

**Evaluación de la eficiencia del maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el mejoramiento de la  
calidad de suelos, en condiciones de competencia en un arreglo agroforestal sin manejo  
agronómico**

**DIANA MARCELA GÓMEZ FORERO**

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente

Acacias – Colombia

2015

**Evaluación de la eficiencia del maní forrajero *Arachis pinto* en el mejoramiento de la calidad de suelos, en condiciones de competencia en un arreglo agroforestal y sin manejo agronómico.**

AUTOR: DIANA MARCELA GÓMEZ FORERO

Trabajo de Investigación presentada a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Como requisito Para optar al Título de: Ingeniera Agroforestal

Director (a): RAUL VARGAS VARGAS

Línea de Investigación: Desarrollo Rural

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrarias Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Acacias – Colombia

2015

Nota de aceptación

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

---

Jurado

Acacias Abril de 2015

## DEDICATORIA

Primero que todo este triunfo se lo dedico al Dios todo poderoso que me dio la inteligencia y las destrezas para alcanzar este momento y a mi esposo quien es el hombre más maravilloso que haya conocido y que incansablemente dedicó de su tiempo libre para ser ese apoyo en mi vida, a mis hijos en especial a mi hijo menor que con amor dedico de su tiempo para que este proyecto se llevara a cabo *Fuiste un gran colaborador.*

Finalmente quiero dedicar no solo este triunfo sino todos los que he alcanzado y alcanzare a mi Madre porque, no solo me diste la vida sino que necesitaste de mucha paciencia para educarme y ver este momento, para mi has sido más que una Madre, has sido mi mejor amiga, confidente y todo lo que se pueda desear de un ser humano eres especial y te amo.

## INDICE

1. INTRODUCCION .....	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
3. OBJETIVOS .....	16
3.1. Objetivos generales .....	16
3.2. Objetivos específicos .....	16
4. MARCO CONCEOTUAL Y TEORICO.....	17
4.1 Conceptos sobre suelo .....	17
4.2. Análisis de suelos .....	21
4.3. Generalidades de Arachis pintoi .....	22
4.4. Agroforesteria y sistemas agroforestales .....	26
5. MARCO METODOLOGICO.....	26
5.1. Materiales y métodos.....	26
5.1.1. Localización del área de estudio .....	26
5.2. Tipo de investigación.....	28
5.2.1. Preguntas de la investigación .....	29
5.2.2 hipótesis .....	29
5.3 establecimiento de la parcela .....	29
5.3.1 toma de la muestra de suelo .....	33

5.4. Características de los suelos .....	36
6. RESULTADOS .....	36
6.1 Resultados de las características químicas del suelo .....	36
6.2. Resultados de las características físicas del suelo .....	39
7 ANALISIS DE RESULTADOS .....	42
7.1. Análisis general de resultados.....	42
7.2. Porcentaje de cobertura.....	42
7.3. Aporte al contenido de materia orgánica .....	43
7.4. Aporte al contenido de nutrientes .....	44
7.5. Aporte al pH y la capacidad de intercambio catiónico CIC .....	50
7.6. Aporte a las características físicas del suelo .....	52
7.6.1. Densidad aparente .....	52
7.6.2. Estructura.....	52
8 CONCLUSIONES .....	54
9. RECOMENDACIONES.....	56
10. BIBLIOGRAFIA .....	57

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 de inventario forestal .....	30
Tabla 2. Resultados del Análisis químico de suelos tomados antes de sembrar <i>Arachis pintoi</i> .....	37
Tabla 3. Composición química del suelo representada en Kg/ha .....	37
Tabla 4 Resultados del análisis químico del suelo seis meses después de establecido el ensayo .....	38
Tabla 5. Composición química representada en Kg/ha .....	38
Tabla 6. Resultados del análisis físico del suelo antes de sembrar <i>Arachis pintoi</i> como cobertura .....	39
Tabla 7. Resultados del análisis físico del suelo seis meses después de sembrar <i>Arachis</i> <i>pintoi</i> como cobertura .....	40
Tabla 8. Parámetros de interpretación para análisis de suelos con base en la Quinta aproximación del ICA citados por Cuesta, P., & Villaneda, E. (2005). El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. P8 .....	40
Tabla 9 valores de referencia para pH .....	41
Tabla 10. Otros parámetros de interpretación de análisis de suelos. Tomada de Martínez, F. CURSO DE FISILOGIA VEGETAL (2011) .....	41
Tabla 11. De interpretación de análisis de suelos relaciones catiónicas suma de bases (Molina y Meléndez 2002). .....	49

Tabla 12 cuadro comparativo de nutrientes en el suelo encontrados en los dos análisis de laboratorio con efecto residual.....49

tabla 13. Dinámica de textura o distribución granulométrica antes y despues de sembrado *Arachis pintoi*.....53

.....

## INDICE DE GRAFICAS, FIGURAS

Gráfica 1. Composición química del suelo antes de sembrar <i>Arachis pinto</i> representada en kg/ha.....	38
Gráfica 2. Composición química del suelo después de sembrar <i>Arachis pinto</i> representada en kg/ha.....	39
Grafica 3. Análisis comparativo del contenido de materia orgánica en los dos momentos.....	43
Gráfica 4. Análisis comparativo del contenido de Nitrógeno asimilable, en los dos momentos .....	44
Grafica 5. Cuadro comparativo del Fosforo y Azufre en los dos momentos.....	45
Gráfica 6. Análisis comparativo de Calcio en el suelo .....	45
Gráfica 7. Análisis comparativo del Hierro antes y después de sembrado <i>A pinto</i> .....	48
Gráfica 8. Comparativo de nutrientes en el suelo encontrados en los dos análisis de laboratorio con efecto residual .....	49
Gráfica 9 comparativo del contenido de Aluminio en el suelo.....	50
Grafica 10. Análisis comparativo de la CIC .....	51
Grafica 11. Análisis de textura o distribución granulométrica antes y después de sembrado <i>Arachis pinto</i> . .....	52
Mapa de localización geográfica .....	27
Mapa satelital de localización geográfica .....	28

Cuadro 1 taxonomía de <i>Arachis pintoï</i> .....	23
---	----

Figura 1. Efecto del pH en la disponibilidad de nutrientes en el suelo .....	23
--	----

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general el de evaluar la eficiencia de *Arachis pintoï* en el mejoramiento de la calidad de suelos en un sistema agroforestal bajo condiciones de competencia y sin manejo agronómico, entre sus objetivos específicos el de evaluar la eficiencia de *Arachis pintoï* como una alternativa para el mejoramiento y la recuperación de la calidad físico química del suelo.

El proyecto se desarrolló en un terreno propiedad de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia y que se ha dedicado especialmente como área de investigación en biodiversidad, y como zona de conservación el cual se localiza en las coordenadas 4°00'25.52'' Norte y 73°46'13.51'' Oeste. Y limita por el costado Occidental con la Universidad UNAD, a una altura de 548 msnm, precipitación media de 2800mm/año y temperatura promedio de 24°C

Para el desarrollo de esta investigación de tipo descriptivo, comparativo y correlacional, se tomó un área de 312 m<sup>2</sup> dentro del terreno, colonizado por especies maderables entre las que se encontraron yopos, tunos, vara santa entre otras y teobroma cacao que fue plantado desde el año 2103 como parte de un proyecto de establecimiento de sendero ecológico

Antes de sembrar el *Arachis pintoii* se practicó una muestra de suelos que fue llevada al laboratorio con el fin de evaluar las características físicas y químicas del suelo, Elementos mayores y menores, CIC, M.O, textura, estructura, densidad aparente. Seis meses después de plantado *Arachis pintoii* sin realizar ningún tipo de manejo agronómico se practicó otra muestra de los mismos suelos con el fin de evaluar cambios en las características físico químicas del suelo con relación a las primeras muestras en las áreas donde se sembró el maní forrajero.

Encontrando que Maní forrajero *Arachis pintoii* contribuyo significativamente en el mejoramiento de la calidad físico química del suelo, aportando el 23% de Materia Orgánica, el 24,5% del contenido de nitrógeno asimilable, incremento la capacidad de intercambio catiónico CIC que paso de 5,5 meq/100g a 13, 5 meq/100g, el Potasio y elementos menores como zinc, cobre y manganeso también presentaron incrementos en su solubilidad, sin embargo elementos como calcio que presento pérdidas significativas, fosforo y azufre presentaron decrecimiento de disponibilidad quizá por fijación o pasaron a formar compuestos insolubles con el óxido de hierro que se vio significativamente incrementada su solubilidad con un 27% reduciendo el pH del suelo de 4,5 a 4,0.

En cuanto a las características físicas, la densidad real y aparente tuvieron un aumento, en la fracción de textura aumento la cantidad de Limos, después de realizado el análisis de resultados se concluye que *Arachis pintoii* es una especie potencial que contribuye en el mejoramiento de la calidad del suelo y se recomienda que para ver resultados efectivos que contribuyan económica y ambientalmente en el mejoramiento del a calidad de suelos se hace necesario el uso de prácticas agronómicas mínimas.

ABSTRACT

The present study was overall objective is to evaluate the efficiency of *Arachis pintoi* in improving soil quality in an agroforestry system under competition conditions without agronomic management, including its specific objectives to evaluate the efficiency of *Arachis pintoi* as a alternative for the improvement and recovery of physical and chemical soil quality.

The project was developed on land owned by the National Open University and Distance and has specially dedicated as a research area in biodiversity, and as a conservation area which is located at coordinates 4th 00'25.52 " North and 73 ° 46'13.51 " West. And bounded on the West side with UNAD University, at a height of 548 meters, rainfall of 2800mm / year and average temperature of 24 ° C

For the development of this research, descriptive, comparative and correlational, an area of 312 m<sup>2</sup> in the ground, colonized by woody species including yopos, Tunos, vara santa among others and *Theobroma cacao* found that was planted was taken from the year 2103 as part of a project to establish ecological trail

Before planting the *Arachis pintoi* a sample of soil was taken to the laboratory in order to evaluate the physical and chemical soil characteristics, major and minor elements, CIC, MO, texture, structure, bulk density was performed. Six months after planting *Arachis pintoi* without performing any other sample agronomic management of these soils was performed to evaluate changes in the physico-chemical characteristics of the soil in relation to the first signs in areas where perennial peanut was planted.

Finding that forage peanut *Arachis pintoi* contributed significantly in improving soil chemistry physical quality, contributing 23% of organic matter, 24.5% of the content of assimilable nitrogen, increased cation exchange capacity CIC 145%, potassium and trace elements such as zinc, copper and manganese also showed increases in its solubility, but

elements such as calcium which introduce significant losses, phosphorus and sulfur presented decrease in availability perhaps by clamping or passed to form insoluble compounds with iron oxide that was significantly increased solubility with 27% reducing soil pH.

In terms of physical characteristics, real and apparent density had an increase in the fraction of texture increase the amount of Limos, after making the analysis of results it is concluded that *Arachis pintoi* is a potential species that contributes to the improvement of the soil quality and is recommended for effective economic and environmentally contribute in improving soil quality using minimum agronomic practices is necessary results.

Palabras clave: Suelo, nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, textura, estructura, crecimiento, competencia, fototropismo, penumbra.

## **1. INTRODUCCION**

Uno de los grandes retos de la humanidad es la racionalización en el uso y explotación de los recursos naturales, dentro de los cuales se encuentra el recurso suelo como un sistema vivo y sinérgico. El suelo es un medio de producción agrícola importante, desde el cual las plantas suplen sus requerimientos hídricos y nutricionales y es considerado como un recurso natural renovable, sin embargo esta capacidad de renovación depende en gran medida de los usos y manejo que este recurso haya recibido.

Las producción agrícola nacional va en crecimiento constante determinada con el crecimiento poblacional lo que ha provocado la extensión de la frontera agrícola induciendo factores como, la deforestación, cambios en el uso vocacional del suelo, sistemas de tenencia de tierras, la sobreexplotación, abuso en el uso de fertilizantes sin recomendación técnica, y

factores socioeconómicos y culturales entre otros que son causas del deterioro de las características físico químicas y biológicas del suelo, que interactúan sinérgicamente en este recurso y que son claves para la producción de materias primas relacionadas con los sectores agropecuario y forestal, generando a la vez una serie de factores de degradación creciente que incrementan los costos de producción y los costos ambientales en la recuperación de este valioso recurso

Con la ejecución de este proyecto se buscó evaluar la eficiencia de *Arachis pintoii* como una alternativa para el mejoramiento y la recuperación de la calidad físico química del suelo, otros de los objetivos del proyecto fué el de generar conocimiento para que los productores agrarios puedan establecer sistemas productivos que incluyan prácticas para el manejo y conservación de suelos a bajos costos facilitando la recuperación de áreas degradadas, y estas mismas se puedan utilizar como mecanismo de prevención con el fin de brindar condiciones que no presenten limitantes para el normal desarrollo radicular, vegetal y fitosanitario indispensables en procesos de producción.

Apoyada en estudios realizados con *Arachis pintoii* por el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, el CIAT y otros autores, que se orientaron principalmente en evaluar las ventajas de esta especie leguminosa como proteína animal para el establecimiento de praderas y como coayudante en el mejoramiento de las características físico químicas del suelos, estos últimos estudios que hasta el momento han sido insuficientes y superficiales, se propuso replicar dichas investigaciones bajo condiciones de competencia dando especial énfasis en el mejoramiento de suelos, para lo cual se realizó un ensayo en un sistema agroforestal compuesto por especies maderables y *teobroma cacao* establecido en un terreno de la UNAD, *Teobroma cacao* fue plantado en una zona de bosque natural con un sistema de siembra a tres bolillos con distancias de 5 X 5, después de evaluadas las características físico químicas del suelo a través de análisis de laboratorios en este mismo lote se plantó *Arachis pintoii* en dos

fracciones o bloques del lote.

Luego de seis meses se realizó un nuevo análisis de suelos en laboratorio con el fin de evaluar la eficiencia de esta leguminosa en el mejoramiento de suelos, encontrando que *Arachis pintoii* si contribuye en el mejoramiento de la calidad del suelo mejorando características físicas y químicas del mismo como el contenido de materia orgánica, contenido de nitrógeno asimilable, CIC, textura y densidad aparente y que son sinónimo de productividad.

## **2. Planteamiento del problema**

La degradación de los suelos es un efecto creciente, producto de la presión antrópica ejercida sobre estos, la incorporación progresiva de cada vez mayor cantidad de insumos (fertilizantes, correctivos, herbicidas, etc.) disimulan temporalmente los efectos negativos, conservando e incrementando momentáneamente los rendimientos, pero incrementando los costos de producción y los costos ambientales.

La pérdida del recurso suelo a causa de la degradación es un tema de interés global, que involucra la competitividad agrícola, el medio ambiente y la soberanía y seguridad alimentaria. El resultado final del deterioro del suelo es la caída en los rendimientos agrícolas y finalmente la pérdida definitiva de la capacidad de producción, generando a su vez impactos negativos a nivel socio económico de mayor magnitud que interfieren en el desarrollo rural.

Los suelos de los llanos orientales, (en especial Oxisoles) se caracterizan por su bajo pH (entre 4.0 y 4.8) alta saturación de óxidos de aluminio Al y hierro Fe y bajos niveles de nutrientes disponibles para las plantas, incluyendo las características climáticas de la región que se caracteriza por presentar altos niveles de precipitación, son factores para que estos

suelos presenten una alta susceptibilidad a la degradación ocasionando cambios tanto cualitativos como cuantitativos en su mayoría adversos que conllevan a la pérdida de la capacidad productiva, es por ello que se debe responder de manera adecuada y oportuna a la necesidad de preservar y conservar la capacidad productiva y se desarrollen tecnologías que conduzcan a conservar y mejorar los suelos aplicando principios de sostenibilidad mediante prácticas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de los mismos

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo general**

Evaluar la eficiencia de *Arachis pintoii* como cobertura vegetal en el mejoramiento de la calidad de suelos en condiciones de competencia en un arreglo agroforestal, sin manejo agronómico y compuesto por especies maderables y *teobroma cacao*, con el fin de brindar alternativas para el manejo sostenible de suelos y la recuperación de suelos en áreas degradadas.

#### **3.2 objetivos específicos**

Evaluar la eficiencia de *Arachis pintoii* como una alternativa para el mejoramiento y la recuperación de la calidad físico química del suelo

Generar conocimiento para que los productores agrarios puedan establecer sistemas productivos que incluyan prácticas para el manejo y conservación de suelos a bajos costos facilitando la recuperación de áreas degradadas

Comparar el estado de los suelos antes de la siembra del maní forrajero, con el estado de los

mismos al finalizar el proyecto, por medio de análisis de laboratorio Analizar a través de estudios de laboratorio los cambios en la estructura físico químico de los suelos al finalizar el proyecto.

#### **4. Marco conceptual y teórico**

##### **4.1. Conceptos sobre suelo**

Algunos autores definen el recurso suelo desde diferentes maneras siempre coincidiendo en la importancia de este para sustentar las actividades agrícolas en este sentido (Orozco, J., & David, D. (2011) lo definen como un recurso natural no renovable, tridimensional dinámico y trifásico que sostiene y permite el desarrollo de la vida, producto de sus factores de formación (clima, material parental, relieve, organismos y tiempo) que le han inferido propiedades físicas, químicas y biológicas, cuya condición y funcionamiento es vital para la producción de alimentos, fibras, y para la conservación de la calidad ambiental Local, Regional y Global. P5

Otro concepto de suelo se define en EL DESAFIO de preservar un suelo... (2010). Como la capa superior de la corteza terrestre, formada por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Constituye la interfaz entre el aire y el agua y alberga la mayor parte de la biosfera. Como la formación del suelo es un proceso extremadamente lento, puede considerarse que es un recurso no renovable dado que si bien puede revertirse su degradación, es extremadamente lenta. Un uso sustentable del suelo, significa que si éste se utiliza deben estar garantizadas sus funciones potenciales

Algunos estudios relacionados con la calidad del suelo:

Cruz A. B., et al. 2004 en su revisión Literaria relacionada con la calidad del suelo y sus indicadores, publicada en la revista científica y técnica de ecología y medio ambiente de la asociación española de ecología terrestre resaltan las conclusiones de Karlen et al., 1997, en relación con la calidad del suelo como:

“La utilidad de este recurso para un propósito específico. La definición del suelo ha evolucionado hasta ser sintetizada por el comité para la salud del suelo soil science society of America; como la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado y sostener la productividad de las plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana y del hábitat.” (P39)

En el contexto de calidad de suelo para el uso agroforestal se refiere como lo explica (Doran y Parkin, 1994). Citado por (Orozco, J., & David, D. (2011) como una integración de los procesos del suelo y proporciona una medida del cambio de las condiciones del mismo y está relacionada a factores tales como el uso de la tierra, los patrones climáticos, las secuencias de cultivos y los sistemas de labranza (P20)

Un concepto de calidad del suelo aportado por el departamento de agricultura de los Estados Unidos, USDA-NRCS (2011), la calidad del suelo se expresa como la capacidad del suelo de realizar sus funciones en el momento actual, pero garantizando su preservación para que en el futuro pueda desempeñar estas mismas funciones sin ningún inconveniente.

En un estudio realizado con el fin de proponer indicadores de calidad edafológicos para

valorar la influencia de los sistemas productivos en algunas propiedades físicas y químicas en oxisoles del piedemonte llanero colombiano, los autores destacan la forma como la dinámica de las propiedades de los suelos se pueden ver afectada por el manejo que se le dé al mismo a través del uso de maquinaria, riego, utilización de fertilizantes, agroquímicos y enmiendas orgánicas, tipo de cultivo y variedad a cultivar.

Por lo tanto las propiedades de un suelo son dinámicas y está asociadas al uso del suelo y su función, comúnmente la conservación ambiental y la producción agropecuaria y forestal. (Orozco, J., & David, D. (2011) P26

Para evaluar los efectos a largo plazo de diferentes prácticas culturales en el medioambiente y suelo, se realizó un estudio comparativo entre un sistema de producción de cereales de secano de conservación y otro tradicional, a lo largo de 10 años consecutivos. En un suelo tipo Vertic Cambisol en Portugal

Los resultados han demostrado que en sistemas de conservación hay una variación en las características del suelo que conducen a una mayor capacidad para producir vegetales, gestionar los recursos hídricos, secuestrar carbono orgánico y resistir a la erosión encontrando que Los procesos de degradación del suelo, tales como; la desertificación, la erosión, la reducción del contenido en materia orgánica, la contaminación, la salinización, la compactación y la reducción de la biodiversidad, pueden causar la degradación de algunas de las características que confieren al suelo la capacidad para ejercer sus funciones. Sampaio, E. P. (2009). P2

Siendo la degradación el proceso de deterioro de la capacidad productiva del suelo, en ella están involucradas muchas de sus características y propiedades físicas, químicas y biológicas que son difíciles de separar una de otra, porque actúan simultáneamente obedeciendo a las

interrelaciones e interdependencias que existe entre ellas. Amézquita, E. D. G. A. R. (1998, October). P2

En investigaciones para destacar las características físico químicas de los suelos del piedemonte llanero algunos autores como Guerrero, 1990, Corpoica, 2007 & Sánchez, 2010 señalan que estos suelos son altamente evolucionados predominando el cuarzo en la fracción arena y caolinita, óxidos de hierro y aluminio en la fracción arcilla.

Son suelos que presentan contenidos bajos de bases intercambiables, pH fuertemente ácido, baja disponibilidad de fósforo, baja capacidad de intercambio catiónico, altos niveles de hierro y predominio del aluminio en el complejo de cambio.

Físicamente son suelos con estructuras estables, de texturas moderadas, con una capacidad de almacenamiento de agua muy baja, con conductividad hidráulica lenta y con densidades aparentes que fluctúan entre 1.3 – 1.4 g/cm<sup>3</sup>, taxonómicamente clasificados como oxisoles en su gran mayoría.

El principal problema a enfrentar los suelos de los Llanos para su utilización en la agricultura y en la producción de pastos, es su susceptibilidad a la degradación. (Phiri *et al.* 2001)

En este sentido es importante resaltar la importancia de proteger los suelos de procesos de degradación la cual ha sido conceptualizada por el congreso latinoamericano de las ciencias del suelo en Amézquita y Escobar 1996 como la pérdida de algunas cualidades físicas, químicas y biológicas del suelo por inadecuada intervención humana, los cuales se convierten en factores negativos de producción y en el futuro afectarán la sostenibilidad agrícola.

Es por ello que el manejo y las labores de preparación de suelos deben enfocarse hacia la conservación y creación de una “capa arable” con productividad progresiva. Se entiende en este contexto como *capa arable* a aquella capa superficial de suelo planificada y obtenida por el hombre con el fin de obtener un suelo que no presente limitantes físicas, químicas ni biológicas para el desarrollo normal de las raíces de los cultivos y que sea estable a través del tiempo. (Amézquita, 1998).

#### **4.2. Análisis de suelos**

Un análisis de suelos es una herramienta de diagnóstico, utilizada para evaluar el estado físico, químico y biológico de los suelos a través del uso de indicadores de calidad, los cuales al ser interpretados y usados de manera adecuada nos ayudan a corregir desbalances o deficiencias químicas y físicas solucionando problemas de toxicidad, que afectan el desarrollo de las plantas y el equilibrio biológico del suelo.

Para Adriaanse (1993) citado por, Cruz, A. B., Barra, et al. (2004). Un análisis de suelos es una herramienta de análisis que permite simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos que se aplican para evaluar la calidad del suelo en sus cualidades físicas, químicas y biológicas o procesos que ocurren en él. (P4)

Con respecto a los análisis de suelos Cruz, A. et al, (2004). Explica como la identificación efectiva de indicadores apropiados para evaluar la calidad del suelo depende del objetivo, que debe considerar los múltiples componentes de la función del suelo, en particular, el productivo y el ambiental. (P4)

El mismo autor Cruz, A. et al, (2004). Define los indicadores físicos como aquellos que reflejan la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, así como las limitaciones que se pueden encontrar en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las

plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil y que además estén relacionadas con el arreglo de las partículas y los poros.

#### **4.3. Generalidades del *Arachis Pintoi***

El maní forrajero *Arachis pintoi* es una leguminosa herbácea perenne, de crecimiento rastrero y estolonífero, raíz pivotante, hojas alternas compuestas de cuatro folíolos, tallo ligeramente aplanado con entrenudos cortos y flor de color amarillo. Argel, P., & Villareal, M. (1998) P6. Perteneciente a la familia de las fabáceas, de crecimiento rastrero y estolonífero, originaria del Brasil y distribuida al este de los Andes, entre los ríos Amazonas y La Plata.



*Arachis pintoi*

Fuente Gómez, D. (2015)

Entre 1976 y 1978 esta especie forrajera es introducida en diversas investigaciones por el ICA y el CIAT Carimagua a Llanos Orientales por su adaptación a las condiciones de clima y suelos y por su tolerancia a plagas y enfermedades bajo condiciones del piedemonte de los llanos orientales,. El uso de esta leguminosa como cobertura es recomendado para la

conservación y mejoramiento de suelos y para el control de arvenses, reduciendo costos de manejo en los cultivos debido a la competencia con especies invasoras y su aporte de nitrógeno (Fisher y Cruz, 1995).

Bourrillon, A. (2007). En su exposición realizada en el XI seminario Manejo y utilización de pastos y especies forrajeras en sistemas de producción animal, expone las ventajas y limitaciones para el uso del Maní forrajero (*Arachis pintoii*) perenne en la ganadería tropical, destaca entre las ventajas del *A pintoii* la capacidad para la fijación de Nitrógeno atmosférico y la de establecer relaciones simbióticas con Rizobios nativos. (P5)

En cuanto a los efectos sobre las características de los suelos el mismo autor refiere que el Maní forrajero ha demostrado efectos benéficos sobre las características físicas, de fertilidad y biológicas del suelo, lo que conlleva a la recuperación de suelos degradados, al contener un alto contenido de nutrientes que son incorporados al suelo mediante la descomposición favoreciendo el ciclaje de nutrientes.

Orozco, J., & David, D. (2011) en la Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano, refiere el uso de *Arachis Pintoii* como cobertura vegetal en cultivos perennes con el fin de evitar la pérdida de humedad y evitar estrés hídrico durante la temporada seca.

Descripción morfológica

Argel, P., & Villareal, M. (1998).. En su Boletín del Ministerio de agricultura y ganadería de Costa Rica, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Definen el *Arachis pintoii* como 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.

Cuadro 1. Taxonomía de *Arachis pintoii*

TRIBU	Aeschynomeneae
SUBTRIBU	Stylosanthinae
ORDEN	Rosales
FAMILIA	Papilionaceae
GENERO	Arachis
ESPECIE	Pintoii
NOMBRE	Maní forrajero
COMUN	



Descripción morfológica *Arachis pintoi*

Fuente Gómez, D. (2015)

#### **4.4. Agroforestería y sistemas agroforestales**

Se entiende por agroforestería el establecimiento de un sistema de producción sostenible, que incrementa el rendimiento de cultivos y optimiza el uso de suelos y espacio a través de la vinculación simultánea de dos o más especies en un mismo terreno, estas combinaciones pueden darse a nivel de especies maderables con cultivos perennes, anuales, y animales en el mismo espacio dependiendo los objetivos económicos y ecológicos del productor.

### **5. Materiales y métodos**

#### **5.1. Materiales y métodos**

##### ***5.1.1. Localización del área de estudio.***

La presente investigación se realizó en un área de 312m<sup>2</sup> lote localizado dentro de 2,2 Hectáreas de bosque natural secundario propiedad de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD y que ha sido destinada para adelantar procesos de investigación en biodiversidad y agroforestería, está localizada al norte de la Ciudad de Acacias, Municipio del Meta, Colombia. Con coordenadas 4°00'25.52'' Norte y 73°46'13.51'' Oeste. (Tomado de: Google earth)

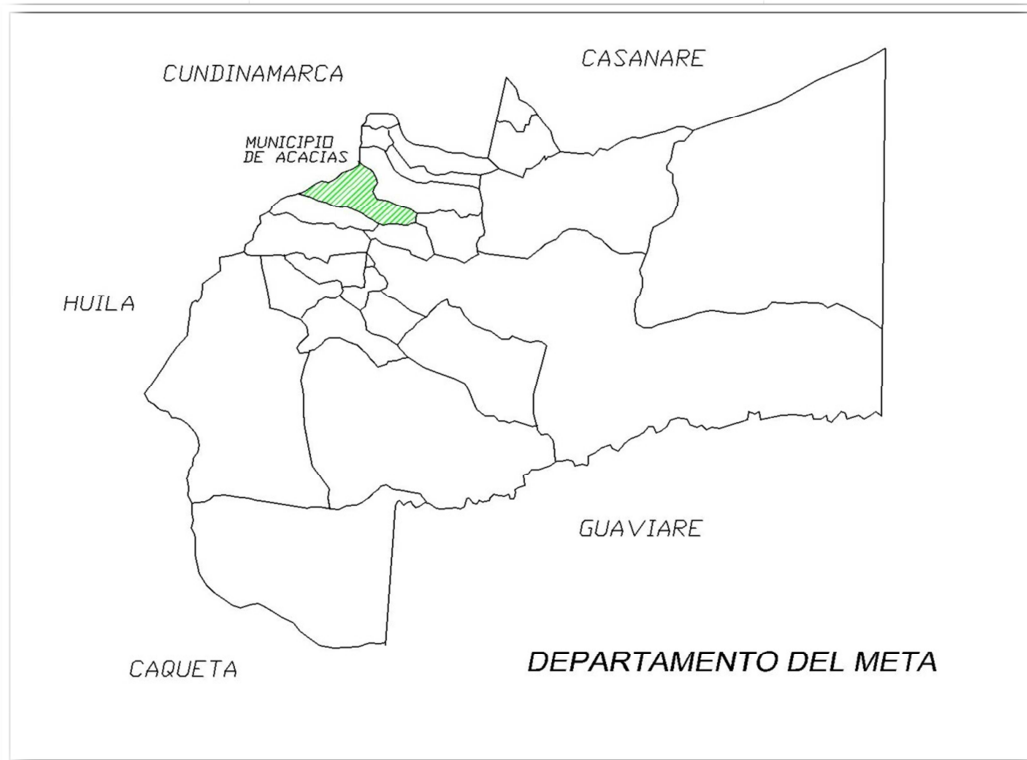
Los límites están comprendidos así

Norte: con la asociación de pensionados de la policía de Acacias

Sur: Complejo ganadero de Acacias

Oriente: Barrio Villa Manuela

Occidente: con el caño colepató y las instalaciones físicas del CEAD de la UNAD



Mapa geográfico del Municipio en el Departamento del Meta

Tomado de: <http://acacias-meta.gov.co/>

Régimen de clima húmedo cálido, monomodal con periodos de lluvia bien marcados y un periodo de verano que inicia en los meses de Noviembre a Enero, Temperatura promedio de 24°C, precipitación media de 2800mm/año, altura a 548 msnm, humedad superior al 75%, el valor medio mensual de brillo solar es de 170 horas, siendo el valor alto de 257 horas y el bajo en épocas de lluvias de 51 horas. (Tomado de: Agenda ambiental Acacias, 2010, Alcaldía Municipal) las horas de radiación solar dentro del lote experimental esta limitadas por las copas de los árboles que conforman el área de bosque y se calcula que aproximadamente un 25% de la radiación solar no ingresa al suelo.



Mapa satelital ubicación geográfica del Bosque propiedad de la UNAD.

Tomado de Google earth

## 5.2. Tipo de investigación

La investigación realizada es de carácter, descriptivo, comparativo y correlacional.

Descriptiva por que entra a describir las interacciones que se dan entre el suelo y (*A pintoi*).

De carácter comparativo porque se realiza una comparación de las diferencias en el suelo que puedan presentar las muestras tomadas antes y después del establecimiento del maní forrajero (*A pintoi*)

Correlacional por que mide el grado de relación y cómo interactúan las variables entre sí.

Variables a evaluar

- Cobertura del suelo
- Cambios en los contenidos químicos y físicos del suelos entre ellos nivel de macro y micronutrientes, CIC, estructura y textura, contenidos de MO
- Desarrollo de *Arachis pintoi* como cobertura

### **5.2.1. Preguntas de la investigación.**

La pregunta que centra la investigación se concentra en develar si:

El maní forrajero *Arachis pintoii* es una especie actualmente utilizada en el mejoramiento de praderas para ganadería y de la que se ha documentado a partir de varias investigaciones realizadas por el CIAT como una especie que contribuye al mejoramiento de los suelos.

¿*Arachis pintoii* presenta eficiencia en el mejoramiento de suelos bajo competencia en un sistema agroforestal y sin manejo agronómico?

### **5.2.2. Hipótesis**

Ho: *Arachis pintoii* contribuye significativamente en el mejoramiento de la calidad físico química de los suelos en un sistema agroforestal, bajo condiciones de competencia y sin manejo agronómico.

Ha: *Arachis pintoii* no contribuye significativamente en el mejoramiento de las características físico químicas de los suelos en un sistema agroforestal, bajo condiciones de competencia y sin manejo agronómico.

### **5.3. Establecimiento de la parcela.**

Se tomó un área de 320m<sup>2</sup> localizada en el terreno de la Universidad UNAD la cual se tiene destinada como área de estudios en biodiversidad, donde en la actualidad se encuentra poblada por gran cantidad de especies maderables de crecimiento espontáneo en transición a un bosque secundario y demás especies florísticas y faunísticas.

El terreno está compuesto por especies maderables entre las que se identificaron arboles de Lacre (*Vismia macrophylla Kunth*), yopo (*piptadenia peregrina*), palo tigre (*Guarea*

*guidonia*), níspero (*Manilkara huberi*), vara santa (*Triplaris americana*) y Yarumo (*Cecropia peltata*) (véase la tabla 1)

En el mismo terreno se sembró en asocio desde el segundo semestre de 2013 *plantas de Theobroma cacao* como parte del proyecto de recuperación ambiental de la zona y que se llevó a cabo por Aldana K., Gonzales J & Macías F. Julio de 2013 “Establecimiento de un sendero ecológico” el sistema de siembra utilizado fue de tres bolillos a 5 x 5 m entre plantas de *Theobroma* para un total de 13 plantas sembradas en el sistema.

Se realiza un inventario forestal del lote, con el fin de determinar la densidad de árboles en el lote y donde se tiene en cuenta la medida del Diámetro a la altura del pecho DAP, altura y estado físico de cada árbol que se relaciona en la tabla 1.

Tabla 1. Inventario forestal lote

	nombre común	nombre científico	familia	Perímetro de circunferencia (cm)	DAP	altura	estado
2	Lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	50	15	18	Bueno
3	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	58	18,4	18	Bueno
4	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	30	9,5	9	Bueno
5	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	60	19	18	Bueno
6	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	41	13	10	levemente inclinado
7	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	28	9	10	Bueno

8	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	44	14	15	levemente inclinado
9	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Cecropiaceae</i>	29	9,5	16	Bueno
10	níspero	<i>Manilkara huberi</i>	<i>Rosaceae</i>	34	11	15	Bueno
11	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	48	15,3	17	Bueno
12	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	31	10	15	Bueno
13	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	42	13,3	14	Bueno
14	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	28	9	12	Bueno
15	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Cecropiaceae</i>	35	11	14	Bueno
16	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Cecropiaceae</i>	35	11	14	Bueno
17	vara santa	<i>Triplaris americana</i>	<i>Polygonaceae</i>	28	9	14	Bueno
18	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	35	11	12	Bueno
19	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	31	10	12	Bueno
20	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	48	15,3	16	Bueno
21	Níspero	<i>Manilkara huberi</i>	<i>Rosaceae</i>	35	11	14	Bueno
22	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	36	11,5	10	Bueno
23	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	35	11	12	Bueno
24	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	50	16	16	Bueno
25	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	45	14,3	18	Bueno
26	lacre	<i>Vismia macrophylla</i>	<i>Hypericaceae</i>	61	19,4	18	Bueno

		<i>Kunth</i>					
27	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	29	9,5	14	Bueno
28	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	35	11	14	Bueno
30	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	52	16,5	18	Bueno
31	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	27	8,5	8	Bueno
32	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	46	14,6	14	Bueno
33	vara santa	<i>Triplaris americana</i>	<i>Polygonaceae</i>	19	6	8	Bueno
34	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	29	9,2	9	doble fuste
35	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	41	13	19	doble fuste
36	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	48	15,2	14	Bueno
37	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	33	10,5	12	Bueno
38	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	38	12	16	Bueno
39	Yarumo	<i>Cecropia peltata</i>	<i>Cecropiaceae</i>	50	16	20	Bueno
40	yopo	<i>piptadenia peregrina</i>	<i>Fabaceae</i>	41	13	18	Bueno
41	palo tigre	<i>Guarea guidonia</i>	<i>Meliaceae</i>	26	8,2	14	Bueno
42	níspero	<i>Manilkara huberi</i>	<i>Rosaceae</i>	41	13	16	Bueno
43	palo tigre	<i>Guarea guidonia</i>	<i>Meliaceae</i>	29	9,5	12	Bueno
44	lacre	<i>Vismia macrophylla Kunth</i>	<i>Hypericaceae</i>	58	18,4	18	Bueno

Se encontraron entre otras especies herbáceas de las que se identificaron algunos platanillos o heliconias, trepadoras de la familia Curcubitaceae, lianas y bejucos, y variedad de arvenses entre las que predominan especies de las familias ciperáceas, Poaceae y Malvaceae.

Posterior se procedió a realizar un muestreo de suelos utilizando el método propuesto por Aldana, A. & Polanco, M. (2010) en el Modulo de Edafología y Fertilidad de la UNAD.

Después de delimitada el área mediante croquis realizado a mano e identificadas las variaciones topográficas en el terreno, color del suelo y vegetación existente, se procedió a realizar un trazado en zigzag tomando 15 pasos entre punto y punto de donde se extrajeron las submuestras de suelo en total 4 submuestras teniendo en cuenta el tamaño del terreno.

### ***5.3.1 Toma de la muestra de suelo***

Los pasos para la toma de las submuestras se realizaron teniendo en cuenta la misma metodología; se realizó con la pala un corte en V de 30cm de profundidad, se retiró la vegetación de la zona seleccionada y luego se extrajo un corte de aproximadamente 3cm de espesor sobre la pala, al que se realizaron cortes a lado y lado con la macheta, esto con el fin de retirar excesos laterales, las submuestras fueron depositadas en el balde y homogenizadas, extrayendo del balde como paso final una muestra de 1kg de suelo que fue llevado al laboratorio de suelos. Adicionalmente se realizó la extracción de dos terrones de suelo sin disturbar para análisis físicos.



Extracción de submuestra de suelo.

Fuente: Gómez, D. (2015)

Empacado y rotulado de la muestra de suelo.

Se realizó el empaque de la muestra en una bolsa plástica identificándola mediante rotulado con la siguiente información

Nombre de la finca o terreno: laboratorio de biodiversidad

Cuidad: Acacias - Meta

Propietario: UNAD

Uso actual del suelo: arreglo agroforestal

Solicitante: Diana Marcela Gómez Forero



Rotulado de la muestra de suelos para análisis de laboratorio

Fuente Gómez, D. (2015)

Variables asociadas al análisis de características físicas:

Las variables evaluadas fueron: Textura (Boyucos), textura al tacto, densidad real y densidad aparente (g/cc), porosidad (%), porosidad total (%) humedad (%).

Variables asociadas a los análisis de características químicas.

Las variables evaluadas fueron: pH, capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100g), materia orgánica MO (%), Cationes en meq/100g en suelos (Al, Mg, K, Na), cationes en ppm

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

Q-01 CARACTERIZACIÓN. Incluye Textura...

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
NIT 892000757

UNIDAD DE TESORERÍA

Recibo de Caja No. **245431** Fecha 07/07/2014

Recibí de : 52108871 DIANA MARCELA GOMEZ FORERO

Centro de Costo : 51107050 LABORATORIO DE SUELOS

Por concepto de : CANCELA VR. DE UN ANALISIS COMPLETO \$91500,CAPACIDAD DE INTER  
\$15800,TEXTURA POR BOYUCOS\$13300,DISTRI.GRANUL.\$32500,%HUMEDAD  
EN SUELOS \$9200,DENSIDAD REAL\$13300,DENSIDAD APAR.\$13300

La suma de : 188,900.00

Son : Ciento Ochenta Y Ocho Mil Novecientos Pesos M/Cte.

Concepto	Denominación	Valor	Cheque No.	Fecha	Banco
65 Análisis de laboratorio	EFFECTIVO	188,900.00			

Auxiliar de Pagaduría

Recibo de caja de tesorería Universidad de los llanos Laboratorio de suelos

Fuente Gómez, D. (2015)

Se tomaron dos bloques al azar como unidades de estudio cada uno de un área de 20m<sup>2</sup> dentro del lote, donde se sembró *Arachis pintoi*. El sistema de siembra directa de estolones tomados de un área localizada dentro de la universidad. Realizando seguimiento mensual del desarrollo vegetal de *A Pintoi*.

Se toma como testigo en el experimento los resultados del primer análisis de suelo tomado antes de la siembra de *A pintoi*.

#### **5.4. Características de los suelos**

Los suelos sobre los cuales se realiza esta investigación son del orden de los oxisoles, los resultados de los análisis de laboratorio indican altos contenidos de sesquióxidos de Hierro y Aluminio, comunes de este tipo de suelos, bajos contenidos de Ca, Mg y K y bajo contenido de materia orgánica, la textura es franco arenosa FA, para la interpretación de los análisis de laboratorio se usó como referencia las escalas con base en la Quinta aproximación del ICA citados por Cuesta, P., & Villaneda, E. (2005). P8

### **6. Resultados**

De acuerdo con los objetivos del proyecto y con el fin de evaluar la eficiencia de *Arachis pintoi* en el mejoramiento de la calidad del suelo y de acuerdo a la metodología propuesta se tomaron dos muestras de suelo para ser posteriormente analizadas en el laboratorio, la primer muestra se extrajo al inicio del proyecto y antes de establecer el *Arachis pintoi* como cobertura y la segunda muestra fue tomada seis meses después de establecido, obtenidos los resultados de los análisis que se relacionan en las tablas 2 y 4. Para el análisis de resultados se realizó la conversión de unidades de análisis de suelos a kg/ha, que se presentan en las tablas 3 y 5 usando las fórmulas de Cuesta, P. (2005).P 9-1.

#### **6.1. Resultados de las características químicas del suelo**

Los suelos estudiados tienen como característica principal la presencia de altos contenidos de sesquióxidos de Fe y Al, comunes en suelos oxisoles presentes en esta zona tropical, de color pardo rojizo, con contenidos de bases de Ca, Mg, K, Na por debajo de los parámetros establecidos

Tabla 2. Resultados del Análisis químico de suelos tomados antes de sembrar *Arachis pintoii*;

CIC Meq/100g	pH	MO %	P ppm	Cationes meq/100 g				Cationes (ppm)						
				Al	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
5,5	4.5	2,2	22,1	4.0	0.15	0.01	0.06	0.01	1.25	421.87	5.62	0.65	0.51	10.69

Tabla 3. Composición química del suelo representada en Kg/ha

elemento	kg/ha
Al	907,2
Ca	75,6
Mg	3
k	58,968
Na	5,796
Cu	3,15
Fe	1063,11
Mn	14,16
Zn	1,63
B	1,28
S	26,9
P	55,7

Gráfica 1. Composición química del suelo antes de sembrar *Arachis pintoii* representada en

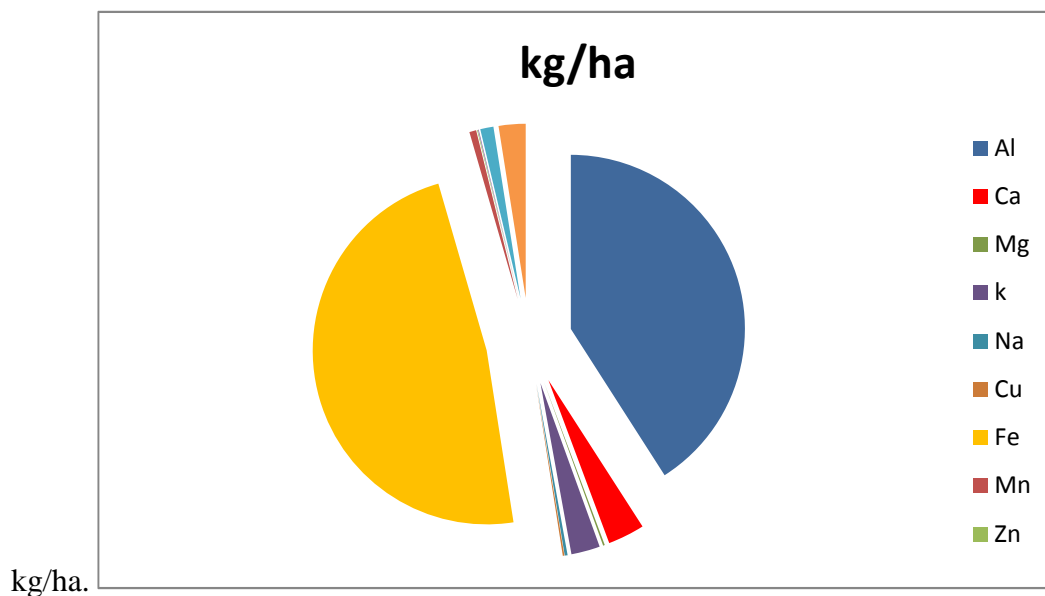


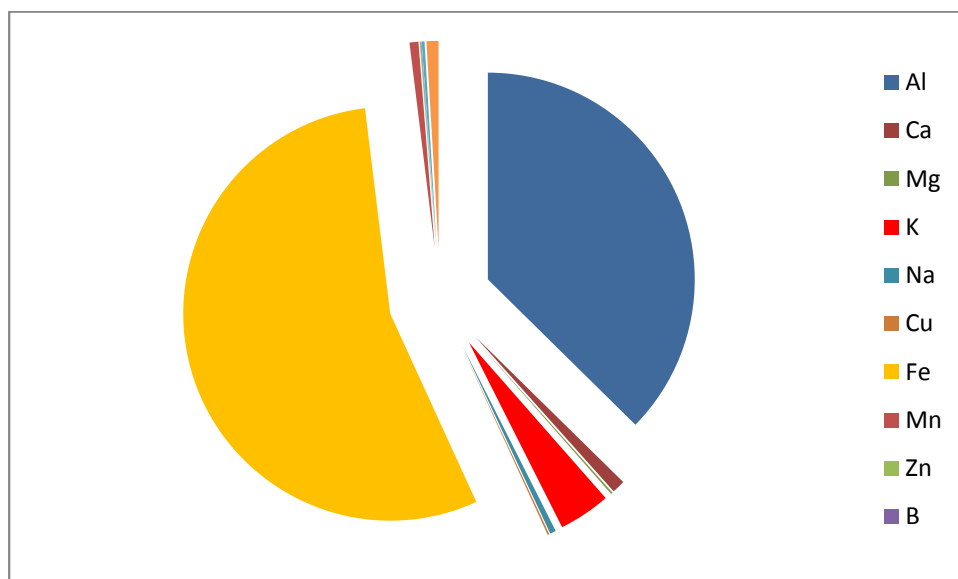
Tabla 4 Resultados del análisis químico del suelo seis meses después de establecido el ensayo.

CIC	pH	MO	P	Cationes meq/100 g					Cationes (ppm)					
				Al	Ca	Mg	K	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
Meq/100g		%	ppm											
13,5	4.0	2,7	9,1	4.0	0.05	0.01	0.10	0.02	1.25	528.75	6.60	0.70	0.30	2,07

Tabla 5. Composición química representada en Kg/ha

Elemento	Kg/ha
Al	921,6
Ca	25,6
Mg	3,07
K	99,84
Na	11,76
Cu	3,2
Fe	1353,6
Mn	16,896
Zn	1,792
B	0,76
S	5,29
P	23,296

Gráfica 2. Composición química del suelos después de sembrar *Arachis pintoii* representada en kg/ha.



## 6.2. Resultados características físicas del suelo.

Tabla 6. Resultados del análisis físico del suelo antes de sembrar Arachis pintoi como cobertura.

Textura Boyucos			textura	Densidad real g/cc	Densidad aparente g/cc	Humedad %
A	L	Ar	FA			
72	12	16	FA	2,3	1,26	31,10
Gruesa				Media alta	baja	alta

Tabla 7. Resultados del análisis físico del suelo seis meses después de sembrar Arachis pintoi como cobertura

Textura Boyucos			textura	Densidad real g/cc	Densidad aparente g/cc	Humedad %
A	L	Ar	FA			
68	16	16	FA	2,9	1,28	17,12
Gruesa				Media alta	baja	Alta

Tabla 8. Parámetros de interpretación para análisis de suelos con base en la Quinta aproximación del ICA citados por Cuesta, P., & Villaneda, E. (2005). El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. P8

---

**MACROELEMENTOS**

---

Unidades: cmol\*/kg = meq/100g

---

	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>
Ca	Menor de 3	3 - 6	Mayor de 6
Mg	Menor de 1,5	1,5 - 2,5	Mayor de 2,5
K	Menor 0,2	0,2 - 0,4	Mayor de 0,4

---

FOSFORO Y ELEMENTOS MENORES

---

Unidades: mg/kg = ppm

P	Menor 20	20 - 40	Mayor de 40
B	Menor de 0,2	0,2 – 0,4	Mayor de 0,4
Fe	Menor 25	25 - 50	MAYOR DE 50
Cu	Menor de 2	2 - 3	Mayor de 3
Mn	Menor de 5	5 – 10	Mayor de 10
Zn	Menor de 1,5	1,5 – 3	Mayor de 3
S	Menor de 10	10 – 20	Mayor de 20

MATERIA ORGANICA SEGÚN EL CLIMA (%)

FRIO	Menor de 5	5 - 10	Mayor de 10
MEDIO	Menor de 3	3 - 5	Mayor de 5
CALIDO	Menor de 2	2 – 3	Mayor de 3

Tabla 9 valores de referencia para pH

Valor	Categoría
Menor de 5,5	Extremadamente acido
5,5 – 5,9	Moderadamente acido
6,0 – 6,5	Adecuado
6,6 – 7,3	Neutro
7,4 – 8	Alcalino
Mayor de 8	Muy alcalino

Tabla 10. Otros parámetros de interpretación de análisis de suelos. Tomada de Martínez, F.

CURSO DE FISILOGIA VEGETAL (2011).

Sodio Na Meq/100 gr	Su contenido debe ser menor de 1
Saturación en %	Menor del 15%
Relación normal 3:2:1 0,25	Ca: Mg: K

## **7. Análisis de resultados**

### **7.1. Análisis general de resultados**

Análisis general sobre la guía de interpretación con base en la quinta aproximación del ICA. De los contenidos de nutrientes en el suelo con base en los Parámetros de interpretación para análisis de suelos con base en la Quinta aproximación del ICA citados por Cuesta, P., & Villaneda, E. (2005).

Para no dejar de lado la interpretación y aproximarnos a una descripción general de las características de los suelos estudiados con base en sus contenidos nutricionales reales y los ideales, se deduce que la cantidad disponible de elementos se encuentra en niveles críticos, esa característica se debe a la influencia del pH sobre la solución, elementos como Nitrógeno, Fosforo, potasio, azufre, calcio y magnesio se ven altamente limitados por las condiciones de acidez a menor pH mayor limitación en la disponibilidad de dichos elementos.

Otros elementos por el contrario como el hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y aluminio ven favorecida su solubilidad al decrecer el pH. Por lo que presenta niveles de saturación y toxicidad.

### **7.2 Porcentaje de cobertura:**

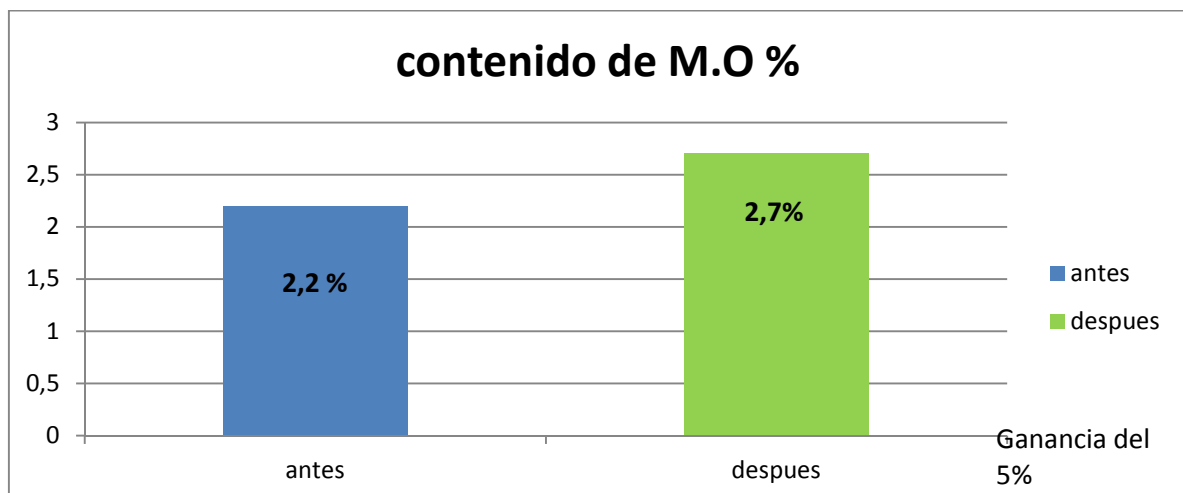
*Arachis pintoi* logro colonizar el terreno con rapidez a los 30 días de establecido el cultivo este había logrado una cobertura del 30%, entre los 60 y los 90 días la cobertura había logrado establecerse con un crecimiento del 50% que se mantuvo estable hasta entrada la época de verano donde se vio limitado el crecimiento y la colonización de *Arachis pintoi* presentando niveles leves de desecamiento lo que concuerda con lo documentado por Bourrillon, A. (2007) al referir que el Maní forrajero en zonas con más de 4 meses de periodo seco pierde sus hojas y estolones por desecamiento.

Una de las consideraciones importantes a tener en cuenta en un plan de mejoramiento de suelos a través del uso de coberturas es la capacidad y la velocidad de colonización en el suelo de la especie que se va a utilizar como cobertura, ya que uno de los beneficios de las coberturas en el mejoramiento de suelos es que con estas se logra reducir la colonización de especies arvenses y se protege el suelo de la erosión y la pérdida de suelo y nutrientes por lixiviación.

### 7.3. Aporte al contenido de materia orgánica

Una de las cualidades de *Arachis pintoii* es su aporte al contenido de materia orgánica a través de la producción de biomasa o Materia seca, que se vio reflejada con una ganancia del 23% de aporte al contenido de materia orgánica en el suelo 6 meses después de establecido, factor que contribuye para mantener y/o mejorar la fertilidad de un suelo, como lo reporta Puertas et al (2008) una de las cualidades del *Arachis pintoii* es que alcanza una profundidad radicular de 36,5 cm contribuyendo significativamente al aporte de materia orgánica, mejorando la estructura y la textura del suelo, factores que contribuyen y aumentan la capacidad de infiltración, retención de la humedad y contribuye a mejorar el flujo de nutrientes.

Grafica 3. Análisis comparativo del contenido de materia orgánica en los dos momentos.



#### 7.4. Aporte de nutrientes

La cantidad de materia orgánica en un suelo está directamente ligada a procesos de solubilización de Nutrientes, principalmente al aporte de Nitrógeno, siendo este uno de los elementos más limitantes en el desarrollo de la mayoría de los cultivos.

Por su parte esta leguminosa aporta potencialmente a la cantidad de nitrógeno presente en el suelo, en seis meses *Arachis pinto* aportó 9,9 kg/ha de nitrógeno asimilable para las plantas, lo que equivale al 24,5% de NA, véase en la (grafica 3) Una de las principales características de las especies leguminosas como *Arachis pinto* es su capacidad para fijar Nitrógeno atmosférico a través de su simbiosis con la bacteria *Rhizobium s.p* allí el nitrógeno atmosférico  $N_2$  es transformado como  $NH_4$  lo que contribuye al aporte de Nitrógeno Disponible que puede ser utilizado por los cultivos asociados.

Para el cálculo de Nitrógeno total (NT) y Nitrógeno asimilable (NA) y de las cantidades de nutrientes presentes en el suelo se realizó la correspondiente conversión de unidades de análisis de suelos a kg/ha, usando las fórmulas de Cuesta, P. (2005).P 9-1.

La cantidad de materia orgánica reportada en el primer análisis de suelo es del 2,2% con este resultado se concluye

NT = 011 %

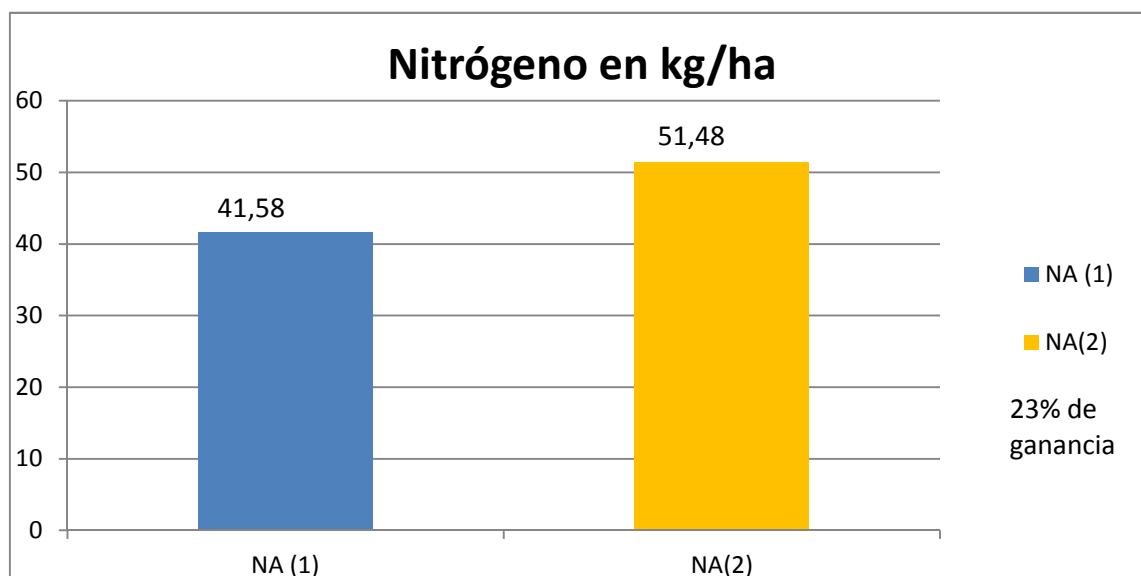
NA = 41,58 Kg/ha de Nitrógeno asimilable

En el segundo análisis de laboratorio la cantidad de materia orgánica reportada es de 2,7% un aumento o ganancia del 5%

NT = 0,13%

NA = 51,84 Kg de Nitrógeno disponible

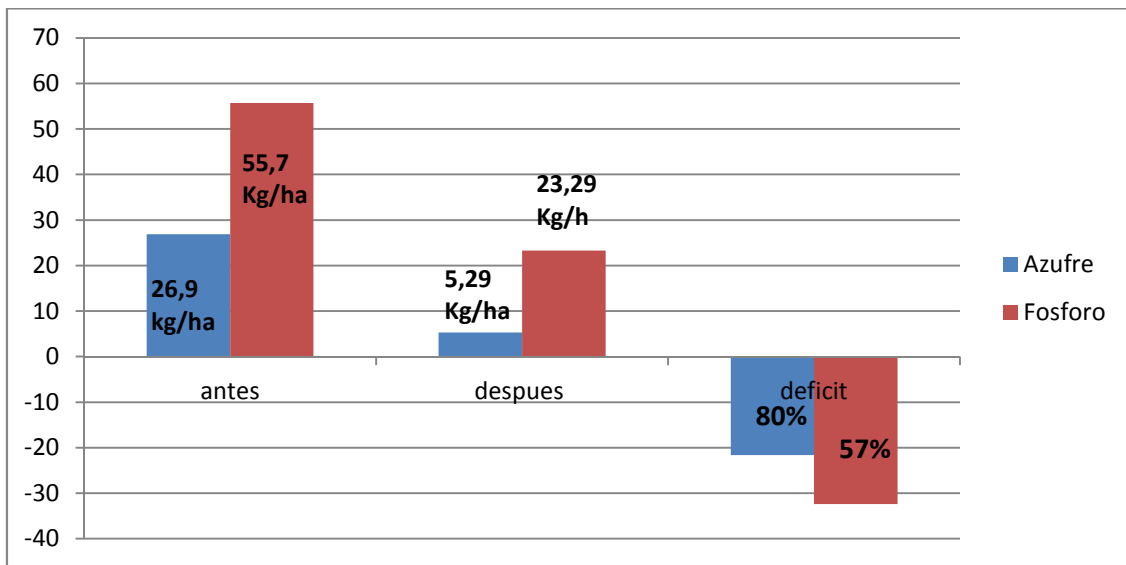
Gráfica 4. Análisis comparativo del contenido de Nitrógeno asimilable, en los dos momentos.



Con respecto al fósforo estudios realizados por Puertas et, al. (2008) Muestran un aporte de *Arachis pintoi* de 7,61kg/a de este elemento, en este caso se presentó una pérdida de fósforo del 57% pasando de un nivel de disponibilidad bajo de 55,7 kg/ha a niveles críticos de 23, 3 kg/ha debida principalmente a la extracción de Fósforo por parte de las plantas y a factores que afecta la concentración y disponibilidad de nutrientes como la acidez ya que a medida que decrece el pH decrece la solubilidad del Fósforo siendo fijado por los hidróxidos de Fe y Al.

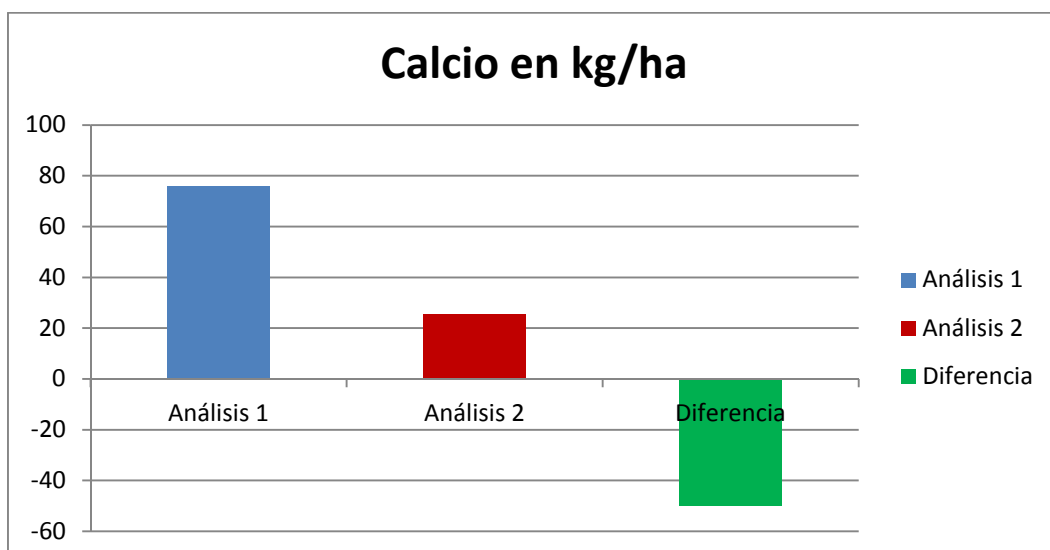
En cuanto al azufre que presento pérdidas del 80% de disponibilidad con relación a su disponibilidad inicial, se explica ya que algunos aniones  $SO_4$  tienden a adsorberse en suelos ácidos, formando compuestos insolubles, siendo la fracción disponible del Azufre dependiente del pH.

Grafica 5. Cuadro comparativo del Fosforo y Azufre en los dos momentos



El Calcio es otro de los elementos que se presentó una significativa pérdida en su disponibilidad. Puertas F, et. Al. (2008) reporta concentraciones de calcio en los tejidos de *Arachis pintoii* que indican que la leguminosa aporta potencialmente Ca asimilable al suelo, posiblemente se presentaron perdidas de calcio por lixiviación ya que *Arachis pintoii* no había alcanzado cobertura total sobre el suelo, en suelo ácidos es muy común la pérdida de calcio por lixiviación.

Gráfica 6. Análisis comparativo del calcio en el suelo

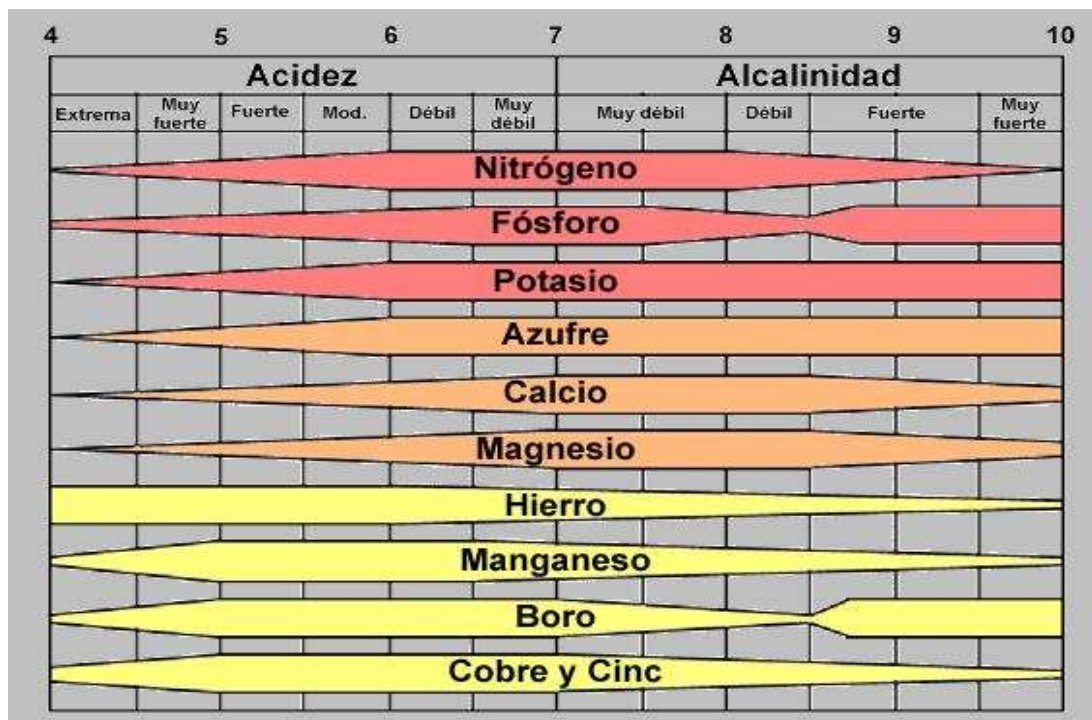


Todo lo contrario sucedió con los cationes Potasio y sodio que presentaron incrementos en sus niveles de disponibilidad del 69,4% y el 102% respectivamente, en Potasio este incremento se pueda deber a al reabastecimiento de las fracciones soluble y cambiabiles del suelo por consumo de las plantas o por lixiviación.

La solubilidad de cationes complejados como cobre o zinc aumenta en la medida que decrece el pH. Por otro lado el material parental del suelo tiene influencia en el contenido de  $(Al^{+3}+H^+)$  acidez intercambiable donde la CIC es dependiente de pH en diferentes proporciones dependiendo de su constitución mineralógica.

A través de la figura 1 se ilustra el efecto del pH del suelo en la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Figura 1. Efecto del pH en la disponibilidad de nutrientes en el suelo.



Tomado del *MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS*. USAID

La fracción de óxidos de Hierro se ve drásticamente incrementada en un 27% aproximadamente. Según Carey 1988 citado en el Libro de fertilidad de suelos de la sociedad Colombiana de la ciencia del suelo (1988), explica como el pH es un factor importante en la solubilidad de los elementos, la solubilidad de los Hidróxidos de hierro y aluminio dependen de la concentración de grupos hidroxilos (OH<sup>-</sup>)

Con relación al incremento en la fracción del hierro en el suelo, son pocos los estudios al respecto sin embargo el incremento significativo en la cantidad de hierro presente en el suelo se puede atribuir a que este es uno de los elementos más frecuentes en las rocas como material constitutivo de este tipo de suelos, un estudio realizado por Prause, J. V., et, al [s. a] en diferentes suelos incluidos los oxisoles encontró que el hierro se encuentra en formas amorfas acompañado por óxidos de aluminio, la mayor concentración del hierro se encuentra a los 79 cm de profundidad, su presencia en el perfil superior se debe a procesos de ferralitización cristalizando en forma de hematita de color rojo, que impregna el perfil acumulando óxidos de hierro y de aluminio. Y transportándolos a estratos superiores.

La solubilidad del Fe se incrementa acentuadamente bajo condiciones de inundación y pobre aireación ya que este elemento presentan alta solubilidad, las plantas por su parte presentan una marcada influencia sobre el movimiento por difusión y convección de los nutrimentos hacia las raíces, la rata de transpiración de las plantas afecta el movimiento del agua, por lo que un aumento en las cantidades del Fe pueden estar influenciadas por los movimientos de absorción de las raíces, que extraen el Fe de un horizonte y es depositado en el horizonte superior. Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. *Fertilidad de Suelos: Diagnóstico y Control. (Silva F., ed.). Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia, P 195.* De lo que no se tiene certeza es que *Arachis pintoi* participe activamente en este proceso ya que sus raíces alcanzan hasta 36,5 cm, muy por encima de las áreas de mayor concentración de hierro.

Gráfica 7. Análisis comparativo del Hierro en el suelo antes y después de sembrado *A pinto*

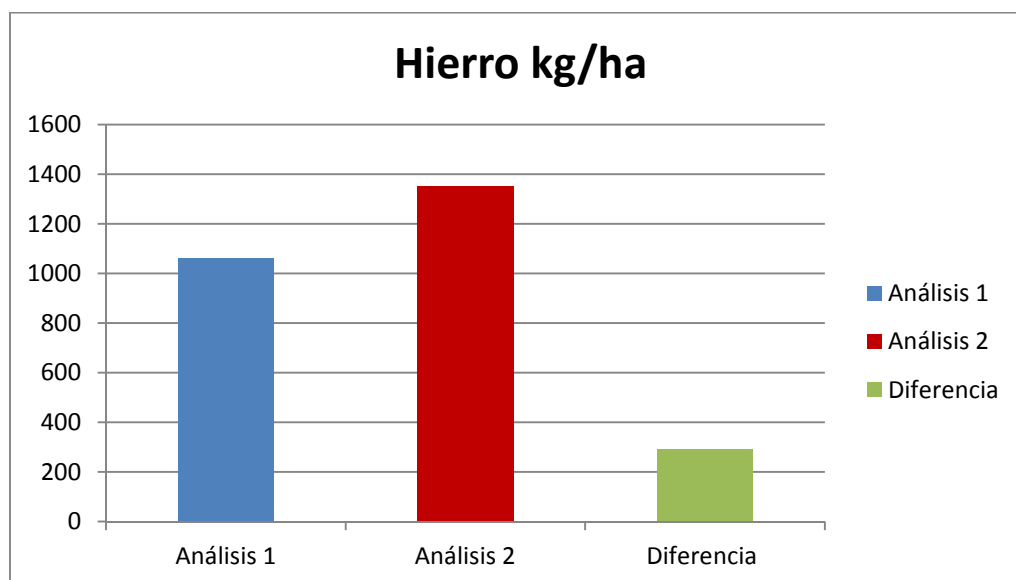
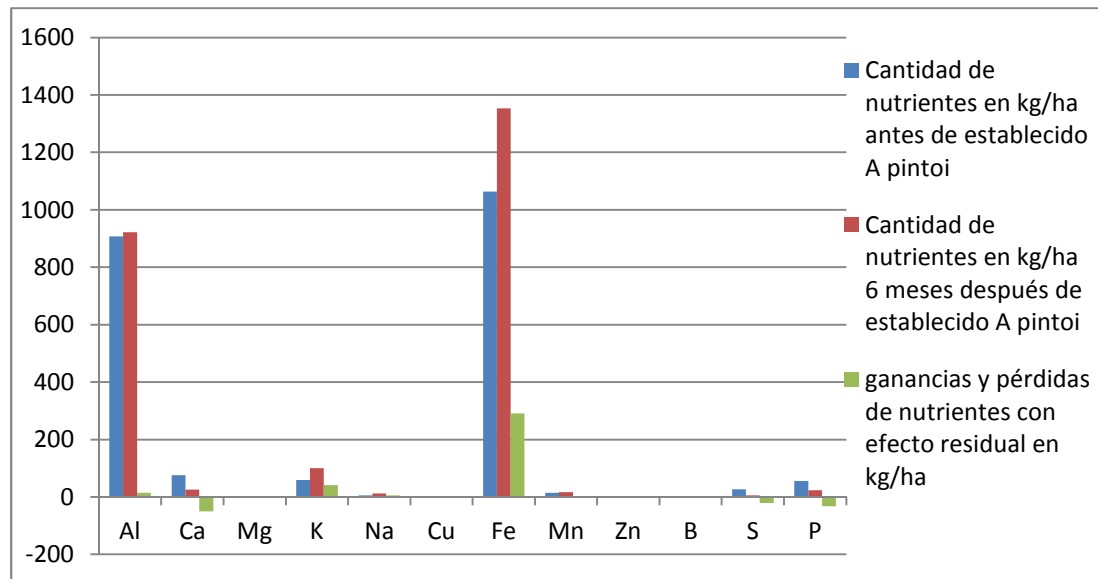


Tabla 12 cuadro comparativo de nutrientes en el suelo encontrados en los dos análisis de laboratorio con efecto residual.

elemento	Cantidad de nutrientes en kg/ha antes de establecido <i>A pinto</i>	Cantidad de nutrientes en kg/ha 6 meses después de establecido <i>A pinto</i>	ganancias y pérdidas de nutrientes con efecto residual en kg/ha
Al	907,2	921,6	14,4
Ca	75,6	25,6	-50
Mg	3	3,07	0
K	58,968	99,84	40,872
Na	5,796	11,76	5,964
Cu	3,15	3,2	0,05
Fe	1063,11	1353,6	290,49
Mn	14,16	16,896	2,736
Zn	1,63	1,792	0,162
B	1,28	0,76	-0,52
S	26,9	5,29	-21,61
P	55,7	23,296	-32,404

Grafica 8. Comparativo de nutrientes en el suelo encontrados en los dos análisis de laboratorio con efecto residual

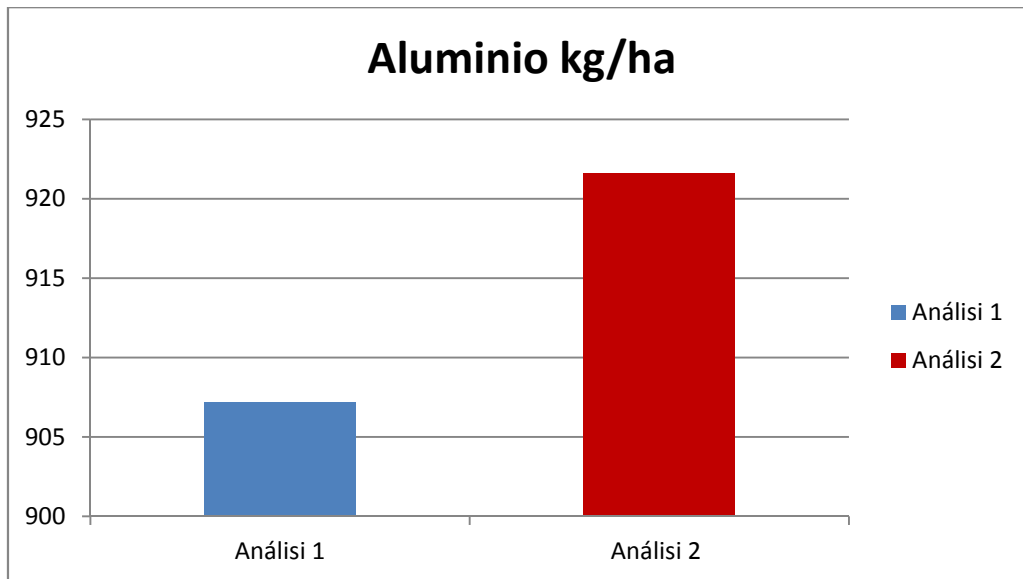


A través de la gráfica 6 se observa el comportamiento de los nutrientes antes y después de establecido *Arachis pintoi* y en color verde se observa el efecto residual, pérdidas y ganancias después de sembrado el Maní forrajero.

### 7.5. Aporte al pH y la capacidad de intercambio catiónico CIC

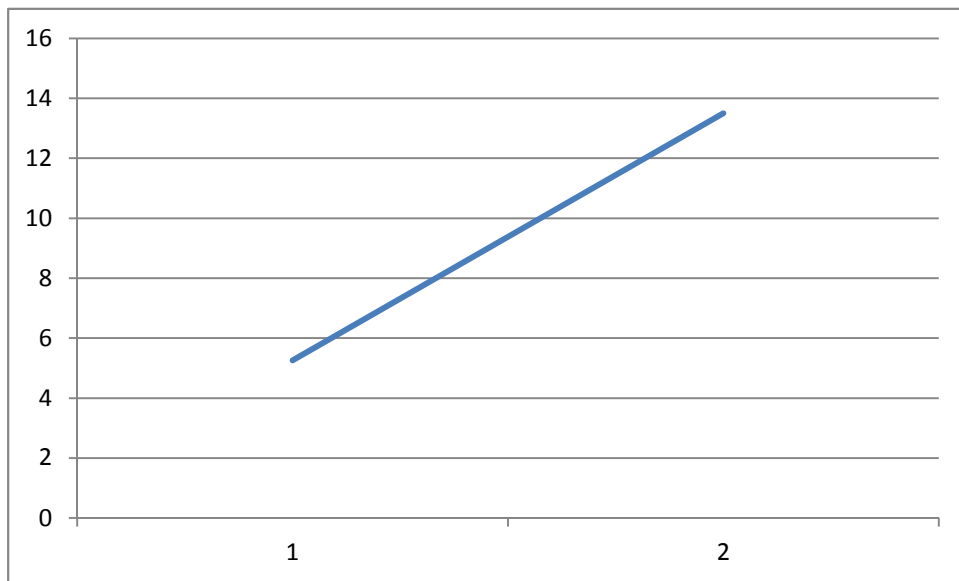
La acidez en algunos suelos es atribuida a componentes húmificantes como los ácidos húmicos y fúlvicos, principales compuestos de la Materia Orgánica, por lo que se puede explicar que el potencial de Hidrogeno presento un descenso de 4,5 a 4,0 no así la presencia de Óxidos de aluminio o acidez intercambiable que se mantuvo en el nivel de 4,0 meq/100g de suelo y la cantidad en kg/ha presento una variación en su cantidad debida a un aumento en la densidad aparente que paso de 1,26 a 1,28 g/c<sup>3</sup>.

Gráfica 9. Comparativo del comportamiento del Aluminio en el suelo



Se puede observar que seis meses después de sembrado *A pinto* se produjo un cambio en la fracción textura aumentando la fracción de limos dado principalmente por el proceso de humificación y transformación de la materia orgánica, lo que favorece la formación de una estructura coloidal que contribuye a la retención de cationes, apreciación que se observa en las diferencias significativas de la CIC. Antes de establecer *Arachis pinto* el suelo presentaba una capacidad de intercambio catiónico muy baja de 5,5%, seis meses después de establecido *A pinto* se presenta un incremento del 145% dejando la actual CIC en el 13,5%, que contribuye significativamente al equilibrio de la carga de cationes en la solución, lo que se considera como un indicador del mejoramiento de la fertilidad del suelo.

En la gráfica 10. Se presenta la curva de crecimiento en el primer análisis de laboratorio el suelo presentaba una CIC de 5,5% a los 6 meses el segundo análisis de laboratorio reporta una CIC de 13,5%, por lo que concluimos que el efecto del maní forrajero como cobertura vegetal aporta significativamente en el mejoramiento de la calidad del suelo.



## 7.6. Aporte a las características físicas

### 7.6.1. Densidad aparente

Un aumento en la densidad aparente también contribuye a mejorar los procesos de aireación, infiltración y retención de humedad en el suelo y contribuye a un incremento en la proporción de nutrientes, teniendo en cuenta que para el cálculo del peso de suelo por hectárea, como la conversión de meq/100g y ppm a kg/ha requieren del conocimiento exacto de la densidad aparente, en el caso del suelo estudiado el contenido de nutrientes presento cambios relacionados con la densidad aparente. Pasando de  $1,26 \text{ g/c}^3$  a  $1,28 \text{ g/c}^3$ .

### 7.6.2. Estructura

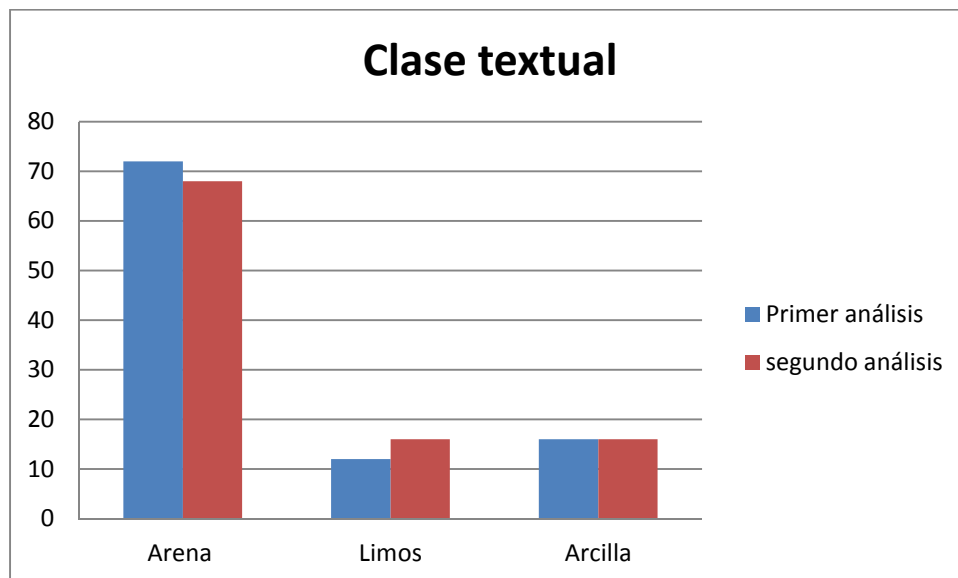
La estructura del suelo presento cambios en su distribución granulométrica antes de la siembra de *Arachis pintoi* presentaba un 72% de arenas, 12% limos y 16% arcillas seis meses después la proporción de arenas pasa al 68% cediendo partículas a lo limos esto se

debe a un proceso de meteorización influenciado por la capacidad de infiltración de las aguas, lo que demuestra que se necesita que mayor cobertura de Maní forrajero

Tabla 13. Dinámica de textura o distribución granulométrica antes y después de sembrado el *Arachis pintoi*

TEXTURA POR BOYUCOS %		
Clase textual	Primer análisis	segundo análisis
Arena	72	68
Limos	12	16
Arcilla	16	16

Grafica 11. Análisis de textura o distribución granulométrica antes y después de sembrado *Arachis*



## 8. Conclusiones.

La evaluación de la eficiencia del *Arachis pinto* en el mejoramiento de la calidad de suelos arroja como resultados que el uso de esta leguminosa como cobertura vegetal contribuye en el mejoramiento de la calidad del suelo, sin embargo para que la respuesta sea de mayor significancia es necesario aplicar labores agronómicas antes de la siembra.

Después de seis meses de realizada la siembra del *Arachis pinto* se obtuvo un aporte del 9,9 kg/ha de Nitrógeno, el cual está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica que presento un aumento del 24,5 %

Por otro lado al incrementar el contenido de materia orgánica se presentó una influencia directa en la Capacidad de intercambio catiónico CIC pasando del 5,5meq/100g a 13,5 meq/100g , que puede ser tenida en cuenta como un importante indicador de mejoramiento de la calidad de este suelo infiriendo directamente en el intercambio de aniones y cationes y su liberación hacia la solución del suelo, lo que a su vez se refleja en el incremento de la fracción disponible de K en un 69,4% y la estabilidad en la cantidad de Mg.

De otra parte la pérdida de calcio se puede deber principalmente a procesos de lixiviación debido a las características del suelo sobre el cual se realizó el estudio y al porcentaje de cobertura presentado, lo que implica que para el uso de esta especie con fines de mejoramiento de suelos, se deben establecer altas densidades de cobertura y mantener un sistema de riego para épocas secas.

Con respecto al fosforo presentó una pérdida de fosforo del 57% pasando de un nivel de disponibilidad bajo de 55,7 kg/ha a niveles críticos de 23, 29 kg/ha esta relación se pueda deber principalmente a la extracción de Fosforo por parte de las plantas y a factores que afecta la concentración y disponibilidad de nutrientes como la acidez ya que a medida que decrece el pH decrece la solubilidad del Fosforo siendo fijado por los hidróxidos de Fe y Al.

En cuanto al azufre que presento pérdidas del 80% de disponibilidad con relación a su disponibilidad inicial, se explica ya que algunos aniones  $\text{SO}_4$  tienden a adsorberse en suelos ácidos, formando compuestos insolubles, siendo la fracción disponible del Azufre dependiente del pH.

Hay que destacar que el potencial de  $\text{H}^+$  decreció de pH 4,5 a pH 4,0, uno de los posibles factores de incidencia es el aumento en los contenidos de M.O con la producción de ácidos fúlvicos y húmicos, sin embargo la acidez intercambiable se mantuvo en 4,0 meq/100g. lo que influye directamente en limitar la movilidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Los óxidos de hierro se vieron incrementados en un 27% lo que se puede explicar ya que estos dependen de la concentración de grupos hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ) y al material parental constitutivo y el grado de meteorización de este tipo de suelos como a características físicas como la aireación y la capacidad de infiltración y a la relación de este con los movimientos de absorción de las raíces, que extraen el Fe de un horizonte y es depositado en el horizonte superior.

Bajo condiciones estables de pH y de nutrientes en el suelo *Arachis pintoii* contribuye de una manera más significativa, mejorando y manteniendo en el tiempo un buen estado de calidad las características físicas y químicas del suelo a bajos costos para los productores agropecuarios.

En los suelos oxisoles y suelos con algún grado de acidez se hace necesaria la práctica de encalamiento con el fin de neutralizar el hidrogeno y el aluminio intercambiable y proporcionar calcio y magnesio en estado disponible para las plantas. Las correcciones adecuadas permiten el aprovechamiento de la mayoría de los nutrientes que requieren las plantas en las dosis adecuadas.

## **9. Recomendaciones**

A partir de los resultados obtenidos en este estudio se propone que se dé continuidad al proceso de investigación con *Arachis pintoii* aplicando labores agronómicas mínimas, para que se logre verificar con más claridad la efectividad de la leguminosa como mejoradora del suelo y establecer los beneficios a nivel económico en pesos que ofrecería para el agricultor

La capacidad productiva de los suelos es un tema de importancia para el sector público, profesionales y agricultores, es por ello que se deben abrir procesos de validación investigativa que propongan la implementación de prácticas de recuperación, conservación del recurso suelo así como la mitigación de impactos que amenazan la productividad agrícola, la seguridad y la soberanía alimentarias.

En los suelos oxisoles y suelos con algún grado de acidez se hace necesaria la práctica de encalamiento con el fin de neutralizar el hidrogeno y el aluminio intercambiable y proporcionar calcio y magnesio en estado disponible para las plantas. Las correcciones adecuadas permiten el aprovechamiento de la mayoría de los nutrientes que requieren las plantas en las dosis adecuadas.

También se propone vincular investigación dirigida a evaluar la capacidad de otras especies leguminosas y de diferentes prácticas agrícolas que puedan contribuir en el mejoramiento de la calidad y capacidad productiva de los suelos oxisoles.

## **10. Bibliografía**

Amézquita, E. D. G. A. R. (1998, October). Hacia la sostenibilidad de los suelos en los Llanos Orientales de Colombia. In *Noveno Congreso Colombiano de la Ciencia del*

*Suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, Paipa, Boyacá (Colombia), octubre (Vol. 21).*

Amézquita, E. (1999). Propiedades físicas de los suelos de los Llanos Orientales y sus requerimientos de labranza. *Revista Palmas*, 20(1), 73-86.

Asakawa, N. M., & Ramírez, C. A. (1989). Metodología para la inoculación y siembra de Arachis pintoi.

Asakawa, N. M., & Ramírez, C. A. de Arachis pintoi. [s.a.]

Bourrillon, A. (2007). Ventajas y limitaciones para el uso de maní forrajero perenne (Arachis pintoi) en la ganadería tropical. In: *XI Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto. Venezuela*, 88-99.

Castiblanco, A. A. & Blanco, M. F. (2010) Edafología y fertilidad – UNAD.

Cuesta, P. (2005). *Manual Técnico. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles interandinos. Colombia: Arteprint Ltda., 2005. ISBN 958-8210-79-8.*

Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Revista Ecosistemas*, 13(2).

Cuesta, P., & Villaneda, E. (2005). El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones caribe y valles interandinos. Manual Técnico. Bogotá: Corpoica*, 1-10.

Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. *Fertilidad de Suelos: Diagnóstico y Control.*(Silva F., ed.). *Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia*, 28-55.

Ferguson, J. E., Cardozo, C. I., & Sánchez, M. S. (1992). Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. *Pasturas tropicales*, 14(2), 14-22. Lora, R. (1994).

Lardizabál, R., & Miselem Laca, J. M. (2006). *MANUAL PRÁCTICO PARA LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS*. USAID del pueblo de los Estados Unidos.

Marín Morales, G., & Silva Mojica, F. (1984). La fertilización de los suelos de Colombia y las recomendaciones de fertilizantes.[Soil fertility of Colombia and fertilizer recommendations].

Martínez, F. CURSO DE FISILOGIA VEGETAL (2011) área de ingeniería agrícola y de recursos hídricos. *Algunos aspectos a tener en cuenta en la formulación de fertilizaciones de cultivos basados en la interpretación de los análisis químicos de suelos* Universidad del Valle. 1 – 13.

Moreno, I., Mass, B., Peters, M., & Cárdenas, E. (1999). Evaluación de germoplasma nuevo de *Arachis pintoi* en Colombia.: 1. Bosque seco tropical, Valle del Cauca. *Pasturas Tropicales*, 21(1).

Orozco, J., & David, D. (2011). *Propuesta de indicadores de calidad edafológicos para valorar la influencia de los sistemas productivos sobre algunas propiedades físicas y químicas en suelos oxisoles del piedemonte llanero colombiano* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira).

ORTIZ, M., ZAPATA, R., Sadeghian, S., & FRANCO, H. (2004). Aluminio intercambiable en suelos con propiedades ándicas y su relación con la toxicidad.

POSADA, S. G. ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE.

Pronatta, C. (1999). Maní forrajero (*Arachis pintoi*), la leguminosa para sistemas sostenibles de producción agropecuaria.

Prause, J. V., Sara-Versalli, J. J., & Lifschitz, A. D. Fracciones de Hierro, Manganeso, y Aluminio en Alfisoles, Oxisoles y Ultisoles de la provincia de Misiones.

- Puertas, F., Arévalo, E., Zúñiga, L., Alegre, J., Loli, O., Soplín, H., & Baligar, V. (2008). Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la amazonia Peruana. *Ecología Aplicada*, 7(1-2), 23-28.
- Rincón C. (1992). *Maní forrajero perenne (Arachis pintoii Krapovickas y gregory): una Alternativa para ganaderos y agricultores*. ICA: CIAT.
- Rincón, A. C. (2001). Potencial productivo de ecotipos de *Arachis pintoii* en el piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 23(1), 19-24.
- Sampaio, E. P. (2009). Estudio de las prácticas culturales en sus relaciones con agricultura, suelo y ambiente. *Información tecnológica*, 20(3), 113-123.
- Silva, F., & GUERRERO, R. (2001). Fertilidad de los suelos diagnóstico y control. *Bogotá, CO. Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo*.
- VISITANTE, I., CASTILLA, I. C., DEXTRE, I. R., LA SECCION, D. S. Y. N., & DE PLANTAS, P. D. P. (1984). Requerimientos nutricionales de *Arachis pintoii* (CIAT 17434).