77$, 1.00 and 0.83 respectively), For the second sampling there is a slight increase in slime fraction in the soil covered with vitabosa (21 a 28). As for the pH is an average of ($5,15 \pm 0,35$) For the floor with vitabosa and ($5,10 \pm 0,14$) for control, With ($p = 0.35$), Which indicates that there is no statistical significance. It was observed that in the second sample, there were statistically significant differences between the average of the groups for the variables, sulfur ($p = 0,02$) and manganese ($p = 0,04$), Increasing in comparison with the first sampling, in 100% and 44.4% respectively; In addition, magnesium also increased by 10.34%. As regards nitrate and ammonium, a significant statistical difference was observed in the second sampling between the soil with vitabosa (133.5 mg/kg and 59 mg/kg) and the control (11 mg/kg and 17 mg/kg), ($p: 0.03$ and 0.007) For nitrate and ammonium respectively. There was a 9.68-fold increase in the amount of nitrate and 1.46-fold of ammonium between the first and second sampling of the soil with vitabosa. This is because one of the main characteristics for the recovery of soils with the use of vitabosa is its ability to fix nitrogen in the soil.

Key words: Vitabosa, Soil recovery, fertility, nitrogen fixation.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades vitabosa

La *Mucuna deeringianum*, también conocida como Vitabosa, *Stizolobium deeringianum* o *Mucuna enana* es una planta originaria de la India. Es una leguminosa con buena capacidad para controlar la erosión, y eficiente en la reconstitución del material orgánico, la micro, meso y macrofauna del suelo (1,2). Esta leguminosa se utiliza principalmente como forraje y abono verde; por su crecimiento voluble y alta agresividad. A partir de 1860 y hacia 1890

en Estados Unidos se comenzó a utilizar como cultivo de cobertura para el control de malezas y mejoramiento de suelos (3,4).

La vitabosa, es una leguminosa anual, que crece en forma de enredadera, sus hojas son grandes y trifoliadas, tiene tallos delgados, sus flores son blancas o violáceas, las vainas de cáscara gruesa cubiertas de fina pubescencia, con 3 a 6 semillas por vaina; sus raíces forma numerosos nódulos cerca de la superficie del suelo, formado cadenas simbióticas del género *Rhizobium* que se encargan de fijar nitrógeno atmosférico. El sistema radicular de la vitabosa es suficientemente profundo y bien desarrollado, lo cual le permite tener alta resistencia a condiciones de baja humedad en el suelo (5).

Esta leguminosa fue empleada como planta de cobertura por muchos años, sin embargo, con la aparición de los herbicidas y de los fertilizantes sintéticos esta especie se dejó de utilizar. Actualmente, con el incremento en los precios de los insumos agrícolas y el deseo de lograr sistemas agrícolas más sostenibles, ambiental y económicamente, se ha retomado esta práctica agrícola como una alternativa para el manejo de los cultivos (6).

1.2 Estructura del suelo

La estructura del suelo es la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla, estas partículas pueden comportarse como elementos individuales o agruparse en agregados; afecta directamente la cantidad de espacio poroso, su continuidad y el tamaño de los poros. Está relacionada con el crecimiento de las raíces, la disponibilidad de agua y el transporte de gases en el suelo (7,8). Según la capacidad de absorción, se habla de macroestructura o microestructura; a macroestructura, son las partículas secundarias y primarias visibles a

simple vista; y la microestructura, son aquellas que pertenecen a las partículas primarias y va a formar las secundarias; de ellas depende en gran medida la formación de macroestructuras (9,21).

Desde el punto de vista de la estructura del suelo, la agregación está dada por dos fenómenos importantes que son la floculación y la cementación. La floculación se fundamenta mediante la atracción entre los bordes positivos y las caras negativas de las arcillas, al perder estabilidad en el sistema, muchos coloides floculan. La cementación por otra parte, consiste en el enlace mutuo de las partículas floculadas. La reorganización de estas partículas en agregados, está directamente relacionada con una difusión térmica. También dependen de una buena aireación y la composición gaseosa de los poros del suelo, es decir si hay o no oxígeno (7,8).

La estructura está directamente relacionada con la retención y la conducción del agua, las cuales dependen del espacio poroso, del tamaño y la distribución de los poros; influye en las operaciones de labranza, y el crecimiento vegetal, a través de sus efectos sobre el ambiente del suelo en el que opera el sistema radical. La estructura afecta tanto el suministro de agua como la capacidad de aire, la temperatura del suelo y la resistencia que ofrece el crecimiento de las raíces (7,8, 10).

Mejía et al, 2017, se encontró que el tamizado del suelo seco y húmedo presento aumento en el porcentaje de agregados de menor tamaño (< 0,5 mm) de un 68,97%, y una disminución en el porcentaje de agregados de mayor tamaño (8,0 . 6,3 mm) de 81,23%, evidenciando la actividad del sistema radicular de la vitabosa y su potencial para generar una disgregación de las partículas y disminuir así la compactación del suelo. Adicionalmente, presento un aumento de la retención de humedad a presiones de 0,3 y 15 bares, 3,2% y 44,6% respectivamente, lo que confirma el efecto beneficioso de esta leguminosa para el suelo ya que al

retener más agua aumenta la disponibilidad de esta para las plantas y se evita la lixiviación de otros elementos (11).

1.3 Microorganismos del suelo

Los microorganismos realizan en el suelo sus procesos vitales y derivan su energía de la oxidación de los residuos orgánicos que dejan plantas y animales. La continua oxidación que realizan los microorganismos genera unos residuos que representan un conjunto de elementos que son esenciales para la planta, su crecimiento y desarrollo vegetativo. Así que un suelo fértil es el que contiene una reserva adecuada de elementos nutritivos, en forma asimilable para la planta, o bien una población microbiana que este liberando sustancias nutritivas con la suficiente rapidez para un crecimiento vegetal intenso (2).

En un suelo fértil debe haber entre 50 a 200 millones individuos por gramo de suelo, y por hectárea de capa superior de suelo de 3 a 6 toneladas métricas de cuerpos microbianos que pueden contener el 6.5% del nitrógeno posible para ser liberado al suelo. La rizosfera (zona del suelo más próxima a la raíz) también ejerce un importante efecto sobre la población microbiana del suelo, especialmente a través de los compuestos solubles e insolubles liberados por las células de la raíz, los cuales actúan como refuerzo de la actividad microbiana o bien como inhibidores de la misma (12).

Los organismos del suelo son casi todos heterótrofos, debido a que su principal función ecológica y agronómica del suelo es descomponer las sustancias orgánicas. La cadena trófica terrestre inicia con la caída del material vegetal o animal al suelo, el cual es descompuesto y luego atacado por la microflora, por la microfauna, y por la mesofauna; los productos que surgen de esta degradación entran al suelo donde cumplen la

mineralización, quedando estos compuestos a disposición de las plantas clorofílicas epigeas, cerrándose el ciclo (2).

El manejo agrícola convencional, que incluye el uso excesivo de maquinaria, ha favorecido el aumento en la erosión del suelo y la concentración de dióxido de carbono atmosférico, la aplicación de sistemas de manejo con uso reducido o nulo de maquinaria ha sido una estrategia para revertir este proceso de deterioro de los suelos (13). Sin embargo, esta alternativa no es suficiente para garantizar la sustentabilidad. Se deben desarrollar sistemas de manejo sustentable, los cuales representan una gran dificultad, debido a la demanda social vinculada con la eficiencia y presión en el uso del recurso y la capacidad de mantener un balance favorable (14).

Mejía et al, 2016, se evidencio diferencia significativa entre un lote control y otro sembrado con vitabosa, el segundo demostró una mayor cantidad de unidades formadoras de colonia, 876.000 UFC/g de suelo seco y 2,85% más de humedad; lo que implica una mayor actividad de los microorganismos del suelo, generando en principio una mejor bioquímica edáfica. En el segundo muestreo realizado, el número de colonias contadas en los tratamientos con Vitabosa varían entre 350-450, mientras que el número de colonias contadas en el control varían entre 25-70, teniendo esto una alta significancia biológica en términos de los beneficios edáficos y productivos (15).

1.4 Fertilidad

Fertilidad es la capacidad de producción y suministro de nutrientes en el suelo, para que sean biodisponibles a las plantas, esta se puede establecer a través de la caracterización química y física de un suelo. Para conservar un suelo fértil es necesario controlar el balance de nutrientes aportado, la

cantidad de producción esperada y la eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas (16).

Cuan hablamos de condiciones óptimas para el asentamiento de las plantas, las diferentes características del suelo no actúan independientemente, sino que se relacionan de forma armónica, contribuyendo todas a la fertilidad del suelo. Si alguno de los elementos que componen el suelo falla, sea físico, químico o biológico, la fertilidad del mismo estará comprometida (17). El suelo es un ecosistema vivo y complejo, compuesto por agua, aire, sustancias sólidas y microorganismos que interactuando activamente generan la presencia y disponibilidad de nutrientes, los cuales son determinantes sobre la condición del suelo y la continuidad de las actividades agropecuarias en los sistemas productivos (16).

Un suelo degradado es cuando se da una disminución en la capacidad del suelo para soportar vida, a partir de cambios en sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas, que conllevan a su deterioro. Al degradarse un suelo este pierde su capacidad de producción, como consecuencia se hace necesario añadirle más cantidad de abono, lo cual siempre producirá cosechas inferiores a las que produciría el suelo si no estuviera degradado (18). Las alteraciones en un ecosistema tropical, por sutiles que parezcan, pueden producir reacciones en cadena capaces de alterar en proporción exponencial todo el ecosistema (19).

Un suelo sujeto a un pastoreo continuo, se degrada lentamente y va perdiendo fertilidad, Por tanto, se hace necesario generar la restitución de los nutrimentos del suelo, bien sea con heces, fertilizante orgánico, fertilizante inorgánico, o una combinación de estos tres insumos, pero esto puede llegar a ser insuficiente. El análisis de la fertilidad de un suelo debe hacerse en términos más amplios, incluyendo variables como químicas,

físicas, biológicas y ambientales. Si se logran mantener los principios ecológicos de ecosistemas naturales, es probable que a largo plazo se produzca un rendimiento más alto del suelo tropical (20).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) en algunas variables de fertilidad de un suelo degradado, con potencial para la ganadería en la finca La Labranza, en el municipio de Planeta Rica, durante el periodo de un año, 2015-2016

2.2 Objetivos específicos

- 2.2.1** Evaluar en un suelo degradado, el efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) sobre la textura y el pH un ciclo vegetativo de un año.
- 2.2.2** Evaluar en un suelo degradado, el efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) sobre la cantidad de minerales en un ciclo vegetativo de un año.
- 2.2.3** Evaluar en un suelo degradado, el efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) sobre la cantidad de nitrógeno en un ciclo vegetativo de un año.

3. PLAN METODOLÓGICO

3.1 Diseño del estudio

El estudio tuvo un diseño experimental de tipo cuasi-experimento prospectivo longitudinal. Es experimental porque en medio del estudio, se manipularon una o más variables, para así medir el efecto de la planta vitabosa (*Mucuna deeringianum*), con respecto al tratamiento de control; es cuasi-experimental porque no se tuvo el control de todas las variables que afectaron el proyecto, y prospectivo por que la información se recolectó durante el estudio, a la vez se realizaron varias mediciones en diferentes tiempos del proyecto, por lo que es longitudinal la frecuencia de las observaciones.

3.2 Población de estudio

El experimento se llevó a cabo en la finca La Labranza, ubicada en el Municipio de Planeta Rica, del Departamento de Córdoba. La población de estudio constó de dos tratamientos: el primero con vitabosa (*Mucuna deeringianum*) identificado con la letra V y el segundo es el tratamiento control identificado con la letra C. en ambos tratamientos se tuvieron igualdad de condiciones ambientales y de manejo. Cada tratamiento constó de un bloque de media hectárea dividido en 50 celdas (10 m x 10 m), (ver figura 1).

Figura 1. Disposición de los tratamientos.

	1V	2V	3V			1C	2C	3C	
	4V	5V	6V			4C	5C	6C	
	7V	8V	9V			7C	8C	9C	
	10C	11C	12C			10V	11V	12V	
	13C	14C	15C			13V	14V	15V	
	16C	17C	18C			16V	17V	18V	

Verde: Vitabosa, Café: control. Cada cuadrícula es de 10 m x 10 m.

Las cuadrículas con trama no se muestrearán, por el efecto borde.

3.3 Muestreo

En la figura 1, se observa el lote total del ensayo, dividido por celdas, adicionalmente dentro de este lote se tuvieron dos bloques para el Control (C) y dos bloques con vitabosa (V); a su vez cada bloque tiene definida 9 celdas internas. De cada celda, pertenecientes a cada bloque, se tomó una muestra representativa de suelo a 20 cm de profundidad, la cual fue homogenizada dando como resultado cuatro muestras de suelos finales para el envío al laboratorio, dos muestras de suelo de control y dos del tratamiento con vitabosa. En un año se realizaron dos muestreos, antes de la siembra y al final del ciclo vegetativo de la vitabosa.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, en donde fueron procesadas y analizadas.

3.4 Criterios de admisión

3.4.1 Criterios de inclusión:

- “ Suelos degradados por sobrepastoreo.
- “ Terrenos que no se van a utilizar en un periodo mínimo de 1.5 años.
- “ Terrenos que estén entre 0 y 2000 metros sobre el nivel del mar.
- “ Suelos que no tengan otras leguminosas cultivadas.
- “ Terrenos que no estén cerca de cultivos comerciales.

3.4.2 Criterios de exclusión:

- “ Suelos que hayan sido labrados o fertilizados 1 año antes del inicio del proyecto.
- “ Terrenos de difícil acceso y que no cuenten con una fuente de agua cercana.
- “ Suelos que tengan una pendiente mayor al 0.5%.

3.5 Tipo de muestreo

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, y las muestras se tomaron completamente al azar en cada uno de los tratamientos.

3.6 Descripción de las variables

Las variables están detalladas en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de variables.

No.	Variable	Unidad medida	de	Naturaleza	Nivel de Medición
1	Textura	Porcentaje		Cuantitativa continua	Razón
2	pH	-		Cuantitativa continua	Razón
3	M.O.	Porcentaje		Cuantitativa continua	Razón
4	Al	Cmolc/kg		Cuantitativa continua	Razón
5	Ca	Cmolc/kg		Cuantitativa continua	Razón
6	Mg	Cmolc/kg		Cuantitativa continua	Razón
7	K	Cmolc/kg		Cuantitativa continua	Razón
8	CICE	-		Cuantitativa continua	Razón
9	P	Mg/kg		Cuantitativa continua	Razón
10	S	Mg/kg		Cuantitativa continua	Razón
11	Fe	mg/kg		Cuantitativa continua	Razón
12	Mn	mg/kg		Cuantitativa continua	Razón
13	Cu	mg/kg		Cuantitativa continua	Razón
14	Zn	mg/kg		Cuantitativa	Razón

			continua	
15	B	mg/kg	Cuantitativa continua	Razón
16	N-NO3	mg/kg	Cuantitativa continua	Razón
17	N-NH4	mg/kg	Cuantitativa continua	Razón

3.7 Descripción de procedimientos

3.7.1 Autorizaciones

Se solicitó autorización al dueño del terreno donde se realizó el estudio, el cual firmó una carta de compromiso para el buen desarrollo de la investigación. El modelo de carta fue la siguiente:

Figura 2. Autorización para la realización del proyecto de investigación.

<p>Fecha:</p> <p>Título: CARTA DE AUTORIZACION PARA EL USO DEL TERRENO - - - - PARA LLEVAR ACABO EL PROYECTO DE INVESTIGACION EN EL CULTIVO DE VITABOSA</p> <p>Estimado señor(a) _____ la presente carta tiene el objetivo de formalizar la petición acerca del uso de su terreno ubicado en _____, perteneciente a la finca _____ donde se dispondrá de _____ m² para la realización de un proyecto de investigación en donde se sembrara la planta Vitabosa (<i>Mucuna deeringianum</i>) para determinar su capacidad de</p>

reconstitución de suelos con potencial para la ganadería, este proyecto tendrá un periodo de duración de _____ durante el cual estaremos disponiendo del terreno y de su accesibilidad, por lo cual usted se compromete a dar autorización para, la siembra de diversas plantas, el uso del agua e instalaciones cercanas, la entrada de personal y maquinaria al lugar, y la toma de fotografías con fines investigativos.

Firma del propietario

3.7.2 Recopilación de datos

Las semillas de vitabosa (*Mucuna deeringianum*) se sembraron a una distancia entre semillas de 25 centímetros y dos semillas por sitio. El tratamiento control no tuvo ninguna intervención. Cada muestra fue tomada por una misma persona en cada periodo, para evitar alteraciones en los resultados, como diferencias en el tamaño, la cantidad y calidad de la muestra entre otras.

3.7.3 Control de sesgos

Se contrató un jornal para las labores culturales, esta persona fue la misma a través de toda la duración del proyecto. Además, la persona que tomó las muestras fue la misma en los dos tratamientos. Se evitó el efecto borde tomando las muestras como se detalla en los ítems respectivos. Todas las muestras se tomaron en el centro de cada una de las celdas, pues es el lugar más imparcial de cada una y se considera que es el punto donde más se refleja el efecto.

3.7.4 Plan de análisis

Los datos obtenidos durante el tiempo del experimento fueron analizados por medio de estadística descriptiva verificando la normalidad de los datos; se realizó un ANOVA unifactor para conocer si hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de las variables de fertilidad en cada muestreo

Los resultados de los muestreos son presentados en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Medidas de resumen de la fertilidad del suelo en el primer muestreo, 2015.

		Vitabosa			Controles		
		Obs	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	Valor P*
Textura (%)	A (Arena)	2,00	50,00	0,00	49,00	4,24	0,77

	L (Limo)	2,00	21,00	1,41	21,00	1,41	1,00
	Ar (Arcilla)	2,00	29,00	1,41	30,00	5,65	0,83
pH		2,00	5,15	0,35	5,10	0,14	0,87
M.O. (%)		2,00	2,30	0,84	1,75	0,77	0,56
Al (cmolc/kg)		2,00	0,35	0,21	0,95	1,06	0,51
Ca (cmolc/kg)		2,00	2,50	0,14	2,45	0,63	0,92
Mg (cmolc/kg)		2,00	1,45	0,21	2,80	1,55	0,34
K (cmolc/kg)		2,00	0,08	0,00	0,11	0,04	0,42
CICE		2,00	4,40	0,14	6,30	1,97	0,30
P (mg/kg)		2,00	3,50	0,70	3,00	0,00	0,42
S (mg/kg)		2,00	0,00	0,00	1,50	2,12	0,42
Fe (mg/kg)		2,00	51,50	19,09	59,00	1,41	0,63
Mn (mg/kg)		2,00	12,00	1,41	13,00	2,82	0,69
Cu (mg/kg)		2,00	1,50	0,70	3,50	2,12	0,33
Zn (mg/kg)		2,00	1,00	0,00	1,50	0,70	0,42
B (mg/kg)		2,00	0,30	0,00	0,25	0,07	0,42
N-NO ₃ (mg/kg)		2,00	12,50	6,36	45,00	55,15	0,49
N-NH ₄ (mg/kg)		2,00	24,00	9,89	45,00	21,21	0,33

* T de Student

* (Capacidad de intercambios de cationes efectiva)

Tabla 3. Medidas de resumen de la fertilidad del suelo en el segundo muestreo, 2016.

	Vitabosa			Controles			Valor P*
	Obs	Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar		
Textura (%)	A (Arena)	2,00	51,00	9,89	62,00	0,00	0,25
	L (Limo)	2,00	28,00	2,82	21,00	4,24	0,19
	Ar (Arcilla)	2,00	21,00	7,07	17,00	4,24	0,57
pH		2,00	4,70	0,14	5,25	0,63	0,35
M.O. (%)		2,00	2,20	0,14	3,25	0,49	0,10
Al (cmolc/kg)		2,00	0,20	0,00	0,10	0,14	0,42
Ca (cmolc/kg)		2,00	2,00	0,42	2,10	0,84	0,89
Mg (cmolc/kg)		2,00	1,60	0,56	1,53	0,94	0,94
K (cmolc/kg)		2,00	0,17	0,00	0,35	0,38	0,57
CICE		2,00	4,00	0,14	4,10	1,97	0,95
P (mg/kg)		2,00	2,00	0,00	2,00	0,00	NC*
S (mg/kg)		2,00	10,00	1,41	3,00	0,00	0,02
Fe (mg/kg)		2,00	44,00	11,31	57,00	25,45	0,57
Mn (mg/kg)		2,00	27,00	5,65	4,50	3,53	0,04
Cu (mg/kg)		2,00	2,00	0,00	2,00	0,00	NC
Zn (mg/kg)		2,00	1,00	0,00	2,50	0,70	0,09
B (mg/kg)		2,00	0,30	0,00	0,35	0,21	0,77

N-NO ₃ (mg/kg)	2,00	133,5	33,23	11,00	8,48	0,03
N-NH ₄ (mg/kg)	2,00	59,00	4,24	17,00	2,82	0,007

* No calculado

* T de Student

* (Capacidad de intercambios de cationes efectiva)

4.2 Análisis de las diferencias relacionadas con la fertilidad en los dos muestreos

En la tabla 3 se presentan las diferencias entre las muestras realizadas, tanto de vitabosa como control.

Tabla 3. Diferencias relacionadas con la fertilidad del suelo de los dos muestreos, 2015 y 2016.

Variables	Media	Intervalo de confianza	Valor de P*	
A (Arena)	- 7,00	-21,81 a 7,81	0,23	
Textura (%)	L (Limo)	-3,50	-11,87 a 4,87	0,27
	Ar (Arcilla)	10,50	-2,32 a 23,32	0,08
pH	0,15	-0,77 a 1,07	0,64	
M.O. (%)	-0,70	-2,32 a 0,92	0,26	
Al (cmolc/kg)	0,50	-0,57 a 1,57	0,23	
Ca (cmolc/kg)	0,42	-0,14 a 0,99	0,09	
Mg (cmolc/kg)	0,55	-2,09 a 3,21	0,55	

K (cmolc/kg)	-0,16	-0,50 a 0,17	0,22
CICE	1,30	-2,82 a 5,42	0,39
P (mg/kg)	1,25	0,45 a 2,04	0,01
S (mg/kg)	-5,75	-13,90 a 2,40	0,11
Fe (mg/kg)	4,75	-21,44 a 30,94	0,60
Mn (mg/kg)	-3,25	-25,80 a 19,30	0,67
Cu (mg/kg)	0,50	-2,25 a 3,25	0,60
Zn (mg/kg)	-0,50	-2,09 a 1,09	0,39
B (mg/kg)	-0,05	-0,20 a 0,10	0,39
N-NO3 (mg/kg)	-43,50	-196,59 a 109,59	0,43
N-NH4 (mg/kg)	-3,50	-65,66 a 58,66	0,86

* T pareada

5. DISCUSION

En el primer muestreo (ver tabla 2), se presentan las proporciones de las características correspondientes a la textura: arena, limo y arcilla (50, 21 y 29, respectivamente) para la vitabosa, y (49, 21 y 30 respectivamente) para el control. Aunque no hubo una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.77$, 1.00 y 0.83 respectivamente), se nota un leve incremento en fracción de limo en el suelo cubierto con vitabosa para el segundo muestreo (de 21 a 28) (ver tabla 3). En principio, esta diferencia podría, a mediano plazo, y con un buen manejo del suelo, aumentar la CICE y la fijación de cationes.

El suelo control, tuvo una diferencia considerable con respecto al aumento de la fracción de arena y la disminución de la fracción de arcilla, entre el muestreo 1 y el

2, de 49 a 62 y 30 a 17, respectivamente; lo cual se puede explicar por el intenso verano que hubo en la región durante el desarrollo del proyecto. La disminución de la fracción de arcilla entre el muestreo 1 y 2 del 43.3 % afectó drásticamente la reducción de la CICE en el control, de 6.3 en el primer muestreo a 4.1 en el segundo muestreo (53.6 %) (ver tablas 2 y 3).

El promedio de pH fue de $5,15 \pm 0,35$ para el suelo con vitabosa y de $5,10 \pm 0,14$ para el control, con un valor $p = 0.35$; lo cual indica que no hay significancia estadística, concluyendo biológicamente, que no existe una variación considerable de esta variable. El suelo de la región por su génesis edáfica es ácido, por tanto, para implementar cultivo de forrajes, se debería realizar una corrección con una enmienda que lleve el pH a 6.5 aproximadamente (ver tablas 2 y 3).

Los minerales en el primer muestreo no tuvieron ninguna significancia estadística, debido a que los valores de p fueron mayores a 0.05. Se observó que en el muestreo 2, hubo diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos para las variables, azufre ($p = 0,02$) y manganeso ($p = 0,04$), aumentando en comparación con el muestreo 1, en 100 % y 44.4 % respectivamente; además, el magnesio también aumentó en un 10.34 % (ver tablas 2 y 3). Esto se puede explicar, debido al aumento en la actividad microbiológica encontrada en el suelo con vitabosa, tal cual lo comprobaron Mejía et al, 2016, en donde se evidenció una diferencia significativa entre el lote control y el sembrado con vitabosa, en donde el segundo demostró una mayor cantidad de unidades formadoras de colonia, 876.000 UFC/g de suelo seco y 2,85% más de humedad; y el número de colonias contadas en los tratamientos con vitabosa variaron entre 350-450, mientras que el número de colonias contadas en el control variaron entre 25-70 (15).

Con respecto al nitrato y amonio, se encontró una diferencia estadística significativa en el segundo muestreo entre el suelo con vitabosa (133.5 mg/kg y 59

mg/kg) y el control (11 mg/kg y 17 mg/kg), con valores de p de 0.03 y 0.007 para el nitrato y el amonio respectivamente. Hubo un aumento de 9.68 veces en la cantidad de nitrato y de 1.46 veces de amonio, entre el primer y segundo muestreo del suelo con vitabosa; esto se explica por la capacidad de fijación de nitrógeno de la vitabosa, podemos observar qué en el control, la cantidad de nitrato y amonio disminuyó en un 24.4 % y 37.7 % respectivamente, del primer al segundo muestreo.

Finalmente, para analizar si hubo diferencia entre las medias de las muestras dependientes o repetidas, se aplicó la prueba estadística T . pareada, y de acuerdo a los resultados se observó que sólo la variable P (fósforo) presentó diferencias estadísticas significativas entre los grupos ($p = 0,01$) (ver tabla 3). Esto se explica, porque las frecuencias son iguales y la desviación estándar es cero en el suelo con vitabosa y el control para el segundo muestreo; además, en el primer muestreo el valor de p fue de 0.42. El fósforo disminuyó en el segundo muestreo a 2 mg/kg en ambos grupos.

6. CONCLUSIONES

1. Se deben realizar enmiendas para corregir el pH, debido a que no hubo diferencias significativas entre el suelo con vitabosa y el control.
2. El azufre, el manganeso y el magnesio, fueron los minerales que tuvieron una diferencia significativa positiva en el suelo con vitabosa, comparado con el suelo control. El aumento en comparación con el muestreo 1 fue de 100 % para el azufre, 44.4 % para el manganeso y 10.34 % para el magnesio.
3. El aumento de algunos minerales en el segundo muestreo con vitabosa, se soporta en el hecho del aumento en la actividad microbiológica en este grupo.
4. La capacidad de fijación de nitrógeno de la vitabosa, generó un aumento en 9.68 veces la cantidad de nitrato y 1.46 veces la cantidad de amonio, para el segundo muestreo, evidenciando los efectos positivos en el suelo con vitabosa. De igual manera estos resultados, evidencian de una manera indirecta, un aumento en los nitrosomas y nitrobacter.

5. En términos generales, se puede concluir que la vitabosa tuvo un efecto positivo en la recuperación de la fertilidad del suelo degradado por sobrepastoreo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. García E, López M, Valencia R, Garzón V, Navas G, Salamanca C, et al. Soya: Alternativa para los sistemas de producción de la Orinoquia Colombiana. Primera edición. Villavicencio, Meta, Colombia; 2006.
2. Gregory MS. Evaluación del sistema de siembra directa sobre abono verde en el centro COTOVE. Universidad Nacional de Colombia Seccional Medellín. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería agrícola y Alimentos, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín, 1999. 70p.
3. Restrepo A. y Márquez C. (1994). Experiencia agropecuaria cooperativa de las tribus Gigal (Chocó) en Economías de las comunidades rurales en el Pacífico Colombiano. Quibdó 19 . 21 de octubre de 1994. Proyecto Biopacífico . Ministerio de Medio Ambiente. Santa Fé de Bogotá. 1995. Pp. 61 . 68.
4. Ruben Alvarez-Fernandez. Herbicides . environmental impact studies and management approaches. 2012.
5. Angel Francisco Rojas Barahona. Caracterizacion fisico-mecanica de la semilla de vitabosa (Mucuna deeringiana). 2010.

6. Caamal-Maldonado, J.A., Jiménez O.J. Torres, B. y Anaya, A. L. (2001). The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Agronomy Journal*, 93, 27-36.
7. R. Horn, H. Taubner, M. Wuttke. Soil physical properties related to soil structure. Elsevier. 1994.
8. Hugo Montenegro Gonzalez, Dimas Malagon Castro. Propiedades físicas de los suelos. 1990.
9. ALVAREZ, C. y VELOZO, C. Contribución a la caracterización de suelos del área basáltica alrededores de Laureles, Depto. de Salto; primera aproximación. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía, 1974. 30 p.
10. A.R. Dexter. Soil physical quality Part III: Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. Elsevier. 2004; 13 p.
11. Gregory Mejía, Carlos Alberto Gómez, Juan Pablo Gómez y Ana María Escobar. Efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) en algunas variables de estabilidad estructural de un suelo degradado. Grupo de investigación: INCA-CES. Línea de investigación: Sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Medellín. 2017.
12. ROOK, R. J. and SPRENT, J.I. The role of the microorganism in a sustainable Agriculture. NY 1990.
13. Grandy AS, Robertson GP, Thelen KD. Do productivity and environmental trade-offs justify periodically cultivating no-till cropping systems? *Agron J* 2006; 98: 1377-83.
14. Doran JW, Zeiss MR. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Appl Soil Ecol* 2000; 15: 3-11.
15. Gregory Mejía, Carlos Alberto Gómez, y Andrea Díaz. Efecto de la planta Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) en la biodiversidad bacteriana de un suelo degradado. Grupo de investigación: INCA-CES. Línea de investigación: Sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Medellín. 2016.
16. Fassbender H y Bornemisza E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José. Costa Rica. 420 pp

17. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas . SINCHI. (2006). Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la amazonia colombiana. Bogotá, D.C.
18. Funes, F. (1975). Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. *Cubana Cienc. Agric*, 9, 395-412.
19. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción AgropecuariaCIPAV. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución.
20. Altieri M y Yurjevic A. 1991. La agroecología y el Desarrollo Rural Sostenible en América Latina. *Agroecología y Desarrollo*. CLADES. Año2. No 1.25-36p
21. Jackson LE, Calderonb FJ, Steenwertha KL, Scow KM, Rolston DE. Responses of soil microbial processes and community structure to tillage events and implications for soil quality. *Geoderma* 2003; 114: 305-17