

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"EZEQUIEL ZAMORA"**



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

**VICERRECTORADO
DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
ESTADO PORTUGUESA**

**COORDINACIÓN
ÁREA DE POSTGRADO
Postgrado Manejo de Recursos Agua y Suelos**

**EFFECTO DE ESPECIES LEGUMINOSAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES SOBRE
LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO ALFISOL, EN EL MUNICIPIO OSPINO
ESTADO PORTUGUESA**

**Autor: Ing. Marynor E. Ortega R.
Tutor: Msc. Ing. Rafael González Lanza**

GUANARE, 2009

**Universidad Nacional Experimental
de los Llanos Occidentales
"Ezequiel Zamora"**



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

**Vicerrectorado de Producción Agrícola
Coordinación de Área de Postgrado
Postgrado Manejo de Recursos Agua y Suelo**

**EFFECTO DE ESPECIES LEGUMINOSAS EN SISTEMAS
AGROFORESTALES SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN
SUELO ALFISOL, EN EL MUNICIPIO OSPINO ESTADO PORTUGUESA**

Requisito parcial para optar al grado de

Magister Scientiarum

Autor: Ing. Marynor Elena Ortega Ramírez

Tutor: MSc. Ing. Rafael González Lanza

Guanare, Noviembre de 2009

ÍNDICE

	Pág.
LISTA DE TABLAS Y FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I (FUNDAMENTOS DEL TRABAJO)	
Objetivos.....	3
Revisión bibliográfica.....	4
Generalidades de las especies forestales.....	4
Generalidades de las especies leguminosas.....	7
Frijol bayo (<i>Vigna unguiculata</i>).....	7
Frijol blanco var Orituco.....	9
Quinchoncho (<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp., cv. <i>Aroita</i>).....	9
Kudzu tropical (<i>Pueraria phaseoloides</i>).....	10
Croltalaria (<i>Crotalaria juncea</i>).....	11
Sistemas Agroforestales.....	13
Antecedentes.....	14
Efectos de las leguminosas en el suelo.....	19
Experiencias con leguminosas en estudio.....	23
Experiencias con otras leguminosas.....	28
Generalidades de suelos Alfisoles.....	30
CAPITULO II (MARCO METODOLOGICO)	
Metodología de la investigación.....	32
Área de estudio.....	32
Descripción del ensayo.....	35
Diseño experimental.....	38

Determinación química del suelo.....	43
Cuantificación de la calidad nutricional de la especie forestal durante la asociación.....	44
Análisis estadístico.....	45
CAPITULO III (RESULTADOS)	
Resultados y discusión.....	46
Ensayo establecido en la Finca la Yaguara	50
Cuantificación de la calidad nutricional del <i>E. urograndis</i>	58
Ensayo establecido en la Finca el Hierro	64
Cuantificación de la calidad nutricional de <i>Gmelina arborea</i>	65
Tendencias de las variables ph, conductividad eléctrica y nitrógeno en el suelo de las fincas bajo estudio.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	81
ANEXOS.....	92

LISTA DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1.- Características iniciales del suelo de la Finca la Yaguara.....	45
Cuadro 2.- Características iniciales del suelo de la Finca El Hierro	46
Cuadro 3.- Valores iniciales de elementos en muestras foliares de especies forestales.....	48
Cuadro 4.- ANDEVA para las variables químicas de suelo medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca la Yaguara.....	50
Cuadro 5.- Comparación de medias para las variables químicas de suelo medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca la Yaguara.....	54
Cuadro 6.- ANDEVA para las variables analizadas de las muestras foliares medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca la Yaguara.....	58
Cuadro 7.- Comparación de medias para las variables analizadas de las muestras foliares medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca la Yaguara.....	60
Cuadro 8.- ANDEVA para las variables químicas de suelo medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca el Hierro.....	63
Cuadro 9.- ANDEVA para las variables analizadas de las muestras foliares medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca el Hierro.....	66
Cuadro 10.- Comparación de medias para las variables analizadas de las muestras foliares medidas a los 10 meses de establecimiento del ensayo en la Finca El Hierro.....	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1.- Clima. Diagrama del área de estudio.....	35
Figura 2.- Vista de subparcelas sembradas a chorro corrido(frijol)	37
Figura 3.- Distribución general del ensayo por repetición.....	39
Figura 4.- Tratamiento cero (0) testigo – sin leguminosas.....	39
Figura 5.- Tratamiento uno (1) – Frijol bayo.....	40
Figura 6.- Tratamiento dos (2) - Frijol blanco.....	40
Figura 7.- Tratamiento tres (3) – Quinchoncho.....	41
Figura 8.- Tratamiento cuatro (4) – Kudzú tropical.....	41
Figura 9.- Tratamiento cinco (5) – Crotalaria.....	42
Figura 10.- Tratamiento seis (6) – Sesbania.....	42
Figura 11.- Vista general del ensayo	45
Figura 12.- Quinchoncho asociado a la especie forestal.....	54
Figura 13.- Frijol blanco asociado a la especie forestal.....	57
Figura 14.- Frijol bayo asociado a la especie forestal.....	62
Figura 15.- Vista general del ensayo de Gmelina.....	66
Figura 16.- Frijol blanco asociado a la especie forestal.....	69
Figura 17.- Cobertura de leguminosas fincas Hierro y Yaguara	71
Figura 18.- pH Finca el Hierro	73
Figura 19.- pH finca la Yaguara.	74
Figura 20.- CE Finca el Hierro	75
Figura 21.- CE finca la Yaguara.	76
Figura 22.- N Finca el Hierro	77
Figura 23.- N finca la Yaguara.	78

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
 “EZEQUIEL ZAMORA”

VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COORDINACIÓN DE ÁREA DE POSTGRADO

MAESTRÍA MANEJO DE RECURSOS AGUA Y SUELO

EFFECTO DE ESPECIES LEGUMINOSAS EN SISTEMAS AGROFORESTALES SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE UN SUELO ALFISOL, EN EL MUNICIPIO OSPINO ESTADO PORTUGUESA

AUTOR: Ing. Marynor E. Ortega R. **TUTOR:** MSc. Ing. Rafael González L **AÑO:** 2009

RESUMEN

Seis especies leguminosas frijol bayo (*Vigna unguiculata*), frijol blanco Var. Orituco, Quinchoncho enano (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., cv. *Aroita*), Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*), Crotalaria (*Crotalaria juncea*), Sesbania (*Sesbania grandiflora*) fueron establecidas en un sistemas agroforestal para evaluar su efecto sobre las propiedades químicas de un suelo alfisol en el municipio Ospino estado Portuguesa, en la Finca La Yaguara plantada con *E. urograndis* y en la finca El Hierro plantada con *G. arbórea*. En un diseño en bloques al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones, se utilizó STATISTIS 9.0 para realizar el ANDEVA y para las variables donde se presenten diferencias se empleó la prueba de Tukey(5%); Los resultados indican que en la finca La Yaguara se encontraron diferencias ($P<0,05$) para las variables relación C/N, CO, Zn, y cambios altamente significativas ($P<0,01$) para N; y al comparar medias la Sesbania y el quinchoncho fueron del mejor grupo en relación C/N; para CO el frijol blanco y el tratamiento testigo; para Zn el quinchoncho, frijol blanco y kudzú tropical; mientras que para el N quinchoncho fue el mejor tratamiento. Mientras que en la finca el Hierro aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, gráficamente se encontró que las leguminosas permiten mantener sus propiedades químicas; ya que permite incrementar o mantener los niveles de N, P, K y pH y CE. Para constatar el beneficio generado al sistema agroforestal se realizaron análisis foliares al eucalipto, encontrándose diferencias altamente significativas para P en los tratamientos con Frijol blanco y Kudzú y significativas para Zn en donde se estableció quinchoncho. Mientras que en Gmelina solo hubo diferencias en P para frijol blanco y Sesbania.

Palabra Clave: Leguminosa, agroforestal, Eucalyptus, Gmelina, abono verde.

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
“EZEQUIEL ZAMORA”

VICERRECTORADO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
 COORDINACIÓN DE ÁREA DE POSTGRADO
 MAESTRÍA MANEJO DE RECURSOS AGUA Y SUELO

LEGUMINOUS SPECIES EFFECT IN AGROFORESTRY SYSTEMS ON SOIL CHEMICAL PROPERTIES OF A ALFISOL, IN THE MUNICIPALITY OSPINO PORTUGUESA STATE

AUTHOR: Ing. Marynor E. Ortega R. TUTOR: MSc. Ing. Rafael González L YEAR: 2009

ABSTRACT

Six leguminous species Frijol bayo (*Vigna unguiculata*), Frijol white Var. Orituco, Quinchoncho dwarf (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., cv. Aroita), Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*), Crotalaria (*Crotalaria juncea*), Sesbania (*Sesbania grandiflora*) were established in an agroforest systems to assess his effect on the chemical property of a Alfisol soil at municipality Ospino Portuguese state, at the farm La Yaguara planted with *E. urograndis* and in the farm El Hierro planted with *G. arbórea*. In a design in random blocks with 7 processings and 4 repetitions, employing STATISTIS 9.0 to carry out the ANDEVA and for variables where differences are presented the test was employed of Tukey (5%); obtaining as results that in the soil of the farm The Yaguara alone significant differences were found ($P<0,05$) **for the variables relation C/N, CO, Zn, highly significant and differences ($P<0,01$)for N; being the Sesbania and quinchoncho the best treatment in relation C/N; for CO the frijol blanco and the treatment control; for Zn the quinchoncho and treatment control, frijol blanco and kudzú tropical; in the N quinchoncho and Sesbania. Where as in the farm el Hierro although statistical differences were not presented between treatment, it was graphically found that the leguminous ones allow maintaining his chemical property , there as increments in the N nivels, pH and CE. To confirm the generated profit to the agroforestry system analysis were completed foliate to the eucalyptus, finding highly significant differences for P with Frijol blanco and Kudzú and significant for Zn where is quinchoncho and treatment control. Where as Gmelina alone had differences in P for frijol blanco and Sesbania.**

Key Word: Leguminous, agroforest, Eucalyptus, Gmelina, Green compost

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de sistemas de producción sostenida, especialmente para las zonas tropicales donde los problemas socioeconómicos sumados a los de alta susceptibilidad a la erosión y baja fertilidad del suelo producen pérdidas significativas de la productividad, los sistemas agroforestales parecen ser ventajosos a corto y largo plazo, especialmente por el aporte de materia orgánica y nutrimentos a través del componente arbóreo (Ramírez 2000)

Sánchez (1981) indica que en Venezuela, así como en la mayoría de los países latinoamericanos, donde la agricultura es básicamente de secano, uno de los mayores problemas que se presenta es la degradación de suelos, como consecuencia de factores naturales (clima), utilización de la tierra en forma intensiva bajo cultivos limpios, expansión de la frontera agrícola hacia áreas con diversas limitaciones, desconocimiento de las características estructurales y propiedades del suelo, así como sus interacciones con el clima, manejo y la aplicación de tecnologías desarrolladas para climas templados. Esta degradación se traduce en una disminución de la capacidad productiva del suelo (FAO 1978, Rangel 1976, Rodríguez, 1985 citado por Sánchez 1981). Es necesario, en consecuencia, identificar alternativas tecnológicas que permitan o coadyuven a un incremento en la productividad agrícola, con una mayor racionalización de los insumos utilizados (Jarson 1979)

De allí, que el uso de leguminosas tropicales en la agricultura, se vislumbra como una alternativa viable, dada su importancia como fuente de nutrientes y alimentos, siendo además mejoradora de la fertilidad natural del

suelo y como práctica conservacionista (Jarson 1979, McKenney *et al.* 1993, citado por Vargas 1997).

Los incrementos en la disponibilidad de los nutrimentos Ca, P, K, S y N, en la materia orgánica del suelo, disminución en el Al^{+3} y los ligeros incrementos en el pH del suelo; así como los aumentos en los rendimientos de los cultivos asociados, son indicadores de mejoras en la calidad del suelo y aumentos en su capacidad productiva. Dichas características se convierten en elementos claves para visualizar la tendencia de agrosistemas con suelos ácidos a lograr su sustentabilidad ecológica y económica a mediano plazo al mantener prácticas conservacionistas como asociación forestal- leguminosa, uso de cultivares tolerantes a la acidez del suelo, manejo combinado de abonos orgánicos e inorgánicos, labranza mínima, uso racional de insumos y manejo adecuado de ecosistemas (López *et al.* 2006).

Considerando todas las ventajas y beneficios generados por el uso de especies leguminosas, aunado a la rentabilidad y sostenibilidad de los sistemas forestales; resulta interesante evaluar los efectos del establecimiento de sistemas agroforestales con especies leguminosas sobre las propiedades químicas de un suelo Alfisol en el municipio Ospino estado Portuguesa. Esto permite generar información local que sea aplicable a suelos con características similares, donde pueda obtenerse desde el punto de vista económico ingresos a corto, mediano y largo plazo; manteniendo el equilibrio ecológico y el manejo sustentable de los recursos naturales.

CAPITULO I

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto de especies leguminosas en sistemas agroforestales sobre las propiedades químicas de un suelo Alfisol, en el municipio Ospino estado Portuguesa

ESPECÍFICOS

- Determinar los cambios químicos del suelo en un sistema agroforestal con especies leguminosas, Eucalyptus y Gmelina.
- Comparar los cambios nutricionales de la especie forestal durante el periodo de asociación con las leguminosas.
- Diferenciar las especies leguminosas que aportan mejores beneficios al suelo y a la plantación forestal.

REVISION BIBLIOGRÁFICA

GENERALIDADES DE LAS ESPECIES FORESTALES

1. *Eucalyptus sp*

Pertenece a la familia de las Mirtáceas y es originario de Australia y Tasmania; es un grupo de rápido crecimiento en el que se cuentan actualmente cerca de 700 especies de Eucalipto, distribuidas en regiones, especialmente de climas mediterráneos, tropicales o subtropicales. Sobre el Eucalipto se dice que seca y empobrece los suelos ya que su sistema radical absorbe los nutrientes de éste y que a su vez, sus hojas, flores y frutos cuando caen al suelo, contienen sustancias perjudiciales para el crecimiento y desarrollo de otras especies. No obstante, los resultados de varios ensayos han permitido establecer que, bajo las condiciones adecuadas de suelos, clima de temperatura mayor a los 22° C y entre 800 y 1.600 milímetros anuales de lluvia, evitando ciclos de cosecha cortos; no es perjudicial para los suelos, se puede desarrollar perfectamente en suelos pobres con poca retención de agua, pero para su crecimiento requiere de buenas condiciones de luz y, preferiblemente en donde sólo se cultive la especie (Sánchez 2009).

Para el eucalipto igual que en todos los cultivos, se ha determinado que la deficiencia o exceso de uno o más nutrientes producen anormalidades visibles con síntomas característicos para cada nutriente. El problema es que cuando los síntomas se perciben en forma visual, el crecimiento y la producción ya fueron afectados (Silveira *et al.* 2001). Mediante un monitoreo, con extracción y análisis de muestras foliares se pueden detectar posibles deficiencias de nutrientes antes que se afecte el crecimiento (Aparicio 2004).

Según Bellote y Silva (2004), la época más adecuada para extraer las muestras de hojas es en plena estación de crecimiento. En este período, con temperaturas altas en el ambiente y humedad en el suelo, se produce la mayor demanda de nutrientes. Las hojas maduras del tercio superior o del tercio medio de los árboles dominantes son las que mejor reflejan el estado nutricional de la plantación (Silveira *et al.* 2001, Bellote y Silva 2004).

En el caso del *Eucalyptus* bajo estudio (*Eucalyptus urograndis*), es producto de la mejora genética obtenida de la hibridación o cruce entre *E. urophylla* x *E. grandis*, de allí el nombre del híbrido *Eucalyptus urograndis*. Durante 15 años se hicieron los cruces entre estas dos especies tratando de obtener lo mejor de ambas a nivel de densidad, calidad de fibra, rectitud en el fuste, altura y turno de cosecha de acuerdo a los requerimientos para la fabricación de papel. Luego de obtener el híbrido y de realizar una identificación de los mejores clones del ranking, estos son plantados en las diferentes fincas de acuerdo con los resultados obtenidos en ensayos previos de calidad de sitio por clon. Cada uno de los clones establecidos en la finca La Yaguara es producto de la selección local y de la producción clonal en los viveros de la empresa.

Tabla1 .- Valores adecuados y deficientes para diferentes especies de *Eucalyptus* a nivel foliar.

Nutriente	Fajas de niveles adecuadas			Fajas de deficiencia	
	Malavolta et al (1987) ¹	Goncalves (1995) ²	Silveira et al. (2001) ³	Malavolta et al (1987) ¹	Silveira et al (2001) ⁽²⁾
Macronutrientes (g/ Kg)					
N	21 - 23	13,5 - 18	22 - 27	8 - 13	< 16
P	1,3 - 14	0.9 - 1.3	1,7- 2,2	0,4 -0,8	< 1,1
K	9 - 10	9 - 13	8,5 -9	6 - 8	<7,0
Ca	5 -6	6 - 10	7,1 - 11	2 - 4	< 2,1
Mg	2,5 - 3	3,5 - 5	2,5 – 2,8	1,5 - 2	< 1,3
S	1,5 – 2,5	1,5 - 2	1,5 – 2,1	0,8 – 1,2	< 1,3
Micronutrientes (g/Kg)					
B	25 - 30	30 – 50	34 – 44	15 – 20	< 2,1
Cu	7 – 10	7-10	6 – 7	4 – 6	< 4
Fe	100 – 140	150 – 200	65 – 125	75 – 100	----
Mn	300 – 400	400 -600	200 – 840	< 100	----
Zn	12 - 17	35 – 50	15 – 20	20 – 30	< 7

(1) Datos referentes a *E. grandis* con alta productividad de madera.

(2) Datos medios para las especies de *Eucalyptus* más plantados en Brasil.

(3) Datos referentes a plantaciones de *E. grandis*

Fuente: Aparicio (2004)

2. *Gmelina arborea* Roxb

La *Gmelina arborea* Roxb, pertenece a la familia de las *Verbenaceae* y se caracteriza por ser una especie cuya edad no supera los 30 años. Alcanza hasta 30 metros de altura y 60 o (rara vez) los 100 centímetros de diámetro. Su principal cualidad es su acelerado crecimiento hasta los cinco o seis años de haber sido plantada, ya que cuando alcanza la altura de los ejemplares adultos, su crecimiento se vuelve lento. La especie es usada en sistemas agroforestales, junto con otras especies como el maní, tabaco, frijol, maíz. Se siembra en cultivos de café y cacao para proteger los árboles jóvenes y limpiar maleza o malas hierbas, se usa como cerca viva, cortinas rompevientos, barreras protectoras o como especie ornamental en avenidas y jardines crece de manera natural entre el nivel del mar y los 900 metros, creciendo favorablemente en zonas de bosque seco tropical, bosque húmedo tropical o bosque muy húmedo tropical, generalmente entre los 24 y 35 grados y a partir de los 900 metros hasta los 1.500 metros en donde crece en suelos livianos o pesados, de reacción ácida a alcalina, ricos en nutrientes y con buenas condiciones de drenaje y luz (Sánchez 2009).

En el caso de la especie bajo estudio, son clones obtenidos de los individuos mas destacados dentro de los ensayos de calidad de sitio en cada finca, a partir de allí se instalaron jardines, de donde vía vegetativa se reproduce el material q va a las áreas de producción comercial.

GENERALIDADES DE LAS LEGUMINOSAS

- **Frijol bayo (*Vigna unguiculata* (L) Walp cv. Tuy**

Procede de una selección masal realizada en la introducción I-139, del Banco de Germoplasma de frijoles, correspondiente al año 1959. Las siembras en parcelas de observación hechas en los años siguientes la colocan dentro del grupo de material sobresaliente. Planta. Semi-erecta, con bejuco de longitud media, vainas de color amarillo crema con longitud promedio de 15 centímetros y colocadas sobresaliendo en la parte superior de la planta. Los granos son de color crema (bayo) en número promedio de 14 por vaina y el centenar de ellos pesan 17 gramos, correspondiendo a la clasificación de pequeños. La Floración comienza alrededor de los 35 días y dura entre 10 y 15 días. Las flores son de color morado. Su Periodo vegetativo es de 80 a 85 días. La maduración, como es característico de esta especie no se presenta en forma totalmente uniforme, aunque al momento de la cosecha alrededor del 95 por ciento de las vainas están completamente secas no así las plantas. Las pruebas de rendimiento indican que el cultivar 'Tuy' tiene una producción promedio de 1.282 k/ha (Barrios y Ortega 1975).

Según Barrios *et al* (1986) El cultivo del frijol (*Vigna unguiculata* (L) Walp) es el segundo en importancia entre las leguminosas de grano comestible en Venezuela, después de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). La planta de frijol está bien adaptada a condiciones tropicales de regiones semiáridas y tolera condiciones de sequía. La mayoría de las siembras se realizan durante la salida de la época de lluvias, procurando que al momento de la cosecha ésta se realice en ausencia de precipitaciones. La utilización del riego es una

práctica poco usual en el país, prefiriéndose para la producción de semillas. La variedad de frijol Tuy, de grano color crema o bayo, es actualmente la de mayor uso por los agricultores del país; en ese estudio también se evaluó el efecto que tiene sobre el rendimiento la aplicación de riego, en las diferentes etapas de desarrollo de esta variedad.

- **Frijol blanco (*Vigna unguiculata* (L.)Walp cv Orituco**

Tiene su origen en el cruzamiento simple entre las variedades Texas Green x Marrón Prima, se aplicó selección genealógica y masal durante ocho generaciones, hasta obtener la línea promisorio identificada por C-214. Posee hábito de crecimiento erecto, ausencia de ramas laterales vegetativas y ubicación de las vainas en el tercio superior de la planta; presenta flor blanca, maduración uniforme y ciclo vegetativo de 72 a 80 días. Los granos son de color blanco opaco, alargados con 7 a 8 mm de longitud y el peso de 100 semillas es de 13.5 a 14 g (Ortega *et al.* 1992).

- **Quinchoncho enano (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., cv. Aroita)**

El cultivo de quinchoncho, *Cajanus cajan* (L.) Millsp., cv. Aroita, es obtenido por selección sobre la línea Aroa con ciclo de 110 a 130 días a la cosecha, altura de 80 a 120 cm, con flor de color púrpura, tallo con grosor de 12 mm, presentando crecimiento determinado, vainas de 5 celdas, grano color crema y con potencial de cosecha mecanizada de grano seco. Fue seleccionado por presentar potencial de fijación biológica de nitrógeno en experimentos previamente conducidos en condiciones de invernadero por España *et al.* (2006). Esta especie tiene potencialidad para contribuir a la sustentabilidad de los sistemas de producción de la zona de sabanas, por:

a) Su alto potencial para ser utilizado como complemento en alimentación animal, pudiendo ser usado como forraje y como materia prima en la elaboración de raciones nutricionales para la alimentación del ganado en la época seca, o bien como complemento proteico o consumo directo de los animales bajo pastoreo (Higuera *et al.* 2001).

b) Por su capacidad adaptativa, ya que puede contribuir al pool de nitrógeno en el agrosistema a partir de la fijación del nitrógeno atmosférico vía fijación biológica del nitrógeno (España *et al.* 2006).

c) La alta capacidad de adaptación a zonas adversas manifestada a través de mecanismos fisiológicos (exudados radicales, actividad enzimática) y morfológicos (mayor longitud radical, menor diámetro y mayor cantidad de pelos radicales) permitiéndole utilizar formas de fósforo no disponible comúnmente a las plantas (Hocking *et al.* 1997, Ae *et al.* 1991).

d) Representa una fuente barata de proteína vegetal (entre 20 y 30%), siendo una alternativa para contribuir a conformar una dieta balanceada para el agricultor, su familia y la comunidad en general.

Higuera *et al.* (2001), determinó el efecto de la altura y edad de corte en el contenido mineral de los elementos P, K, Ca, Na, Mg, Zn y Mn, en hojas y tallos de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp.,; encontrando diferencias significativas ($P < 0,01$) entre variedades para los elementos P, K, Mg, Zn y Mn. También observó una respuesta diferencial en alturas de corte para todos los elementos ($P < 0,01$), a excepción del Na. Todos los elementos variaron en concentración durante las edades de corte excepto el fósforo, el cual tendió a mantenerse constante.

Mafongoya *et al.* (2004) y Gathumbi *et al.* (2002) quienes indicaron que los valores de fijación biológica del nitrógeno en *Cajanus cajan* de 62% y 55%, lo cual demuestra la potencialidad del cultivar Aroita para ser usado en rotación de cultivos en suelos ácidos de baja capacidad productiva con manejo conservacionista y de pocos insumos.

- **Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides* L.)**

Es una leguminosa tropical herbácea permanente, vigorosa, voluble y trepadora de raíces profundas. Echa raíces en los nudos formando ramas laterales o secundarias que se entretajan en una masa de vegetación de 75 cm de alto 9 meses después de la siembra, sofocando y eliminando a las malezas. Originaria del Asia Sudoriental, Malasia e Indonesia, se encuentra muy difundida en los trópicos húmedos del mundo. En Perú se cultiva o aparece en forma espontánea en suelos con abundante agua. En la sequía se desprenden las hojas pero sobrevive y rebrotan en las próximas lluvias. Se propaga naturalmente por rizomas que pueden colonizar extensas zonas aptas con suficientes precipitaciones. Recomendable como cultivo de cobertura en plantaciones permanentes, para protección y mejoramiento de suelo, control de malezas en cítricos, mangos, cocos.

Tiene alta capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo e incorporarlo, sea como abono verde o por la caída de sus hojas. Se estima un aporte importante de materia orgánica y contribuye a preparar suelos pobres para la siembra de cultivos industriales (Agrosemillas Huallamayo 2006).

Mora (1985), indica que se adapta a diferentes tipos de suelo, desde arenosos hasta arcillosos no compactos con pH de 4 a 6. No tolera la salinidad. Está notablemente exenta de plagas y enfermedades y libre de

principios tóxicos. Escasa tolerancia al fuego por lo que no se recomienda la quema. Se le considera una excelente forrajera para los trópicos húmedos, especialmente como alimento remanente para la estación seca. Su aceptación por el ganado es buena para vacunos y rumiantes menores, tanto en verde como seco.

- **Crotalaria (*Crotalaria juncea*)**

Crotalaria juncea L. es un cultivo de crecimiento rápido que se utiliza para la producción de fibra en indo-pakistaní. También es bueno para su uso como abono verde en muchas áreas tropicales y subtropicales del mundo y como una fuente de nitrógeno orgánico. Suprime las malezas, frena la erosión del suelo, y reduce la raíz-nudo de las poblaciones de nematodos (Rotar y Joy 1983). Cuando se incorpora con arado en fase de floración temprana, la recuperación de nitrógeno es más alta pudiendo producir de 150 a 165 kg / ha de nitrógeno y 7 t/ ha de materia seca que se convertirá en materia orgánica a los 60 días de crecimiento en condiciones favorables (Rotar y Joy 1983). En el suroeste de Alabama, las plantas cultivadas entre 9 a 12 semanas produjeron 5,9 t / ha de materia seca y 126 kg N / ha. Estos residuos dejados en la superficie del suelo durante el invierno dio lugar a la liberación de 75 a 80 kg N / ha (Reeves *et al.* 1996). En los trópicos, la semilla crece y se produce durante todo el año a elevación de 0 a 300 m, y en verano hasta 600 m. En Puerto Rico, *C. juncea* se cultiva en condiciones similares a Hawai. En los Estados Unidos continentales, *C. juncea* se adapta a la siembra de primavera y verano en el Sur y Suroeste (Rotar y Joy 1983) y pueden ser cultivadas como cultivo de cobertura de invierno en Alabama (Reeves *et al.* 1996).

SISTEMAS AGROFORESTALES

Definición

Es el conjunto de arreglos, normas y técnicas que están orientadas a obtener una mejor producción mediante la asociación de especies vegetales (árboles con cultivos agrícolas), para tratar de que la productividad sea permanente y sostenible a través del tiempo de todos los recursos que conforman un sistema (Ramírez 2000).

Sistemas agroforestales es un sistema agrícola donde los árboles proveen funciones protectivas y productivas cuando crecen junto con cultivos anuales y/o animales lo que resulta en un aumento de las relaciones complementarias entre los componentes incrementando el uso múltiple del agro ecosistema (Nair 1997).

Los sistemas agroforestales simultáneos son aquellos en los cuales los árboles y los cultivos crecen al mismo tiempo y están lo suficientemente cerca uno del otro como para competir por la luz, el agua y los nutrientes. Entre éstos se encuentran los cultivos en franjas (setos intercalados), setos en curvas de nivel, parques, plantaciones de lindero, huertos familiares y varios sistemas silvopastoriles. Los sistemas simultáneos pueden variar enormemente según las proporciones de árboles y cultivos y su disposición espacial. Los sistemas mixtos espaciados, como las plantaciones de café y cacao, incluyen árboles altos que a través de la hojarasca y de las podas periódicas proporcionan nutrientes a las plantaciones más bajas. Los sistemas espaciados por zonas incluyen setos intercalados donde los cultivos anuales crecen en franjas entre hileras de árboles que se podan

periódicamente para que proporcionen los nutrientes a los cultivos (Sánchez 2009 y Palm 1995).

ANTECEDENTES

Sistemas agroforestales apropiados pueden mantener e inclusive reponer la fertilidad del nitrógeno a través de la Fijación Biológica del Nitrógeno, la captura de nutrientes en profundidad y varios mecanismos de ciclado. Sin embargo, la agrosilvicultura por sí sola no puede reponer el fósforo, pero tal vez pueda hacerlo más disponible mediante el reciclaje. En términos de producción a largo plazo, los sistemas agroforestales deben incluir la adición de fósforo, y en muchos casos también de fertilizantes nitrogenados, a fin de evitar el agotamiento de los nutrientes y asegurar el uso eficaz de los recursos.

El manejo de suelos en un sistema agroforestal según Ramírez (2000), tiene como propósito disminuir los riesgos de erosión y consecuentemente a mejorar la fertilidad de los mismos mediante la implementación de algunas prácticas culturales como:

- Conservar la cubierta vegetal u hojarasca durante el mayor tiempo del año con el objeto de brindar protección a la superficie de los suelos, y lograr disminuir de esta manera el impacto directo del brillo solar y las gotas de lluvia.
- La conservación del contenido de materia orgánica contribuye a una mejor retención de nutrientes y en consecuencia eleva la fertilidad del recurso suelo.

- Minimizar labores o actividades que produzcan la remoción de materia orgánica y nutriente en las cosechas, en este caso se tratará de dejar la mayor cantidad de residuos o desechos vegetales sobre el terreno.
- Disminuir en lo posible las quemas frecuentes de desechos para evitar la pérdida o muerte de microorganismos benéficos que viven en el suelo, ya que éstos cumplen con la función de descomponer la materia orgánica y, de la volatilización (pérdida de elementos como el carbono, nitrógeno y azufre que se encuentran en la biomasa).

En un sistema agroforestal, el componente arbóreo contribuye al mantenimiento del ciclaje de nutrimentos mediante (OET-CATIE 1986):

- a) El desarrollo de una estera densa de raíces con micorrizas, asemejándose al bosque natural en su función de disminuir el lavado de nutrimentos;
- b) La producción de hojarasca abundante que contribuye a aumentar la capa de humus;
- c) La provisión de fuentes adicionales de nitrógeno, por la utilización de especies fijadoras de este nutrimento
- d) La absorción de nutrimentos de las capas profundas del suelo, ya sea nutrimentos lavados de las capas superiores o aquellos liberados durante los procesos de meteorización de las rocas, trasportándolos a los horizontes superficiales

Según Padilla (1995), la agroforestería es una forma de cultivo múltiple en la que se cumplen tres condiciones fundamentales:

1. Existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente

2. Al menos uno de los componentes es una leñosa perenne.
3. Al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas, incluyendo pastos.

Los cultivos en callejones permiten utilizar mejor los recursos y evitar los problemas erosivos de la mala utilización de técnicas agrícolas. Sirven para remplazar los barbechos de arbustos con un sistema estable de cultivo que mantiene las características útiles y las ventajas de los sistemas de barbecho tradicional; además permiten cultivar continuamente la tierra y utilizar los restos de las podas voluminosas como abonos. Para evitar la excesiva sombra y competencia a los cultivos sembrados es necesario podarlos durante la época de crecimiento del otro cultivo. La poda puede ser manual, y se realiza un año después de la siembra (Fundación NATURA 1990).

Según Sánchez (2009), la Agroforestería es un método de uso de la tierra que permite que crezcan los árboles en áreas agropecuarias y de cultivos. Varios estudios han demostrado que:

- Es una forma de conservar a la biodiversidad;
- Atrae a especies beneficiosas a la agricultura, tales como los polinizadores;
- Mejora a las granjas, por ejemplo, por medio de la reducción de la erosión;
- Económicamente es beneficiosa a los agricultores

Hidrobo y Romero (2009), evaluaron el comportamiento agronómico y la rentabilidad de los diferentes componentes de dos combinaciones Agroforestales bajo la modalidad de cultivo en callejones como alternativa del

uso sostenible del suelo, obtuvieron que para las variables altura de la planta, longitud de la panoja y rendimiento son datos estadísticamente significativos, es así que finalmente obtuvo un rendimiento de 3.554 k /ha de frijol, al cabo de cuatro años de investigación las características químicas se ven incrementadas para nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica mientras que para pH se mantiene en la neutralidad,

Los sistemas agroforestales en sí, son formas o patrones de uso de la tierra muy antiguos y ampliamente practicados, en donde los árboles son deliberadamente plantados dentro de la misma parcela de terreno junto con cultivos orgánicos y/o animales, como parte de un arreglo espacial o dentro de una secuencia temporal (Infante y San Martín 2001).

La principal característica de estos sistemas es su capacidad de optimizar la producción de un sitio determinado a través de una explotación diversificada, obteniendo beneficios directos e indirectos, resguardando la conservación y mejoramiento del medio (Aguilera 2003).

Benedetti y Valdebenito, (S.f.) indican que la agroforestería o sistemas agroforestales pueden funcionar perfectamente al considerar la vocación que puede presentar un lugar, y en muchas situaciones, es posible utilizar un mismo sitio en forma integrada, al combinar y complementar las actividades productivas que se potencien entre sí, debido a la similitud de condiciones y requerimientos que se pueden presentar entre una vocación y otra.

Los sistemas agroforestales contribuyen a la solución de problemas de suelo, ya que condicionan favorablemente al medio físico, mejoran la fertilidad de los suelos y la eficiencia hídrica, permiten un mejor aprovechamiento de la diversidad biológica, consolidan el desarrollo

sostenible al disminuir los efectos de las oscilaciones climáticas y económicas, entre otros beneficios (Leguizamón *et al.* 2009).

Dentro de los sistemas agroforestales, el uso de leguminosas forrajeras arbóreas posee ventajas que son ampliamente conocidas, entre éstas se pueden mencionar la recuperación de la fertilidad del suelo, mantenimiento y mejora de las propiedades físicas del suelo, reducción de la población de malezas y que proporcionan productos adicionales para autoconsumo o venta (Alegre *et al.* 2000).

En los sistemas agroforestales los árboles proporcionan nitrógeno mediante dos procesos: la fijación biológica del nitrógeno (FBN) y la captura de nutrientes en profundidad. A pesar de que la FBN es difícil de cuantificar metodológicamente, las estimaciones anuales generales son del orden de los 150 kg de N/ha (Giller y Wilson 1991). Pruebas empíricas, como la presencia de nódulos activos de especies de leguminosas de las familias de Papilionaceae y Mimosaceae, indican que la FBN puede suministrar aportaciones considerables de nitrógeno a los cultivos a través de la hojarasca en suelos bien abastecidos de fósforo, la cual es una entrada de nutrientes segura. Existen también numerosas pruebas de que los árboles que no fijan el nitrógeno, incluyendo varias especies de *Cassia* (a la que recientemente se ha dado el nuevo nombre de *Senna*), acumulan en sus hojas una cantidad igual o mayor de nitrógeno que las leguminosas que lo fijan, tal vez debido a que sus raíces son más grandes y a su capacidad de absorber los nutrientes (Garrity y Mercado 1994). No obstante, es importante observar que estos árboles que no fijan el nitrógeno, solamente lo hacen circular sin añadir nada al sistema. La captura profunda de nutrientes es la que realizan las raíces de los árboles a profundidades a las cuales no llegan las raíces de los cultivos. En los sistemas agroforestales ésta se puede

considerar como una entrada de nutrientes adicionales por lo que respecta al cultivo, ya que pasan al suelo con la descomposición de la hojarasca de los árboles.

La agrosilvicultura, sin embargo, no puede proporcionar a los cultivos una cantidad suficiente del fósforo que necesitan. Las cubiertas de leguminosas y los abonos verdes aplicados en una proporción realista de 4 t/ha proporcionan de 8 a 12 kg de P/ha, es decir, aproximadamente la mitad de las necesidades de fósforo de un cultivo de maíz de 4 t/ha que acumula 18 kg de P/ha. Por lo tanto, en la silvicultura y en otros sistemas de bajos insumos externos, el fósforo es a menudo el nutriente más difícil de obtener. Es necesario introducir fósforo de fuentes inorgánicas en los sistemas agroforestales en suelos que carecen de él. La estrategia que debe adoptarse es realizar primero el ciclo de las fuentes orgánicas disponibles, incluyendo los abonos, y completar con el uso de fertilizantes fosfatados. Combinando las fuentes orgánicas e inorgánicas de fósforo se puede lograr una utilización más eficaz de los nutrientes. (Nair 1997)

EFFECTOS DE LAS LEGUMINOSAS EN EL SUELO

Las especies leguminosas son conocidas ampliamente por sus usos como cultivos de cobertura, permitiendo diversos beneficios, como que protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales, por medio de sus raíces, a las capas sub-superficiales conduciendo a más altas tasas de infiltración y agregados más estables en agua. Se cita a la aireación mejorada del suelo como la causa de los efectos benéficos de *Calopogonium caeruleum* sobre las raíces de las plantas de goma. Sin embargo, bajo condiciones más secas, podría desarrollarse una competencia por agua y

consecuentemente una cobertura viva podría ser menos benéfica que un mulch muerto (Folorunso *et al.* 1992).

Pérez (2007), comparó el patrón de acumulación de cationes en seis tipos de leguminosas: Frijol (*Vigna unguiculata* cv. Tuy), Quinchoncho (*Cajanus cajan* cv. Aroita), Soya (*Glycine max* cv. Cristalina), Estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), Crotalaria () y Añil (*Indigofera lespedezioides*) y su relación con la eficiencia de estas para utilizar P de la roca fosfórica Riecito (RFR). Desarrollaron un experimento en invernadero utilizando un Ultisol ácido (pH 5,0), deficiente en P ($5,0 \text{ cmol kg}^{-1}$) y Ca ($0,26 \text{ cmol kg}^{-1}$). En la planta se determinó materia seca aérea, peso fresco de nódulos y la acumulación de N total, cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+}) y aniones ($\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ y SO_4^{2-}) en biomasa aérea. En suelo, se determinó pH, Ca intercambiable y P disponible. En orden decreciente, la eficiencia de estas leguminosas para utilizar P de la RFR, fue el siguiente: Añil > Frijol > Estilosantes > Soya > Crotalaria > Quinchoncho. La mayor eficiencia del Añil, Frijol y Estilosantes para utilizar P de la RFR, estuvo asociada con una mayor acumulación de Ca, N total y un exceso de cationes en estas leguminosas, en relación a la Soya, Crotalaria y Quinchoncho al utilizar P de rocas fosfóricas de mediana a alta reactividad, tal como la RFR.

Muchas especies leguminosas están registradas como mejoradoras de suelos por su contribución en la formación de agregados más estables, conjuntamente con más aireación, conducen a una disminución en la densidad del suelo bajo estos cultivos, lo cual es generalmente beneficioso al crecimiento de las plantas; más aun si están en asociaciones y el suelo es explotado en sistema de rotación (Liyanage *et al.* 1988 citado por López 2009).

La compactación del subsuelo es un problema común en suelos agrícolas caracterizados por una estructura pobre que han estado sujetos a excesivo y/o inoportunos laboreos mecánicos durante varios años. El "laboreo biológico" por medio de los cultivos de cobertura como alfalfa (*Medicago sativa*), gandul (*Cajanus cajan*), caupí (*Vigna unguiculata*), tobiata (*Panicum maximum* var. *Tobiata*), brizantha (*Brachiaria brizantha*) y *Centrosema* (raíces con capacidad para penetrar el subsuelo compactado), puede afectar significativamente la infiltración del agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona (Barber y Navarro 1994).

Se conocen numerosas especies que presentan potencial para ser involucradas en sistemas agroforestales, y que pueden ser utilizadas dependiendo del ambiente y de la función que deba cumplir la especie en el sistema, con un objetivo específico o múltiple. Según OTS-CATIE (1986) éstas especies deben poseer unas características deseables como rápido crecimiento, facilidad de rebrote, producción abundante de follaje de buena calidad para forraje y/o abono verde u otros usos, requerimiento bajo de nutrimentos de modo que no compita con el cultivo asociado y otras atinentes a cada sistema agroforestal específico.

Se han realizado recopilaciones de especies de uso tradicional en regiones tropicales (Carlowitz 1986 citado por OTS-CATIE 1986), donde las leguminosas son el grupo más numeroso, reflejando una mayor adaptación a los requerimientos indicados para una especie en un sistema agroforestal.

López (2006) resalta el efecto positivo del manejo combinado de abonos orgánicos (abonos verdes especialmente leguminosas, residuos de cosecha) con abonos inorgánicos, principalmente con las fuentes de P, tanto natural como acidulada, encontrándose que los residuos de cosecha y abonos

verdes mejoran la calidad del suelo, tanto por el tipo de organismos, actividad y comportamiento de estos en determinadas condiciones, como por las mejoras desde el punto de vista integral en la fertilidad del suelo, incrementando así, la capacidad productiva de los suelos ácidos de sabana de muy baja fertilidad natural.

En suelos ácidos de muy baja fertilidad y fragilidad estructural, las prácticas de manejo que combinan abonos inorgánicos (fuentes naturales de fósforo y fuentes industriales (N, P, K, en dosis bajas) y orgánicas (abonos verdes, residuos de cosecha), son una alternativa viable técnica, ecológica y económica, que contribuye a aumentar la calidad del suelo y por ende su capacidad productiva (López 2006).

Adicional a los beneficios al suelo también se pueden obtener beneficios en el manejo. En Indonesia, se ha puesto mucho esfuerzo en la investigación del uso de cultivos de cobertura, tales como *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical) y *Mucuna* para el control y eliminación de *Imperata cylindrica* (Guritno *et al.* 1992 citado por Abad y Juan 1980). En un estudio comparativo de cinco cultivos de cobertura, y prácticas de desmalezado mecánico y con herbicidas, se obtuvo el mejor control mediante la combinación del uso de herbicidas con *Mucuna pruriens* var. *utilis* y *Pueraria phaseoloides*. De las especies no trepadoras, *Crotalaria juncea* dio los mejores resultados.

EXPERIENCIAS CON LAS ESPECIES LEGUMINOSAS EN ESTUDIO

UNAL (2005), en su proyecto para evaluar los cambios en la composición bioquímica y su aplicabilidad en el uso de follajes verdes como fuente de materia orgánica y nutrimentos en sistemas agroforestales, establecieron ensayos con las especies *Albizia carbonaria*, *Cajanus cajan*, *Cassia grandis*, *Erythrina edulis*, *Gliricidia sepium*, *Ilex nayana*, *Phyllanthus acuminatus* y *Sesbania grandiflora*. Como parte de sus resultados obtuvo que en el caso específico de los valores iniciales de la relación C/N fueron similares para todas las especies y fluctuaron entre 9,4 y 13. Sin embargo, *Phyllanthus* y *Sesbania* que tienen los valores iniciales de la relación C/N más bajos, aumentaron su valor en la semana 9, mientras las demás especies la disminuyeron.

Barbechos de dos años de *Sesbania sesban* duplicaron los rendimientos de maíz en un período de seis años, en comparación con la producción continua de maíz no fertilizado (Kwesiga y Coe 1994), a pesar de que no hubo producción durante dos años durante el crecimiento de la *S. sesban*.

López (2006), al emplear prácticas conservacionistas y rotación con quinchoncho en alternativas sustentables para los agroecosistemas de sabanas de Guárico, Venezuela y donde las prácticas conservacionistas estuvieron representadas por la parcela testigo y las parcelas cultivadas con especies nativas e introducidas. *Crotalaria*, *Crotalaria juncea*. Fue la leguminosa introducida para la parcela de residuos de leguminosas.; mientras que el Añil (*Indigosphaera lespedezioides*), fue la leguminosa nativa utilizada en la parcela de residuos nativos. En el primer año de evaluación, se encontró un incremento en la disponibilidad de los nutrimentos P, K, y Ca

principalmente, debido posiblemente al efecto de la fertilización inorgánica inicial aplicada al sembrar los abonos verdes junto al aporte de los materiales orgánicos incorporados, ya que este incremento fue mayor en las parcelas donde se aplicó residuos, lo que pudiera estar indicando un posible aporte de la fertilización orgánica (residuos de cosecha y abonos verdes). El pH osciló entre 4,9 y 5,4 en el primer estrato, con ligeros incrementos, los cuales van desde 0,2 a 0,7 décimas.

Camp (1945) citado por Thompson y Thoe (2001) sugiere que el empleo de abonos verdes utilizando buenas especies con capacidad de absorción de Zn, aseguraría gracias a la descomposición de la M.O, un suministro adecuado de este elemento a los siguientes cultivos.

Los cultivos de cobertura más comúnmente usados en plantaciones tropicales y subtropicales son *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical, el cual se establece lentamente alcanzando una cobertura total del suelo después de 10 meses y deben mantenerse los troncos de los árboles libres de esta leguminosa), *Desmodium ovalifolium* (el cual es tolerante a la sombra), *Arachis* sp., *Calapogonium* sp., *Mucuna pruriens*, *M. bracteata* y *Canavalia ensiformis* (Pound 2007).

Rivero y Paolini (1995) realizaron estudios, en condiciones de invernadero, con la finalidad de evaluar el efecto de la incorporación de residuos orgánicos (RO) sobre algunas propiedades químicas de los suelos Yaritagua (Edo. Yaracuy) y Valle de la Pascua (Edo. Guárico). Se aplicó el residuo en una dosis equivalente a 10 Mg.ha^{-1} y el mismo provenía de *Sorghum bicolor*, *Canavalia ensiformes* y *Phaseolus mungo*, solos o en mezclas 1:1 gramínea: leguminosa. Los resultados indicaron que los residuos producen incrementos iniciales estadísticamente significativos de los tres macronutrientes

evaluados. Para el caso del NT y el P los resultados más eficientes se lograron con el uso de leguminosas o sus mezclas con sorgo que superó ampliamente a este último cuando es usado solo, en modo particular en lo que a valores finales se refiere, en tanto que para el K disponible el comportamiento fue más uniforme para todos los tratamientos en ambos suelos.

Rivero y Paolini (1995) citan que el efecto logrado ha sido señalado por muchos investigadores como: Wade y Sánchez (1983), Heng y Goh (1984), Clay y Clapp (1990), Costa *et al.* (1990), Duxbury *et al.* (1991), Prasad *et al.* (1991) y se debe, en el caso del nitrógeno, al contenido de este elemento en los tejidos incorporados y su subsiguiente mineralización. También se observa que la *Canavalia* con una menor relación C:N, lo cual provocaría su rápida degradación, produce incrementos que desaparecen rápidamente, lo que está ligado a la presencia de compuestos de mineralización rápida.

Uno de los factores que inciden en la productividad del suelo, constituye la degradación de éstos debido a la pérdida de nutrientes por lixiviación, y por el uso intensivo del recurso, sin que de alguna manera se repongan los nutrientes extraídos por las cosechas. La aplicación de fertilizantes químicos, constituye una posible alternativa; sin embargo no siempre es aplicable por cuanto el costo de los mismos está en muchos casos fuera del alcance de la economía campesina. Ante esto, se presenta alternativas que promueven el aprovechamiento de los desechos provenientes de la finca, para mejorar las características físico – químicas del suelo (Fundación NATURA 1990).

Rivero (1997) en un estudio realizado en condiciones de invernadero, con la finalidad de evaluar el efecto del uso de residuos orgánicos (RO) sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo Turén (Edo.

Portuguesa), aplicó el de *Sorghum bicolor* y *Crotalaria juncea*, donde sobre el suelo evaluado determinó: capacidad de intercambio catiónico (CIC), carbono orgánico (CO), fósforo (P) y potasio (K) disponibles, retención de humedad, estabilidad de agregados y evolución de CO₂. Al generar resultados encontró diferencias significativas con un incremento del CO en todos los tratamientos, donde el tratamiento responsable de los mayores valores de CO fue la crotalaria, aún cuando sin diferenciarse estadísticamente de la mezcla. Los incrementos del CO detectados coinciden con lo encontrado por otros autores, (Christensen 1986, Mukherjee et al. 1990, Ando et al. 1992, Rivero y Paolini 1995, Rivero 1996). Para el P los resultados más eficientes se lograron con el uso del sorgo, obteniéndose valores superiores a los producidos por la leguminosa.

Rivero (1995) evaluó la modificación de algunas características químicas del suelo como consecuencia del añadido de materiales orgánicos. Se diseñó un ensayo de bloques y se incorporó material vegetal de cuarenta y cinco días de edad proveniente de crotalaria (*Crotalaria juncea*) y pasto elefante (*Penisetum purpureum*) solos o en mezcla 1:1, se usaron dosis equivalentes a 10 Mg.ha⁻¹ y se estableció cultivo de maíz (HIBRIDO PB-8). Las variables evaluadas en el suelo fueron: pH, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, fósforo disponible y nitrógeno total y en el cultivo: diámetro del tallo, altura de la planta y rendimiento en grano. Los resultados no fueron significativos estadísticamente para el pH, carbono orgánico y nitrógeno total, y significativos para la capacidad de intercambio catiónico y el fósforo disponible en el suelo. La mezcla crotalaria: pasto elefante, fue la opción más prometedora.

Abreu (1996), evaluó cuatro leguminosas como barbecho mejorado durante dos épocas del año para ser usadas como cultivos de cobertura para

implementar un sistema de mínima labranza en maíz, Valle Medio del Río Yaracuy, Venezuela. El suelo empleado fue un Alfisol (Oxic Haplustalfs). Las leguminosas fueron: *Canavalia ensiformis*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* y *Phaseolus lunatus*, sembradas en hileras y al voleo. La crotalaria (*Crotalaria juncea*) presentó la mayor relación carbono/nitrógeno y la menor tasa de descomposición de sus residuos colocados en superficie, en comparación con quinchoncho (*Cajanus cajan*), tapiramo (*Phaseolus lunatus*) y canavalia (*Canavalia ensiformis*); lo cual asegura la permanencia de dichos residuos por más tiempo, con la consecuente protección del suelo contra la erosión, mayor capacidad de incrementos en la materia orgánica y el nitrógeno disponible.

Rivero *et al.* (1998) con el propósito de evaluar los efectos de la aplicación de abonos verdes sobre algunas propiedades físicas se realizó un ensayo en un Alfisol con limitaciones de orden físico, ubicado en la Estación Experimental Yaracuy del FONAIAP. Se incorporaron residuos orgánicos de crotalaria (*Crotalaria juncea*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), ambos en dosis de $10 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, y una mezcla 1:1 de los dos materiales ($5 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ de crotalaria + $5 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$ de pasto), obteniendo entre sus resultados el incremento del carbono orgánico debido a la incorporación de residuos en las mismas unidades experimentales analizadas, donde se destaca la mayor concentración de K en los residuos de la gramínea, así como su mayor relación C/N.

EXPERIENCIAS CON OTRAS LEGUMINOSAS

En investigaciones realizadas por Mahecha *et al.* ([1998](#)) en asociaciones de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) con *Leucaena* y *Prosopis juliflora*, encontraron mayores contenidos de P en las asociaciones con respecto a los valores en la gramínea creciendo sola, mencionaron que esto puede ser consecuencia de los mayores contenidos de materia orgánica (producto de podas, excretas y hojarasca) en el perfil del suelo, que a su vez aumenta el poder tampón de la solución del suelo, posibilita que el P se ligue en forma de humatos y pueda estar disponible. Mencionaron que el Ca, Mg y Na presentaron la misma tendencia del P. Asimismo, Primavesi (1984) señaló que algunas plantas movilizan el P a través de los aminoácidos excretados por las raíces y que actúan como quelantes, ya sea por micorrizas o por bacterias de la rizosfera, situación que ocurre cuando se establecen leguminosas arbóreas.

Razz y Clavero (2006), al evaluar las características químicas de suelos en un banco de proteína de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha* obtuvieron como resultado un efecto significativo ($P < 0,05$) de la época del año sobre el pH y los contenidos de K y Ca, mientras que no existió efecto sobre carbono orgánico, P y Mg. Los mayores valores de pH (6,50) y K (0,09 me/100 g) fueron obtenidos en la época seca, mientras que, el mayor contenido de Ca (2,95 me/100 g) se obtuvo en la época de lluvias. En el banco de *Leucaena* se presentaron los mayores valores ($P < 0,05$) de P y K en comparación al monocultivo. El establecimiento de leguminosas arbóreas en los sistemas de producción mejora las condiciones químicas de los suelos, constituyéndose una alternativa en suelos tropicales deficientes en nutrientes.

Estrada y Dávila (1999) evaluaron una alternativa agroforestal de cultivos en callejones, asociaron árboles de matarratón (fijadores de N) intercalados en franjas con cultivos semestrales, el suelo se analizó a través de análisis físicos - químicos cada 6 meses, presentó inicialmente contenidos de M.O: 3.1%; Da: 1.5 a 1.6 g/cc; % total de poros: de 33 al 36% y una resistencia a la penetración de 20 PSI en los primeros 10 cm. Después de tres años de incorporación del matarratón en el suelo, fue evidente el mejoramiento de las condiciones físico-químicas, así, la materia orgánica se mantuvo estable, la densidad aparente disminuyó a 1.3 g/cc, el porcentaje total de poros se incrementó 47% y la resistencia a la penetración sobre los primeros 20 cm disminuyó a 8 PSI y de esta manera lograr una mayor retención de humedad, mejor crecimiento de las raíces e infiltración del agua. El maíz pasó de producir 3.1 t/ha a 6.0 t/ha, siendo evidente que la incorporación del matarratón mantuvo la fertilidad del suelo y la incrementó aún sin la aplicación de fertilizantes.

Jiménez (1990), estudió algunos sistemas agroforestal en países como Nigeria y Costa Rica en condiciones de trópico húmedo, utilizó *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium*, con un crecimiento satisfactorio del maíz, que superó al testigo sin árboles; donde la *Gliricidia sepium*, como leguminosa arbórea resultó excelente fuente de fósforo, lo que representa una buena opción de rentabilidad para el agricultor al estar asociada con maíz. En igual forma Kass *et al* (1989), Kang *et al.* (1985) consideran que esta especie es exitosa en asociación con cultivos en callejones, por su capacidad de rebrote y producción de biomasa al igual que por su hábito de crecimiento de copa, que permite más penumbra, reduciendo la competencia, especialmente en cultivos como frijol y maíz.

GENERALIDADES DE SUELOS ALFISOLES

Thompson y Troeh (2002), indican que los suelos Alfisoles son aquellos con un horizonte A de color claro o moderadamente oscuro y con una acumulación significativa de arcilla en el horizonte B. La mayoría de los Alfisoles se forman bajo vegetación forestal.

Según Fitzpatrick (1986) los suelos Alfisoles son aquellos que poseen un horizonte Argílico y una alta saturación con bases, esto puede ocurrir en suelos jóvenes, en áreas húmedas y aluviales.

Sadanandan y Brown (1997) destacan que la mayoría de los Alfisoles pueden tener texturas livianas en el horizonte superficial, no obstante en los horizontes subsiguientes al menos 20% es arcilloso. Generalmente los Alfisoles se encuentran en el trópico subhúmedo o semiárido, con baja fracción aluvial, con estructura muy susceptible a la erosión, encostramiento y a la compactación. Debido al bajo predominio de actividad de algunas arcillas y al bajo contenido de materia orgánica muchos Alfisoles presentan una capa de arado o estratos sin estructura o de estructura en masa. Muchos Alfisoles en el oeste de África se caracterizan por presentar una textura media en la superficie, seguido de un horizonte arcilloso o Argílico con una variable concentración de cuarzo o concreciones de grava, sin embargo en regiones de bosque natural, muchos Alfisoles han disminuido la densidad de suelo, especialmente en regiones caracterizadas por la alta actividad de la macrofauna y mesofauna del suelo.

En suelos Alfisoles se puede presentar un alto incremento en la densidad debido a los métodos de deforestación empleados. La razón por la que disminuye la densidad del suelo en Alfisoles con cobertura forestal se debe a la gran actividad de termitas, lombrices y en general el incremento de la fauna del suelo. Los suelos bajo plantación forestal se sienten esponjosos cuando se camina sobre ellos y están cubiertos con 3 a 5 centímetros de hojarasca formando una capa superficial e intensificando la actividad de la fauna del suelo. En suelos deforestados ocurren cambios en la temperatura del suelo, disminuyendo la cantidad y diversidad de alimento, disturbando el hábitat y disminuyendo drásticamente la actividad biótica del suelo. Consecuentemente incrementando la densidad, la resistencia a la penetración y otros factores ligados a la densidad y compactación (Ley *et al.* 1989)

Szott *et al.* (1991), realizó una descripción de los suelos de acuerdo con el Sistema de Taxonomía del suelo de los Estados Unidos y la FAO, donde indican que según FAO los suelos Alfisoles pueden ser: Luvisoles, Eutricos, Nitosoles, Planosoles y Lixisoles. Describiéndoles como aquellos con altos contenidos de bases, incluyendo a los suelos tropicales más fértiles. Suelos dominante de los trópicos y sabanas subhúmedas del occidente africano.

CAPITULO II

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

ÁREA DE ESTUDIO

El ensayo se estableció en dos fincas bajo explotación forestal: Finca La Yaguara y Finca El Hierro

1. FINCA: La Yaguara

UBICACIÓN:

Política: Se encuentra ubicada en el municipio Ospino del estado Portuguesa, Limita al Norte con la Autopista General José Antonio Páez, al Sur con la confluencia de los ríos Guache y Are; al este con el río Guache y al oeste con los ríos Bombón y Are (Anexo 1).

Geográfica: Se encuentra entre las siguientes coordenadas:

Latitud Norte: **09° 20' y 09° 27'**

Longitud Oeste: **69° 21' y 69° 18'**

UTM:

Norte: **1032000 - 1045000**

Este: **460500 - 466500**

La superficie total de la finca es de **3.349 ha**

2. FINCA: El Hierro

UBICACIÓN:

Política: La finca “El Hierro”, se encuentra ubicada en la jurisdicción del municipio Ospino del estado Portuguesa (Anexo 1).

Se ubica entre las siguientes coordenadas:

UTM:

Este: 454500 – 463500

Norte: 1020000 – 1030000

Geográfica:

Latitud Norte: 9° 13' – 9° 19'

Longitud Oeste: 69° 24' – 69° 19'

La superficie total de la finca es de **3.904 ha**

TOPOGRAFÍA:

Ambas fincas se encuentra a una altura comprendida entre 170 y 210 m.s.n.m; con un relieve casi plano y la mayor proporción de los suelos entre pendientes de 0 a 3%.

CLIMA

Precipitación: Según Rojas y Riera (2001), la precipitación media anual tiene tendencia a oscilar entre 1000 mm a 1500mm, con ciclos de 4 a 5 años, para un promedio en los últimos 10 años de 1250 mm.

Las mayores intensidades se presentan en el periodo comprendido entre los meses de mayo a octubre, en el cual ocurre entre 70 y 80 % del total de lluvias aproximadamente. Esta zona se caracteriza por presentar una marcada diferencia entre el periodo lluvioso y el seco, donde el seco esta comprendido entre los meses Diciembre – Mayo (Figura 1).

Evaporación: la evaporación media anual es de unos 1540 mm/año, con la mayor evaporación en el mes de Marzo y la menor en el de Julio.

Temperatura: La temperatura promedio es de 26 °C, con pequeñas variaciones anuales de los 24 °C a los 28°C, por lo cual se considera que el área es isotérmica, por lo tanto es bastante regular durante todo el año.

Humedad relativa: En promedio es aproximadamente 80%, con una máxima de 87% en los meses septiembre y octubre, y una mínima de 60 % en los meses de enero y febrero; asociados estos valores a los periodos de máxima y mínima precipitación.

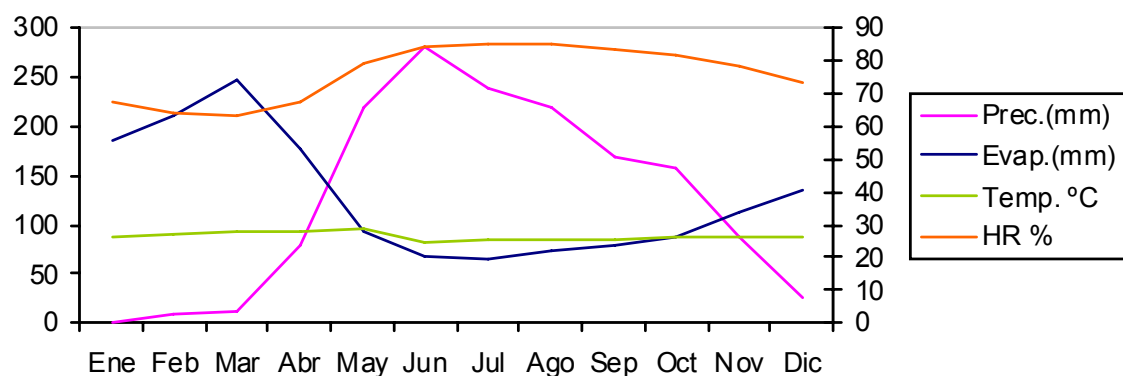


Figura 1. Clima Diagrama del área de estudio (fuente: SmurfitKappa – Cartón de Venezuela)

VEGETACIÓN:

En la actualidad presenta pequeñas áreas de bosques semidecíduos severamente intervenidos en donde predominan asociaciones de vegetación secundaria, con abundancia de rastrojos, pastizales y bosques ribereños con intervenciones moderadas, que se mantienen en las adyacencias de los caños. De acuerdo a la clasificación de Holdridge de 1967, por encontrarse esta finca en la zona de planicie aluvial, corresponde a un Bosque Seco Tropical, altamente desplazado por la actividad pecuaria, cultivos como maíz y sorgo, y el establecimiento de plantaciones forestales de eucalipto, melina y pino.

SUELOS

Los suelos de las fincas fueron clasificadas como 80% Alfisoles, con áreas de Inceptisoles entre 5 – 10% y entre 1 – 2 % de Entisoles y Ultisoles. Esta información fue recabada por Rodríguez (2008) (Anexo 2).

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se desarrolló simultáneamente en la finca La Yaguara plantada con *Eucalyptus urograndis* y en la Finca El Hierro con plantación de *Gmelina arborea*, ambas plantaciones con 15 días de establecidas. Estas fincas son propiedad de la empresa Forestal SMURFITKAPPA – REFORESTADORA DOS REFORDOS CA, filial de Cartón de Venezuela ubicadas en el municipio Ospino del estado Portuguesa.

El ensayo se estableció en el Lote 34 de la finca El Hierro y en el Lote 16 de la Finca La Yaguara, empleando 6 especies leguminosas:

- Frijol bayo (*Vigna unguiculata*)
- Frijol blanco Var. Orituco
- Quinchoncho enano (*Cajanus cajan* (L.) Millsp., cv. *Aroita*)
- Kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*)
- Crotalaria (*Crotalaria juncea*)
- Sesbania (*Sesbania grandiflora*)

Las leguminosas fueron sembradas a chorro corrido y 0,5 metros entre hilos dentro de las calles de la plantación forestal la cual se encontraba a una densidad de siembra de 3 x 3 m para ambas especies (Figura 2).



Figura 2.- Vista de subparcela sembrada a chorro corrido

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se estableció un diseño en bloques al azar con 7 tratamientos y 4 repeticiones en dos localidades, donde los tratamientos estuvieron conformados por las diferentes especies leguminosas establecidas en la calle de dos hilos de la especie forestal por repetición y cada una constituida por 6 plantas forestales por hilo; con un área de 54 m² (Figura 3) por repetición, para un área total del ensayo de 1512 m² distribuidos de la siguiente manera:

RI	RII	RIII	RIV	Donde;
T3	T0	T1	T0	T0 = Testigo (Especie forestal sin Leguminosas en la calle) (Figura 4)
T1	T2	T4	T5	T1= Frijol Bayo (Figura 5)
T5	T4	T6	T3	T2= Frijol Blanco (Figura 6)
T0	T1	T2	T4	T3= Quinchoncho enano (Figura 7)
T4	T6	T0	T2	T4= Kudzú Tropical (Figura 8)
T6	T3	T5	T6	T5= Crotalaria (Figura 9)
T2	T5	T3	T1	T6= Sesbania (Figura 10)

Pendiente →

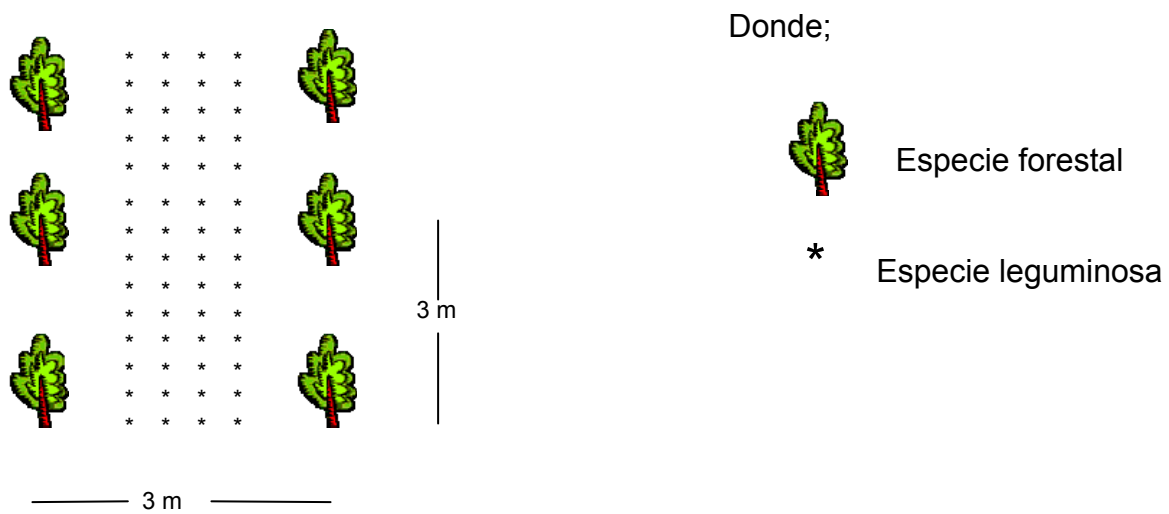


Figura 3. Distribución general de cada repetición



Figura 4.- Tratamiento 0 – Sin leguminosas



Figura 5.- Tratamiento 1 - Frijol Bayo



Figura 6.- Tratamiento 2 Frijol blanco



Figura 7.- Tratamiento 3 – Quinchoncho



Figura 8.- Tratamiento 4 – Kudzu tropical



Figura 9.- Tratamiento 5 – Crotalaria



Figura 10.- Tratamiento 6 – Sesbania

DETERMINACIÓN QUÍMICA DEL SUELO

Para la determinación inicial de las propiedades químicas del suelo (Cuadro 1 y 2) se tomaron 4 muestras compuestas en cada localidad a diferentes profundidades 0-20 cm; 20- 40 cm y 40 – 60 cm; antes de establecer la plantación forestal y luego a los 15 días de establecida la plantación forestal y las leguminosas asociadas. Las muestras fueron analizadas por EDAFOFINCA donde se emplean métodos de análisis con fines de fertilización: Textura: distribución y tamaño de la partícula (Bouyoucos) * pH (Relación suelo agua: 1: 2,5) *; Fósforo (Olsen, 1954)*; Potasio (Olsen,)*; Calcio (Morgan)*; materia orgánica (MO; Combustión humedad, Walkey and Black modificado)*; Aluminio intercambiable, (extraído con 0,5 M de BaCl₂ relación 1: 10)* y CE (mS/cm 25 °C conductímetro)

Pasados 10 meses después de la instalación del ensayo, cosechadas las leguminosas comestibles e incorporados los restos de cosecha en la finca la finca el hierro y dejando expuestas las de la finca la Yaguara (por causas ajenas al ensayo), se tomó una muestra compuesta de suelo por cada repetición y se le efectuó en el mismo laboratorio análisis de rutina reforzada; y debido a los altos costos de los análisis solo se efectuó a la profundidad de 0 – 20 cm considerando esta la porción de suelo aprovechada por ambas especies.

Posterior a la obtención de resultados se elaboró una base de datos con la información arrojada por los análisis y se empleó el análisis estadístico como herramienta para determinar las posibles diferencias en el sistema. De igual forma se realizó la discusión pertinente con otras experiencias con sistemas agroforestales, ya sea dentro o fuera del país, con las leguminosas bajo estudio u otras de referencia. Adicionalmente para tener en cuenta en la

discusión de resultados, se midió en campo la cobertura de cada especie leguminosa, con el uso de la técnica del escoger al azar un metro cuadrado de cobertura y estimar porcentualmente cuanto cubrió cada especie; para poder inferir y comparar acerca de la cantidad de biomasa incorporada.

CUANTIFICACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA ESPECIE FORESTAL DURANTE LA ASOCIACIÓN

Para determinar la calidad nutricional inicial de la especie forestal se realizó un análisis foliar a partir de una muestra compuesta al inicio del ensayo para cada localidad (Cuadro 3) y una muestra compuesta por cada repetición diez meses después de establecidas las especie forestales en cada localidad, se empleo la técnica de recolección de material vegetal sugerido por el Laboratorio EDAFOFINCA, el cual consistió en tomar 500 g de muestra vegetal provenientes del tercio medio de la planta envueltas en papel absorbente húmedo y llevados al laboratorio bien refrigerados.

Los elementos determinados en el análisis foliar fueron: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn.

El contenido nutricional de las muestras foliares permitieron realizar análisis y comparaciones estadísticas que permitieron identificar la leguminosa que brinda mejoras sustanciales al sistema o bien determinar si existen cambios.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el análisis estadístico se elaboró una base de datos de cada localidad y fue analizada con STATISTIS 9.0 para realizar el análisis de la varianza (ANDEVA) y para la comparación de medias entre las variables donde se presenten diferencias se empleó la prueba de Tukey al 5%.



Figura 11.- Vista General del ensayo. Especie forestal: *Gmelina arborea*

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestran características iniciales del suelo de la finca la Yaguara (lote 16) plantada con *Eucalyptus urograndis*, donde se destaca pH entre 5,5 - 6,5, CE normal o no salino, % CO de medio a bajo, N en bajos niveles, relación C/N, P, K, Fe y Cu en niveles medios y para los elementos Ca, Mg, Zn y Mn valores muy altos. Esto posiblemente por la forma de aprovechamiento empleada donde los restos de cosecha, hojarasca y residuos son incorporados al suelo; adicionalmente la condición de pH y textura favorecen la disponibilidad y movimiento de los elementos presentes y acumulados en el suelo.

De igual forma en el Cuadro 2, se muestran los valores para las características iniciales del suelo de la finca El Hierro (lote 34) plantada con *Gmelina arborea*, donde se observa que a pesar de ser un suelo Alfisol al igual que la Yaguara, el suelo de la finca el Hierro presenta valores diferentes con pH mas ácidos entre 4,5 – 5,3, con textura que van de F; FA-F; a A, CE normal, bajo contenido de CO y N, relación C/N de medio a bajo, P,K y Ca con valores bajos y Cu, Fe , Mn con niveles de altos a muy altos. Debido a las condiciones de pH la disponibilidad de los elementos es más difícil y por ende su capacidad de ser secuestrados en el suelo es mayor, lo que incrementa la necesidad de emplear enmiendas y fertilizaciones adicionales para que la planta pueda contar con el suministro adecuado de elementos necesarios para su crecimiento y desarrollo.

Cuadro 1.- Características iniciales del suelo de la finca la Yaguara (lote 16) plantada con *Eucalyptus urograndis*.

PTO	PROF (cm)	TEX	PH	CE mS/cm	CO %	N %	Relación C/N	P**	K**	Ca*	Mg*	Fe*	Cu*	Zn*	Mn*
1	0-20	F-FA	6,05	0,06	1,93	0,157	12,3	17	115	14,85	3,21	33	1	11,5	155
1	0-40	FA	5,6	0,06	1,84	0,136	13,5	7	60	14,12	3,13	41,5	2,2	7	64,5
1	0-60	FA	5,58	0,05	1,11	0,083	13,4	3	60	11,17	5,08	38	2,6	4,6	38
2	0-20	FA	5,88	0,1	1,37	0,114	12	14	150	11,35	3,44	66	2	5,2	97
2	0-40	FA	5,94	0,04	0,62	0,068	9,1	7	60	11,77	4,42	62	2,6	4,2	52
2	0-60	FA	5,89	0,04	0,43	0,05	8,6	9	55	11,4	4,84	66	2,8	4,6	47
3	0-20	FA	6,11	0,04	0,92	0,081	11,4	11	95	10,25	4,85	93	2,8	4,6	165
3	0-40	FA	6,52	0,03	0,32	0,05	6,4	5	40	8,38	6,17	70	2,4	4,6	63
3	0-60	FA	6,5	0,04	0,3	0,05	6	5	40	10,1	5,68	72	3,2	5	64
4	0-20	FA-F	5,4	0,07	1,84	0,125	14,7	7	70	12	2,88	53	2,2	5,5	94
4	0-40	FA	5,49	0,05	0,99	0,077	12,9	4	50	11,75	3,37	52	2,2	4	46,5
4	0-60	FA a-Fa	5,66	0,04	0,41	0,032	12,8	7	35	8,92	3,53	98	2	4,5	40

Fuente: Análisis EDAFOFINCA - Datos Propios

* = $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$

**= mg/lit

Cuadro 2.- Características iniciales del suelo de la finca El Hierro (lote 34) plantada con *Gmelina arborea*

PTO	PROF (cm)	TEX	PH	CE mS/cm	CO %	N %	Relación C/N	P**	K**	Ca*	Mg*	Fe*	Cu*	Zn*	Mn*
1	0-20	F	4,55	0,09	0,75	0,063	11,9	21	80	4,55	2,06	385	3,8	4,8	63
1	20-40	FA	4,84	0,03	0,51	0,049	10,4	4	50	4,96	3,13	112	2,6	3,6	34
1	40-50	A	5,33	0,03	0,64	0,055	11,6	6	55	7,75	5,51	48,5	2,2	4	35,5
2	0-20	FA-F	4,72	0,1	0,79	0,084	9,4	6	65	4,15	4,65	280	3,2	3,8	80
2	20-40	FA-A	5,02	0,05	0,75	0,08	9,4	5	60	5,66	4,19	82	2	3,4	48
2	40-50	FA	5,3	0,02	0,39	0,05	7,8	4	40	5,77	4,36	61,5	1,4	3,6	25,5
3	0-20	F-FA	4,89	0,05	0,77	0,065	11,8	4	75	4,06	2,55	372	3,8	4,2	96
3	20-40	A-FA	5,13	0,03	0,7	0,063	11,1	2	75	6,33	4,36	61	1,8	3	42,5
3	40-50	FA	5,31	0,02	0,64	0,055	11,6	2	55	6,95	4,93	52	1,4	3	31,5
4	0-20	F	4,54	0,05	0,64	0,056	11,4	10	45	3,15	1,74	720	5,2	5	44,5

* = $\text{cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$

**= mg/lt

Fuente: Análisis EDAFOFINCA - Datos Propios

En el Cuadro 3 se muestran los valores iniciales de elementos determinados en muestras foliares de las especies forestales establecidas en cada localidad, que al comparar con los valores y deficientes para especies de *Eucalyptus* a nivel foliar presentados por Aparicio (2004), los valores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) presentan valores muy bajos, cercanos o por debajo de los límites de deficiencias; mientras que para los microelementos como Fe, Cu, Zn y Mn, los valores se encuentran dentro de los rangos adecuados o por encima de estos. Lo cual indica que existe una evidente carencia de nutrientes en el suelo, por lo que se deben realizar los aportes vía fertilización química. Estos resultados también sirven para identificar fallas a nivel de fertilización en vivero, ya que las plántulas no llegan a campo con la cantidad de nutrientes mínimas ideales para su crecimiento y establecimiento, lo cual se ve reflejado en las bajas tasas de crecimiento inicial y en la disminución de productividad de las plantaciones.

Cuadro 3.- Valores iniciales de elementos determinados en muestras foliares de las especies forestales establecidas en cada localidad.

ESPECIE	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Mn mg/l
<i>E. urograndis</i>	2,77	0,2	1,2	1,15	0,24	0,2	310	12	36	114
<i>G. arborea</i>	3,85	0,26	1,76	1,24	0,51	0,19	705	9	50	132

ENSAYO ESTABLECIDO EN LA FINCA LA YAGUARA

En el Cuadro 4 se muestra el análisis de la varianza (ANDEVA), valores de F y su grado de significación para las variables analizadas a las muestras de suelo a los 10 meses de establecidos el ensayo con especies leguminosas asociadas a la plantación forestal, específicamente de *Eucalyptus urograndis* se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05\%$) para las variables relación carbono- nitrógeno(C/N), fósforo (P), Carbono orgánico (CO) y Zinc(Zn) , con un coeficiente de variación (CV) de 5,15; 12,29; 5,5; y 12,87 % respectivamente; lo cual indica q el diseño empleado fue adecuado.

Para la variable nitrógeno (N) se encontró un comportamiento altamente significativo ($P < 0,01$) entre los tratamientos con un coeficiente de variación de 7,12% lo cual indica que el diseño experimental y el análisis estadístico empleado son los mas adecuados. Esto coincide con lo obtenido por UNAL (2005), Kwesiga y Coe (1994), Abreu (1996), donde se observaron cambios significativos en los elementos analizados específicamente en relación C/N, CO y nitrógeno al estudiar el efecto de diferentes leguminosas.

Cuadro 4.- ANDEVA (Valor de F y grado de significancia) para las variables analizadas en la Finca La Yaguara, municipio Ospino del estado Portuguesa.

Fuente de Variación	g.l	C/N	CE (mS/cm)	CO (%)	Ca cmol(+)kg ⁻¹	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	K (mg/l)	Mg cmol(+)kg ⁻¹	Mn (mg/l)	N (%)	P (mg/l)	pH	Zn (mg/l)
Tratamiento	6	2,83	2,32	2,89	0,45	0,90	1,59	1,13	0,82	0,82	5,07	1,66	0,45	2,92
CV (%)		5,15	21,66	5,5	18,41	12,99	13,44	11,93	14,79	20,9	7,12	12,29	7,73	12,87
significancia		*	n.s	*	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	**	n.s	n.s	*

Grado de significancia: * diferencias significativas (P<0,05), ** diferencias altamente significativas (P<0,01), n.s. No existen diferencias significativas

Fuente: Cálculos propios

Al considerar los elementos donde se presentaron diferencias estadísticas, en el cuadro anterior se muestra la comparación de medias analizadas en Finca La Yaguara, donde se observa que en la variable relación Carbono/Nitrógeno (C/N) se formaron dos grupos homogéneos, donde el mejor grupo(a) está constituido por el tratamiento 6 con 18,20 para la especie *Sesbania*, y un segundo grupo formado por el tratamiento 3 (grupo b) que corresponde a la asociación con quinchoncho con 15,75, lo cual coincide con los resultados obtenidos por UNAL (2005) cuyos valores iniciales de la relación C/N fue similar para todas las especies y fluctuaron entre 9,4 y 13. También Kwesiga y Coe (1994) indicaron que en barbechos de dos años de *Sesbania sesban* duplicaron los rendimientos de maíz en un período de seis años.

En cuanto al porcentaje de CO, se formaron dos grupos homogéneos constituidos por el tratamiento 2 (grupo a) correspondiente a frijol blanco con 2,15% y el grupo b formado por el tratamiento testigo (T0) sin especie leguminosa con 2,10 %. De manera similar pero con otras especies leguminosas Rivero (1997) en un estudio realizado en condiciones de invernadero, obtuvo como resultado diferencias significativas con un incremento del CO en todos los tratamientos, donde el tratamiento responsable de los mayores valores de CO fue la crotalaria, aún cuando sin diferenciarse estadísticamente de la mezcla. Los incrementos del CO detectados coinciden con lo encontrado por otros autores, (Christensen 1986, Mukherjee *et al.* 1990; Ando *et al.* 1992, Rivero y Paolini 1995, Rivero 1996).

Adicionalmente Robert (1996), al referirse a la importancia de la materia orgánica y del carbono orgánico (CO) indicó es de especial interés en el caso

de los suelos tropicales, excepto en los vertisoles con arcillas de baja actividad que tienen una pobre capacidad de intercambio de cationes. La capacidad de intercambio de cationes aumenta en función del incremento de la materia orgánica y así la biodisponibilidad de otros elementos importantes tales como el fósforo podrá mejorar y la toxicidad de otros elementos podrá ser inhibida por la formación de quelatos u otras uniones, por ejemplo, aluminio y materia orgánica.

De igual forma para el elemento nitrógeno (N), se formaron 2 grupos homogéneos, donde el mejor grupo (a) estuvo constituido por el tratamiento 3 (quinchoncho) (Figura 12) con 0,1325 % y un grupo C formado por el tratamiento 6 con la especie *Sesbania* con 0,1048%, mientras que el resto de los tratamientos formaron grupos heterogéneos con valores intermedios entre el grupo a y c. Aun cuando la mejor especie en nuestro caso no resultó ser la crotalaria, dentro del ensayo realizado por Abreu (1996) al evaluar cuatro leguminosas como barbecho mejorado en un suelo empleado Alfisol donde, la crotalaria (*Crotalaria juncea*) presentó la mayor relación carbono/nitrógeno en comparación con el resto de las leguminosas entre ellas *Sesbania* y quinchoncho; donde la crotalaria, seguida de la *Sesbania* presentó una menor tasa de descomposición de sus residuos colocados en superficie, en comparación con quinchoncho (*Cajanus cajan*), lo cual asegura la permanencia de dichos residuos por más tiempo, con la consecuente protección del suelo contra la erosión y mayor capacidad de incrementos en la materia orgánica y nitrógeno total.



Figura 12.- Quinchoncho enano (*Cajanus cajan* var. aroita) asociado a la especie forestal

En el Cuadro 5 de comparación de medias para la variable nitrógeno en la finca la Yaguara el mejor grupo estuvo compuesto por el tratamiento con quinchoncho asociado a Eucalyptus (tratamiento 3), esto coincide con Mafongoya *et al.* (2004) y Gathumbi *et al.* (2002) quienes indicaron que los valores de fijación biológica del nitrógeno en *Cajanus cajan* de 62% y 55%, lo cual demuestra la potencialidad del cultivar Aroita para ser usado en rotación de cultivos en suelos ácidos de baja capacidad productiva con manejo conservacionista y de pocos insumos.

Cuadro 5.- Comparación de medias para las variables analizadas en la Finca La Yaguara, municipio Ospino del estado Portuguesa.

Tratamiento	C/N	CO	N	Zn
0	16,82 ab	2,10 b	0,1170 abc	2,85 b
1	16,72 ab	2,00 ab	0,1283 ab	3,50 ab
2	16,95 ab	2,15 a	0,1218 abc	2,85 b
3	15,75 b	2,08 ab	0,1325 a	5,05 a
4	16,92 ab	1,89 ab	0,1122 bc	2,80 b
5	16,75 ab	1,92 ab	0,1150 abc	3,10 ab
6	18,20 a	1,91 ab	0,1048 c	3,30 ab

a,b,c: grupos homogéneos significativamente diferentes

Fuente: Cálculos propios

Analizando los resultados obtenidos en la relación C/N, CO y N, Rivero y Paolini (1995) citan que el efecto logrado ha sido señalado por muchos investigadores como: Wade y Sánchez (1983), Heng y Goh (1984), Clay y Clapp (1990), Costa *et al.* (1990), Duxbury *et al.* (1991); Prasad *et al.* (1991) y se debe, en el caso del nitrógeno, al contenido de este elemento en los tejidos incorporados y su subsiguiente mineralización. Respecto a la relación C/N debido a los valores que presentan las leguminosas en estudio, el quinchoncho, el frijol blanco y el frijol bayo se presentan como una buena opción para mejorar suelos a corto plazo; mientras la Sesbania debido a su alta relación C/N sería de mucha utilidad si se quiere mantener el aporte de nitrógeno en el suelo de forma mas lenta y con mayor duración.

Para la variable Zinc (Zn) dado que se presentaron diferencias significativas en el cuadro anterior de comparación de medias se observa que se formaron dos grupos homogéneos constituidos por el tratamiento 3 (grupo a) con quinchoncho, media de 5,05 mg/l y el grupo b con los tratamientos 0,2 y 4 (testigo, frijol blanco y kudzu tropical) con media de 2,85; 2,85 y 2,80 mg/l respectivamente. (Figura 13). Esto coincide con lo expuesto por Camp (1945) citado por Thompson y Thoe (2001) quienes sugieren que el empleo de abonos verdes utilizando buenas especies con capacidad de absorción de Zn, aseguraría gracias a la descomposición de la M.O, un suministro adecuado de este elemento a los siguientes cultivos.

Higuera *et al* (2001), donde determinaron el efecto de la altura y edad de corte en el contenido mineral de los elementos P, K, Ca, Na, Mg, Zn y Mn, en hojas y tallos de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp.; encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre variedades para los elementos P, K, Mg, Zn y Mn. Donde resultó también una respuesta diferencial en alturas de corte para todos los elementos ($P < 0,01$), a excepción del Na. Todos los elementos variaron en concentración durante las edades de corte excepto el fósforo, el cual tendió a mantenerse constante. El alto contenido de Zn en el quinchoncho pudo ser la fuente para incrementar los valores existentes en el suelo y dado la relación C/N del quinchoncho este puede descomponerse con facilidad y aportar todos los elementos disponibles en la planta en hojas, raíces y tallos. En ese particular Ratto y Miguez (S.f.), indican que la fertilización nitrogenada o la incorporación de materia orgánica en el suelo, promueve la absorción de Zn por la planta, aunque lo mas común es encontrar deficiencias de Zn por excesos de P.



Figura 13.- Frijol blanco asociado a especie forestal

CUANTIFICACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA ESPECIE FORESTAL DURANTE LA ASOCIACIÓN. FINCA LA YAGUARA.

Para determinar la calidad nutricional de la especie forestal en el Cuadro 6 se muestra el análisis de la varianza (ANDEVA), valores de F y su grado de significación para las variables analizadas en las muestras de foliares de *Eucalyptus urograndis* tomadas a los 10 meses de establecidos el ensayo con especies leguminosas en la Finca La Yaguara, municipio Ospino del estado Portuguesa. Se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) para el elemento fósforo (P) con un coeficiente de variación de 13,61% y diferencias significativas ($P < 0,05$) para el elemento Zn con un coeficiente de variación de 17,10% , lo cual indica que el diseño experimental y el análisis efectuado son adecuados para las variables medidas en el ensayo.

Cuadro 6.- ANDEVA (Valor de F y grado de significancia) para las variables analizadas en las muestras de Foliares en la Finca La Yaguara , municipio Ospino del estado Portuguesa.

Fuente de Variación	g.l	Ca (%)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	K (%)	Mg (%)	Mn (mg/l)	N (%)	P (%)	Zn (mg/l)
Tratamiento	6	1,17	1,90	2,28	1,79	2,09	0,82	1,69	4,63	3,57
CV (%)		11,10	11,12	14,24	14,21	8,28	12,77	7,63	13,61	17,10
Significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	**	*

Grado de significancia: * diferencias significativas ($P < 0,05$), ** diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), n.s. No existen diferencias significativas

Fuente: Cálculos propios

En el Cuadro 7, se muestra la Comparación de medias para las variables analizadas en las muestras foliares de *Eucalyptus urograndis* tomadas a los 10 meses de establecidos el ensayo con especies leguminosas en la Finca La Yaguara, municipio Ospino del estado Portuguesa, se observa que para el elemento fósforo (P) se formaron dos grupos homogéneos donde el grupo a estuvo constituido por el tratamiento 1 correspondiente al frijol bayo (Figura 14) con 0,1725 mg/l; mientras que el grupo b se conformo por los tratamientos 4,5,6,y O, de las especies leguminosas Kudzu tropical, Crotalaria, Sesbania respectivamente y el testigo (sin leguminosa) respectivamente. Experiencia similares fueron reseñadas por Hidrobo y Romero (2009), al evaluar el comportamiento agronómico y la rentabilidad de los diferentes componentes de dos combinaciones Agroforestales bajo la modalidad de cultivo en callejones como alternativa del uso sostenible del suelo, demostraron que el frijol puede mejorar las características químicas del suelo, las que se ven incrementadas para nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, mientras que para pH se mantiene en la neutralidad. Esta mejora en el suelo puede ser trasladada hacia las plantas que en este caso corresponde a la plantación forestal de Eucaliptos. También Pérez (2007), encontró que estas leguminosas y en especial el frijol tienen una alta capacidad de aprovechar el P del suelo. En orden decreciente, la eficiencia de estas leguminosas para utilizar P de la RFR, fue el siguiente: Añil > Frijol > Estilosantes > Soya > Crotalaria > Quinchoncho; lo cual las convierte en aportadoras potenciales de P al suelo y al ser aplicadas como abonos verdes pueden ser aprovechadas por el cultivo en asociación.

Cuadro 7.- Comparación de medias para las variables P Y Zn en las muestras de Foliares en la Finca La Yaguara, municipio Ospino del estado Portuguesa.

Tratamiento	P (%)	Zn (mg/l)
0	0,1225 b	11,75 b
1	0,1725 a	18,00 a
2	0,1475 ab	3,25 ab
3	0,1500 ab	18,00 a
4	0,1275 b	13,50 ab
5	0,1200 b	14,25 ab
6	0,1200 b	14,70 ab

a,b,c: grupos homogéneos significativamente diferentes

Fuente: Cálculos propios



Figura 14.- Frijol bayo asociado a especie forestal.

Para la variable zinc (Zn) se formaron dos grupos homogéneos donde el mejor grupo (a) esta conformado por los tratamientos 3 y 1 de las leguminosas quinchoncho y frijol bayo respectivamente con 18 mg/l de Zn en promedio, y el grupo b lo constituyó el testigo o tratamiento 0 (sin leguminosa) con 11,75 mg/l; estos resultados provienen del análisis de los tejidos vegetales de la especie forestal donde fueron asociadas las leguminosas. Esto coincide con los resultados obtenidos por Higuera *et al.*

(2001), donde el quinchoncho mantiene altos niveles de N, P y otros elementos como el Zn, que evidentemente según los resultados obtenidos fueron incorporados al suelo (Cambio químico importante observado en el suelo de la finca la Yaguara) y a su vez fueron aprovechados por la especie forestal. Ratto *et al.* (1991), Ratto y Mizuno (1991), encontraron que los incrementos del Zn en el suelo estaban correlacionados con la mayor producción de materia seca en plántulas de maíz ; y que los incrementos en el Zn del suelo y en la planta estaban relacionados con el incremento en la producción del cultivo. Esto puede ser aplicado como referencia para explicar el incremento observado durante el ensayo en el tejido foliar de las plantas de eucalipto.

ENSAYO ESTABLECIDO EN LA FINCA EL HIERRO

En el Cuadro 8 se presenta el ANDEVA (Valor de F y grado de significancia) para las variables analizadas en las muestras de suelo tomadas a los 10 meses de establecidos el ensayo con especies leguminosas asociadas a *Gmelina arbórea* en la Finca El Hierro, municipio Ospino del estado Portuguesa; donde se observa que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para las variables medidas en el estudio, sin embargo los coeficientes de variación son menores a 25% lo cual indica que el diseño empleado es adecuado para el objetivo del estudio (Figura 15)

Considerando que no hay diferencias significativas entre los tratamientos las comparaciones de media de cada uno no están reflejadas dentro del contenido del trabajo. Resultados similares presentó Rivero (1995) al evaluar el efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades de un alfisol degradado, donde evaluó el comportamiento de algunas características químicas para las variables evaluadas en el suelo: pH, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, fósforo disponible y nitrógeno total. En este caso no se encontraron variaciones significativas para el pH, carbono orgánico y nitrógeno total, no obstante si lo fueron para la capacidad de intercambio catiónico y el fósforo disponible en el suelo. La mezcla crotalaria: pasto elefante, apunta como la opción más prometedora; lo cual motiva a continuar evaluando estas mezclas y asociaciones con leguminosas que a lo largo de las experiencias obtenidas demuestran que funcionan adecuadamente como mejoradores de suelos.

Cuadro 8.- ANDEVA (Valor de F y grado de significancia) para las variables analizadas en las muestras de suelo en la Finca El Hierro, municipio Ospino del estado Portuguesa.

Fuente de Variación	g.l	C/N	CE (mS/cm)	CO (%)	Ca cmol(+)kg ⁻¹	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	K (mg/l)	Mg cmol(+)kg ⁻¹	Mn (mg/l)	N (%)	P (mg/l)	pH	Zn (mg/l)
Tratamiento	6	0,60	0,59	0,91	1,13	0,38	0,44	0,52	1,11	1,07	0,77	1,0	1,43	0,65
CV (%)		12,18	18,86	17,24	14,83	23,65	22,51	12,65	14,71	21,12	13,85	6	7,28	22,87
significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s

Grado de significancia: * diferencias significativas ($P < 0,05$), ** diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), n.s. No existen diferencias significativas

Fuente: Cálculos propios



Figura 15.- Vista general del ensayo . Finca el Hierro

CUANTIFICACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE LA ESPECIE FORESTAL DURANTE LA ASOCIACIÓN. FINCA EL HIERRO

El ANDEVA (Valor de F y grado de significancia) para las variables analizadas en las muestras de Foliares de *Gmelina arborea* a los 10 meses de establecidos el ensayo con especies leguminosas en la Finca El Hierro, municipio Ospino del estado Portuguesa, se muestra en el Cuadro 9, en el que se puede observar que solo se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para la variable fósforo (P) con un coeficiente de variación de 13,61 % lo cual indica que el diseño empleado es adecuado.

Cuadro 9.- ANDEVA (Valor de F y grado de significancia) para las variables analizadas en las muestras de Foliares de *Gmelina arbórea* tomadas a los 10 meses de establecidos el ensayo con especies leguminosas en la Finca El Hierro, municipio Ospino del estado Portuguesa.

Fuente de Variación	g.l	Ca (%)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	K (%)	Mg (%)	Mn (mg/l)	N (%)	P (%)	Zn (mg/l)
Tratamiento	6	1,95	1,32	0,94	1,51	0,98	0,46	0,34	2,59	0,57
CV (%)		21,75	15,83	20,45	15,89	17,23	19,15	14,79	9,06	19,38
significancia		n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	*	n.s

Grado de significancia: * diferencias significativas ($P < 0,05$), ** diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), n.s. No existen diferencias significativas

Fuente: Cálculos propios

Al realizar la comparación de medias entre tratamientos (Cuadro 10) se formaron dos grupos homogéneos, donde el grupo a o mejor grupo estuvo constituido por el tratamiento 1 (Frijol blanco) con 0,15 % de fósforo en promedio (Figura 16); mientras que el grupo b fue conformado por el tratamiento 6 correspondiente a la Sesbania con 0,1225 % de fósforo foliar. Lo cual es similar a lo obtenido por Hidrobo y Romero (2009) y Pérez (2007).

Cuadro 10.- Comparación de medias para la variable P en las muestras de Foliares de *Gmelina arborea* en la Finca El Hierro.

Tratamiento	P (%)
0	0,1325 ab
1	0,1500 a
2	0,1475 ab
3	0,1375 ab
4	0,1375 ab
5	0,1275 b
6	0,1225 b

a,b,c: grupos homogéneos significativamente diferentes

Fuente: Cálculos propios



Figura.- Frijol blanco asociado a *Gmelina arborea*

Aun cuando no se efectuaron mediciones de la biomasa aportada por las leguminosas, a través de la evaluación realizada al azar por metro cuadrado cubierto por la leguminosa, fue evidente el bajo desarrollo de estos (aproximadamente 40% de cobertura) en la finca el Hierro en comparación con la finca La Yaguara en los que se observó cobertura hasta de 100% en casi todas las leguminosas evaluadas. En la Figura 17, se muestra la diferencia visual entre la cobertura en la finca la Yaguara y la cobertura en la finca el Hierro. Esto puede explicar los cambios importantes obtenidos en la Yaguara mientras que el Hierro debido a las condiciones del suelo, las especies leguminosas cubrieron menos área, lo que implica una menor cantidad de biomasa disponible. Adicionalmente las leguminosas de la finca el hierro fueron incorporadas mientras que en la Yaguara se dejaron expuestas y se degradaron solas y lentamente; lo que puede influir en un periodo mas largo de crecimiento y aprovechamiento por el suelo y el cultivo.

Seria necesario establecer nuevos ensayos, considerando biomasa y análisis foliares de las leguminosas para poder constatar cuanto aporta cada especie al suelo y cuanto aprovecha la plantación forestal. Adicionalmente hay que considerar factores no controlados como pérdidas parciales de los tratamientos y otros factores que pudieron incidir en los cambios obtenidos en ambas localidades.



Figura 17 a. Cobertura de especies leguminosas: (derecha) crotalaria en la Finca el Hierro; (Izquierda) crotalaria en la finca la Yaguara.



Figura 17 b. Cobertura de especies leguminosas: (derecha)Frijol en la Finca el Hierro; (Izquierda) Frijol en la finca la Yaguara.

TENDENCIAS DE LAS VARIABLES pH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y NITROGENO EN EL SUELO DE LAS FINCAS BAJO ESTUDIO

- pH

Aunque en la finca el Hierro no se presentaron diferencias estadísticas en el pH, en la Figura 18 al comparar el pH inicial del suelo antes de iniciar el ensayo y luego a los 10 meses por cada tratamiento, el testigo, el tratamiento 1 y el tratamiento 3 incrementaron el pH en $\pm 0,2$ unidades, mientras los tratamientos 2, 4 y 6 disminuyeron entre 0,2 y 0,5 unidades. A diferencia del tratamiento 5 que lo mantuvo. Esto coincide con obtenido por López (2006); López *et al.* (2006); Hidrobo y Romero (2009), en cuyos ensayos las especies leguminosas como el frijol, el quinchoncho, y otras especies empleadas como abonos orgánicos generaron incrementos en al menos 0,2 unidades de pH lo cual genera múltiples beneficios al suelo y por ende a la plantación forestal.

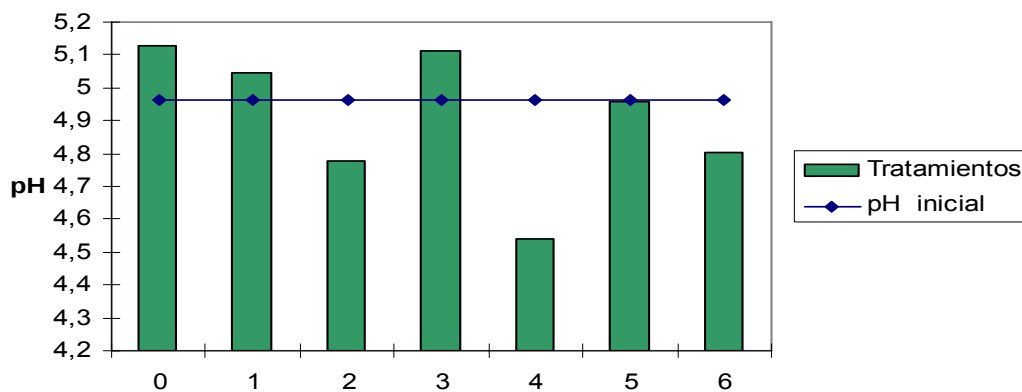


Figura 18. pH del suelo inicio y al final del ensayo por tratamiento en la Finca El Hierro.

Igualmente en la Figura 19 se muestra como en la finca La Yaguara, solo el tratamiento 2 y el 6 incrementaron el pH en $\pm 0,3$ unidades, mientras que el resto de los tratamientos lo disminuyó entre 0,05 y 0,2 unidades; siendo los tratamientos 4 y 5 los bajaron menos unidades ($<0,05$) de pH. Esta información permite definir las especies leguminosas a establecer de acuerdo con las necesidades de la especie forestal a establecer. A nivel operativo lo ideal es emplear especies que ayuden a mantener el pH en el caso de los suelos de la Yaguara que se encuentran entre 5,6 y 6; mientras que en el caso del Hierro lo ideal sería emplear especies como el frijol y el quinchoncho que incrementan en 0,2 o más unidades el pH. Con el objeto de mantener los suelos aptos para establecer cualquier especie forestal.

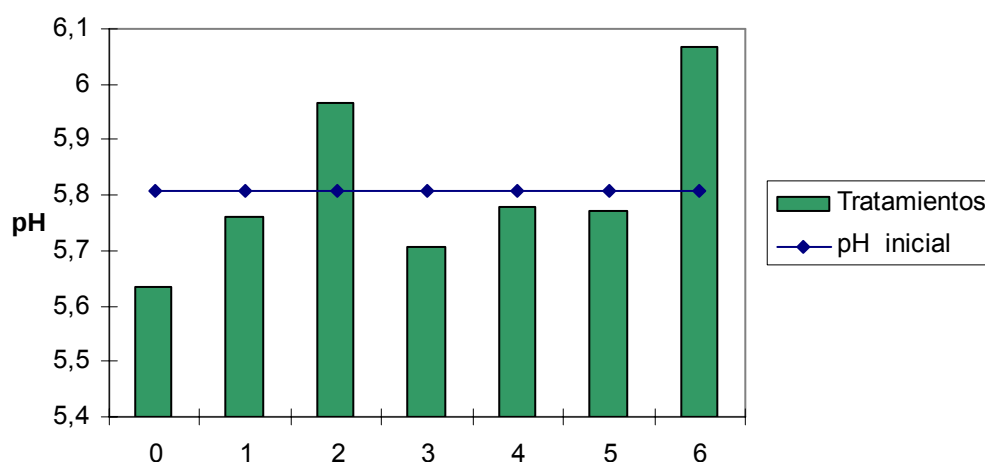


Figura 19. pH del suelo inicio y al final del ensayo por tratamiento en la Finca La Yaguara.

- **Conductividad Eléctrica (CE)**

En la finca el Hierro, todos los tratamientos excepto el tratamiento 4, disminuyeron drásticamente la CE respecto al nivel inicial de $\pm 2,5$ mS/cm lo cual permite considerar el empleo de cualquier especie leguminosa diferente al Kudzú tropical si se desea disminuir la CE, lo cual generaría un beneficio al suelo y a la plantación, ya que permite contrarrestar los efectos adversos que pudieran presentar los fertilizantes químicos y incrementaría la disponibilidad de nutrientes evitando así las inmovilizaciones o precipitados de algunos elementos por efecto de altos valores de Conductividad eléctrica (Figura 20). Mientras que en la finca La Yaguara (Figura 21) se observa como el tratamiento 2 mantuvo estable la CE, cuando el resto de los tratamientos la disminuyó entre 0,1 y 0,04 mS/cm.

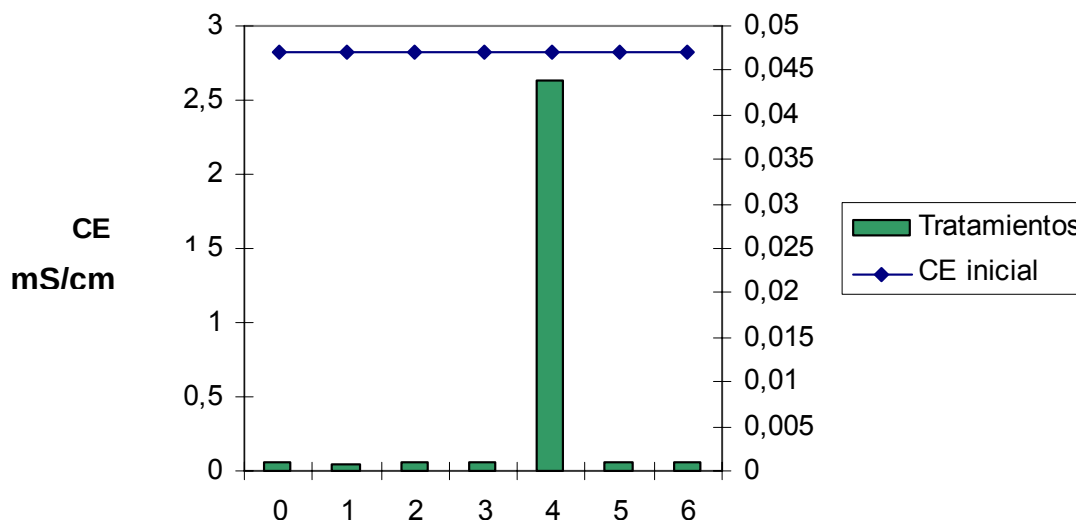


Figura 20. Conductividad Eléctrica (CE) del suelo al inicio y al final del ensayo por tratamiento en la Finca El Hierro.

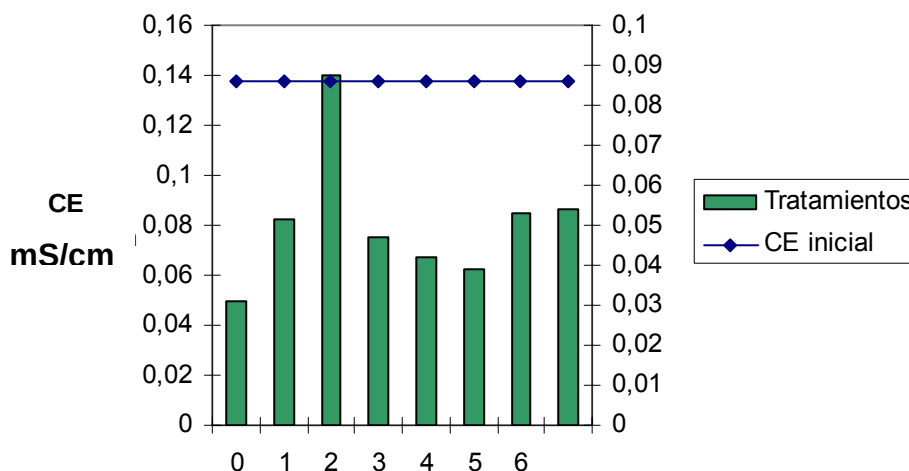


Figura 21. Conductividad Eléctrica (CE) del suelo al inicio y al final del ensayo por tratamiento en la Finca La Yaguara .

- **Nitrógeno**

El tratamiento 2 (frijol blanco) en la finca el Hierro incrementó levemente el porcentaje de N (Figura 22) con relación al porcentaje inicial, mientras que en general todos los tratamientos permitieron mantener los niveles iniciales de nitrógeno, permitiendo inferir que hubo aportes realizados por la especie leguminosa, considerando que el consumo de nitrógeno por la plantación forestal es alto en la etapa de establecimiento. Lo cual coincide con lo expuesto con López (2006), Higuera *et al.* (2001), Rivero y Paolini (1995) y Abreu (1996), donde a través de diferentes ensayos con leguminosas, estas permitieron incrementar o mantener los niveles de nitrógeno en los suelos.

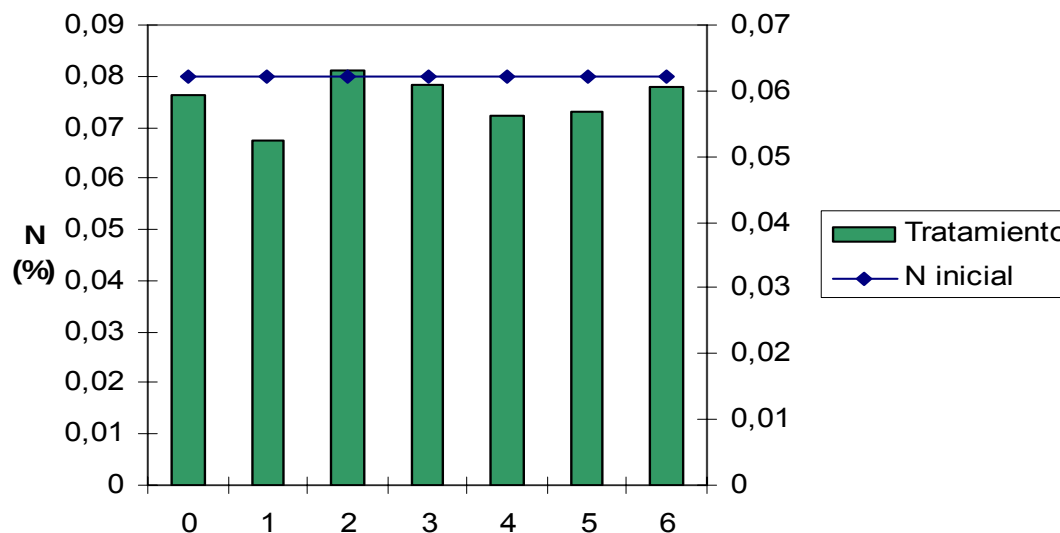


Figura 22. Porcentaje de Nitrógeno total del suelo al inicio y al final del ensayo por tratamiento en la Finca El Hierro.

En la figura 23 se muestra los cambios generados en el ensayo establecido en la finca la Yaguara, por efecto de la asociación con especies leguminosas de la especie forestal, donde el tratamiento 1 (frijol bayo) y 3 (Quinchoncho) incrementaron el contenido de Nitrógeno y el tratamiento 2 (frijol blanco) lo mantuvo. Lo que coincide con los resultados obtenidos por Hidrobo y Romero (2009) donde constataron a través de sus ensayos que el frijol como abono verde permite mantener los niveles de nitrógeno en el suelo y Gathumbi *et al.* (2001) e Higuera *et al.* (2001), sostienen que suelos sembrados con quinchoncho incrementa y mantiene el contenido de nitrógeno. Sin embargo

los tratamientos 4, 5, 6 y el testigo, disminuyeron el N en 0,02 %, lo que permite definir especies leguminosas de interés y planes de fertilización química necesarios según la especie leguminosa que se establezca.

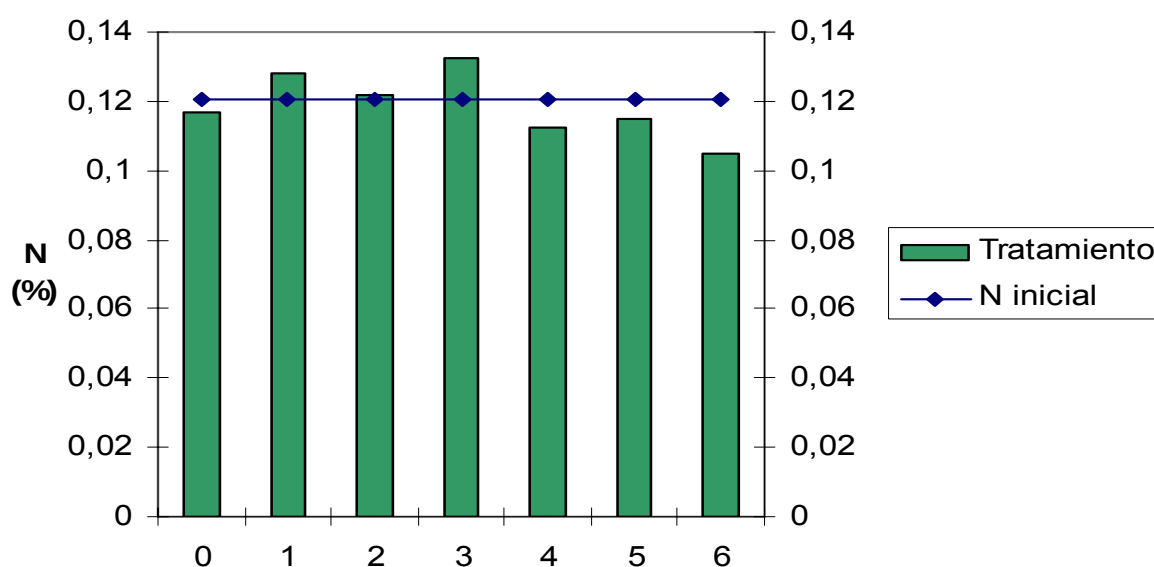


Figura 23. Porcentaje de Nitrógeno total del suelo al inicio y al final del ensayo por tratamiento en la Finca La Yaguara.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El establecimiento de especies leguminosas en sistemas agroforestales genera cambios significativos en las propiedades químicas de un suelo Alfisol en el municipio Ospino en el estado Portuguesa.
- En el suelo de la finca la Yaguara las variables en los que ocurrieron los mayores cambios químicos en el suelo fue en los niveles de la relación C/N, CO, N y Zn.
- En la finca el Hierro no hubo estadísticamente cambios químicos en el suelo Alfisol plantado con Gmelina y asociado a leguminosas.
- Durante la asociación se presentaron cambios nutricionales en el *Eucalyptus* a nivel de macroelementos importantes como P y microelementos como el Zn.
- En la asociación la *Gmelina* presentó cambios nutricionales solo en el contenido de P.
- Las especies leguminosas que aportan mejores beneficios al suelo y a la plantación forestal son el Quinchoncho, el frijol blanco y el frijol bayo a corto plazo; y a largo plazo la Sesbania.

- La condición de pH de los suelos de la finca la Yaguara, favorecieron la expresión de los cambios producidos durante la asociación.
- Aunque en la mayoría de las variables medidas en el ensayo no se presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, visual y numéricamente se observaron mejoras en las propiedades químicas del suelo y de la especie forestal.
- Se recomienda establecer las especies leguminosas durante dos ciclos consecutivos para obtener cambios mayores en los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y zinc.
- Para futuros ensayos, se recomienda determinar el contenido nutricional de las especies leguminosas a asociar, para cuantificar los aportes al suelo y a la especie forestal.
- Considerando que la tasa de crecimiento de las especies forestales es menor a la de las leguminosas, es deseable incrementar la distancia de siembra entre la especie forestal y las leguminosas para evitar la competencia.
- Para profundizar en las bondades de sistemas agroforestales, se recomienda continuar los ensayos y evaluaciones con especies leguminosas de interés, incluyendo el estudio de macro y mesofauna, nodulación, ciclaje del nitrógeno y así una gran cantidad de estudios orientados a mejorar el aprovechamiento y uso racional de los suelos en los diferentes sistemas de explotación agroforestal existentes en los llanos occidentales.

BIBLIOGRAFIA

- Abad, R.G., y Juan, N.C.S. 1980 Replacement of 'cogon' (*Imperata cylindrica* (L.) Beau.) vegetation under coconut with leguminous covercrops. In Annual Report 1980, agricultural research Branch, Philippine Coconut Authority. pp. 75-90.
- Abreu, Xiomara.1996. Evaluación de cuatro leguminosas como barbecho mejorado durante dos épocas del año para ser usadas como cultivos de cobertura. *VENESUELOS* 4(1 y 2):8-13
- AE, N., J. Arihara and Okada. 1991. Phosphorus uptake mechanisms of Pigeonpea grown in alfisol and vertisols. ICRISAT. International Crops Research Institute for the Semi Arid Tropics 1991. Phosphorus nutrition of grain legumes in the semi arid tropics (Johansen, C., Lee, K. K. And Sahwat, K. L., eds) Patancheru A. p. 502-324.
- Aguilera M., 2003.INFOR-INDAP. Modelos agroforestales para un desarrollo sustentable de la agricultura familiar campesina. Concepción, Chile
- Agrosemillas Huallamayo,. 2006. Kudzú Tropical
[.www.huallamayo.com.pe/kudzu.htm](http://www.huallamayo.com.pe/kudzu.htm)
- Alegre, J., A. Meza y A. Arévalo, I. 2000. Establecimiento de barbechos con leguminosas. "Agroforestería en las Américas". Vol. 27. (En línea).
<http://web.catie.ac.cr/informacion/RAFA/rev27/comoh1-a.htm>.

- Ando, H.; R. C. Aragones; G. Wada. 1992. Mineralization patterns of soil organic N of several soil in the tropics. *Soil Plant Nutr.* 38:227-234.
- Aparicio, J .2004. Experiencias en Brasil sobre nutrición forestal y preparación mínima del terreno: temas claves para la producción sustentable de madera. Departamento de Ciencias Florestais -ESALQ Piracicaba -Universidad de São Paulo, Brasil. 10 páginas.
- Barber R.G. y Navarro F. 1994. Evaluation of the characteristics of 14 cover crops used in a soil trial. *Land Degradation and Rehabilitation* 5: 201-214.
- Barrios, A y S. Ortega. 1975. TUY: NUEVO CULTIVAR DE FRIJOL (*Vigna unguiculata* L.) CENIAP - Instituto de Investigaciones Agronómicas Maracay, Venezuela. *Agronomía Tropical* 25(2): 103-106. 1975.
- Barrios A., Ortega A y Pérez J. 1986. Efecto del ultimo suministro de agua sobre los rendimientos del frijol (*Vigna unguiculata* (L) walp) cv. tuy en suelos con problemas de compactacion *FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay Venezuela. *Agronomía Tropical*. 36(4-6): 129-136.
- Bellote, A.F.J. y H.D Silva. 2004. Sampling techniques and nutritional evaluations in eucalypt plantations. In: Gonçalves, J.L.M. y V. Benedetti (Editores). *Forest Nutrition and Fertilization*. Piracicaba. IPEF. pp:113-139.
- Benedetti S.; Valdebenito G. S.f. Cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa. La componente arbórea en el desarrollo forestal campesino. Documento divulgativo. INFOR-INDAP-CONAF. 15 p.

- Christensen, B. 1986. Straw incorporation and soil organic matter in macroaggregates and particle size separates. J. Soil Sci. 37:125-135.
- Chaunan Y. 1990. Pigeonpea: Optimum agronomic management Chapter 11. 257 - 278p. In: Nene. Y .L.; S D Hall y V. K. Sheila (Ed). The pigeonpea. CAB International Wallingford UK. 490p.
- Camp, A. 1945. Zinc as a nutrient in plant growth. Soil Sci 60:157-164
- España M, Cabrera B y M. López. 2006. Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from Venezuelan savannas using ^{15}N . Interciencia. 31:197-201.
- Estrada, J. y Gustavo, D (1999). Comportamiento de Algunas Propiedades Físico-Químicas del Suelo en un Sistema en Callejones Maíz-Matarratón . Corporación Colombiana de investigación – CORPOICA.
- FUNDACION NATURA, 1990. Deterioro Ambiental Rural. Edunat. Quito.
- Fitzpatrick,E.A.1986. An introduction to Soil Science. 2da edición. Editorial Longman. USA. 246 Páginas.
- Folorunso, OA, DE Rolston, T. Prichard, y DT Louie, .1992. la superficie del suelo y la fuerza de infiltración que afecta el invierno como cultivos de cobertura, del suelo de Tecnología. 5:189 97.

- Garritty, D.P. y Mercado Jr, A.R. 1994. Reforestation through agroforestry: smallholder market-driven timber production on the frontier. En: J. Raintree y H. Fernández, eds. Marketing multipurpose tree species in Asia. Bangkok, Winrock International.
- Gathumbi S., Mafongoya, P., K. E. Giller, D. Odee, S. K. Ndufa And S. M. Sitompul. 2002. Benefiting from N₂-fixation and managing rhizobia. In: Van Noordwijk; G. Cadisch and C.K. Ong (eds). Below-ground interactions in tropical agroecosystems. Concepts and models with multiple plant component. CAB-International. Wallingford, UK. 20 p
- Giller, K.E. y Wilson, K.F. 1991. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. Wallingford, Reino Unido, CABI.
- Hardy, F.1936. Some aspects of tropical soils. Transactions Third International Congress of Soil Science, 2: 150-163.
- Higuera A , O. Ferrer, D. Boscán, A. Canelón M. Montiel y C. Castro de R. 2001. Efecto de la altura y el tiempo de corte sobre el contenido mineral de hojas y tallos de tres variedades de quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) millsp. Con fines de alimentación animal. Revista Científica, FCV-LUZ/Vol.XI, N ro 6, 491 -500.
- Hidrobo P. y F. Romero (2009). Evaluación de dos combinaciones agroforestales en sistema de cultivo en callejones, al cuarto año de establecido, en la hacienda tunshi – ESPOCH
- Hocking, P, G. Keerthisinghe, W. Smith y P. J. Randall. 1997. Comparison of the ability of different crop species to access poorly-available soil phosphorus. T.

Ando et al. (Eds). Plant nutrition for sustainable food production and environment. 305-308.

http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Crotalaria_junceae.html

Infante A.; San Martín K. 2001. Manual de agricultura sustentable para el secano. CET-INDAP-FIA. 159 p.

Jarson, W. 1979. Crop residues: Energy production or erosion control. Journal of soil and water conservation. Paper 10.585 Scientific Journal Series. Minesota. pp. 74-79.

Jiménez, J.1990. Análisis de crecimiento y fenología del maíz en un cultivo en callejones con Poró (*Erythrina poeppigiana*) plantado en cuatro arreglos espaciales. En: Tesis, MSc. Turrialba, Costa Rica, Programa de estudios de post-grado en ciencias agrícolas y recursos naturales. CATIE. p 142.

Kang, B.T.; Grime, H. y Lawson, T. 1985. Alley cropping sequentially cropped maize and cowpea with leucaena on a sandy soil in southern Nigeria. Plant and Soil (Holanda) 85:267-277.

Kass, D.; Barrantes, A.; Bermudez, W.; Campos, W.; Jimenez M. y Sanchez, J.1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones en "la Montaña". El Chasqui (C.R.) No. 19:5-24.

Kwesiga, F. y Coe, R. 1994. The effect of short-rotation *Sesbania sesban* planted fallows on maize yields. Forest Ecol. Manage., 64: 199-208.

Leguizamón E., Ferrari G, Lewis J.P, Torres P.S, Zorza E , Daita, F, Sayago, F. 2009. Sistemas productivos agroforestales adaptados a pequeños

- productores del área de riego salinizada de Santiago del Estero. www.proinder.gov.ar. Argentina.
- Ley, G., Mullins, C, y Lal, R. 1989. Hard-setting behavior of some structurally – Peak tropical soil. *Soil and Tillage research*. 13, 362 – 381
- López M . 2006. Muestreo de suelo y fertilización eficiente en sorgo”. In: *Memorias: IV curso sobre producción de sorgo: ASOPORTUGUESA CIAE-PORTUGUESA*. P (113-122). 187 pp.
- López M. 2006. Aportes de nitrógeno por FBN en la rotación *Sorghum bicolor-Cajanus cajan*, usando 15N en un suelo ácido del estado Guárico-Venezuela. In *Memorias del XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo*. Maracay-Venezuela. 4 p.
- López Marisol, Ángela Bolívar, Manuel Salas y María De Gouveia. 2006. Prácticas conservacionistas y rotación con quinchoncho alternativas sustentables para los agroecosistemas de sabanas de Guárico, Venezuela Investigadores. INIA. Maracay, Estado Aragua. *Agronomía Tropical* vol.56 no.1 Maracay Mar. 2006.
- Mukherjee, D.; L. Ghosh; A. Das. 1990. Study on the chemical and microbiological changes during the decomposition of straw in soil. *Indian Agriculturist* 34 (1): 1-10.
- Mafongoya, P., K. E. Giller, D. Odee, S. Gathumbi, S. K. Ndufa And S. M. Sitompul. 2004. Benefiting from N₂-fixation and managing rhizobia. In: Van Noordwijk; G. Cadisch and C.K. Ong (eds). *Below-ground interactions in tropical agroecosystems. Concepts and models with multiple plant component*. CAB-International. Wallingford, UK. 16 p

Mahecha, L., M. Rosales, C.H. Molina y E.J. 1998. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* *Cynodon plectostachyus* *Prosopisjuliflora*. Conferencia electrónica FAO-CIPAV sobre "Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica". (En línea).<http://www.fao.org/WAICENT/FaoInfo/Agricult/AGA/AGAP/FRG/AGROFOR1/>

Mora, Orlando. 1985. Características químicas, físicas y mineralógicas de los suelos ácidos de la región Sur-Occidental del Lago de Maracaibo (Machiques-Colón), aplicación de fosforita y caliza, y su efecto en el comportamiento de dos especies forrajeras. Trabajo de Grado (Maestría -Ciencia del Suelo)

Mokolobate M., S. And R. J. Haynes. 2002. Comparative liming effect of four organic residues applied to an acid soil. *Biology Fertility Soil*. 35:79-85.

Nair P.K. 1997. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Nene Y. L. y V. K. Sheila. 1990. Pigeonpea: Geography and Importance. Chapter1. 1-14p. In: Nene. Y. L.; S. D. Hall y V. K. Sheila (Ed) 1990. The pigeonpea. CAB International Wallingford UK. 490 p.

Organización de Estudios Tropicales - Centro Agronómico Tropical de Investigación Y Enseñanza (CATIE). 1986. Sistemas Agroforestales; principios y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica, Ed. Trejos. 818 p.

Ortega S. 1993. Orituco: Nueva Variedad de Frijol Blanco *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Cv. Orituco. Venezuela. *Agronomía Tropical*. 43(3-4): 191-196.1993

- Padilla S. 1995. Manejo Agroforestal Andino. Quito. 18, 21-29, 141 p.
- Palm C.A. 1995. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. *Agrofor. Syst.*, 30: 105-124.
- Pérez M.J. 2007. Eficiencia de algunas leguminosas en la utilización del P proveniente de roca fosfórica. *Revista Facultad de Agronomía*. Vol 24 :1.
- Peter B. 2009. La Agroforestería y el Mantenimiento de la Biodiversidad. www.actionbioscience.org. Washington, DC Pag 1/1
- Pound Barry. 2007. Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América. Natural Resources Institute, Chatham, Kent ME4 4TB, UK.
- Primavesi Ana .1984. Manejo ecológico del suelo. 250 pp.
- Razz R. y T. Clavero. 2006. Cambios en las características químicas de suelos en un banco de *Leucaena leucocephala* y en un monocultivo de *Brachiaria brizantha*. *Revista de la Facultad de Agronomía-LUZ* v.23 n.3. Maracaibo.
- Ramírez W. 2000. Manejo de Sistemas Agroforestales. Ecuador. 11 páginas.
- Ratto S y Miguez F . S.f. Zinc en el cultivo de Maíz una deficiencia de oportunidad. *Informaciones Agronómicas* Nro 63. Argentina.5 páginas.
- Ratto S y Mizuno I.1991. Respuesta del maíz al agregado de zinc en el invernáculo. XIII Congreso argentino de las ciencias del suelo. Argentina

- Ratto Silvia, Fernando H y Miguez F. 1991. Análisis foliar en maíz de cultivo. Microelementos. Revista Facultad de agronomía. 12(1):31-38
- Reeves J. N., Turner, M. J. L., Ohashi, T., y Kii, T. 1996. Suitability of sunn hemp as an alternative legume cover crop. in Proceedings of the New Technology and Conservation Tillage 96 (7): 125-130. Estación experimental de la Universidad de Tennessee, Tennessee.
- Rivero C. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades de un alfisol degradado. Revista VENESUELOS 3(2):55-61
- Rivero C y J. Paolini. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades químicas de dos suelos en Venezuela. VENESUELOS 3(1):24-30.
- Rivero C. 1996. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un alfisol degradado. VENESUELOS 6(1 y 2):29-33
- Rivero C. 1997. Efecto del uso de residuos vegetales sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo Turén. Rev. Fac. Agron. (Maracay) 23: 227-22
- Rivero, C., D. Lobo Y A. López. 1998. Efectos de la incorporación de residuos orgánicos sobre algunas propiedades físicas de un Alfisol degradado. Revista Venesuelos. 6 (1y 2): 9-33.

Rotar P. P. y Joy P. 1983. 'Tropic Sun' sunn hemp, *Crotalaria juncea* L. Universidad de Hawaii. Escuela de Agronomía tropical y recursos humanos. Extensión de investigación. Series 36.

Robert Michel. 1996. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Informe FAO.

Rodríguez Pedro. 2008. Caracterización agrológica de suelos de fincas La Yaguara y el Hierro. Informe privado SKCV.

Rojas J y Riera M. 2001. Análisis de precipitaciones en áreas de influencia de las fincas pertenecientes a SKCV. Estado Portuguesa.

Sadanandan, N y Brown. 1997. Management of Soil, nutrients and water in tropical plantation forests. Editorial Management. Australia. Pp 112

Sánchez C. 2009 (a). Eucalipto una opción de alta rentabilidad. [ywww.revista-MM.com](http://www.revista-MM.com)

Sánchez C. 2009(b). Gmelina arborea. Versatilidad Renovación y Productividad Sostenible para el Futuro. [ywww.revista-MM.com](http://www.revista-MM.com).

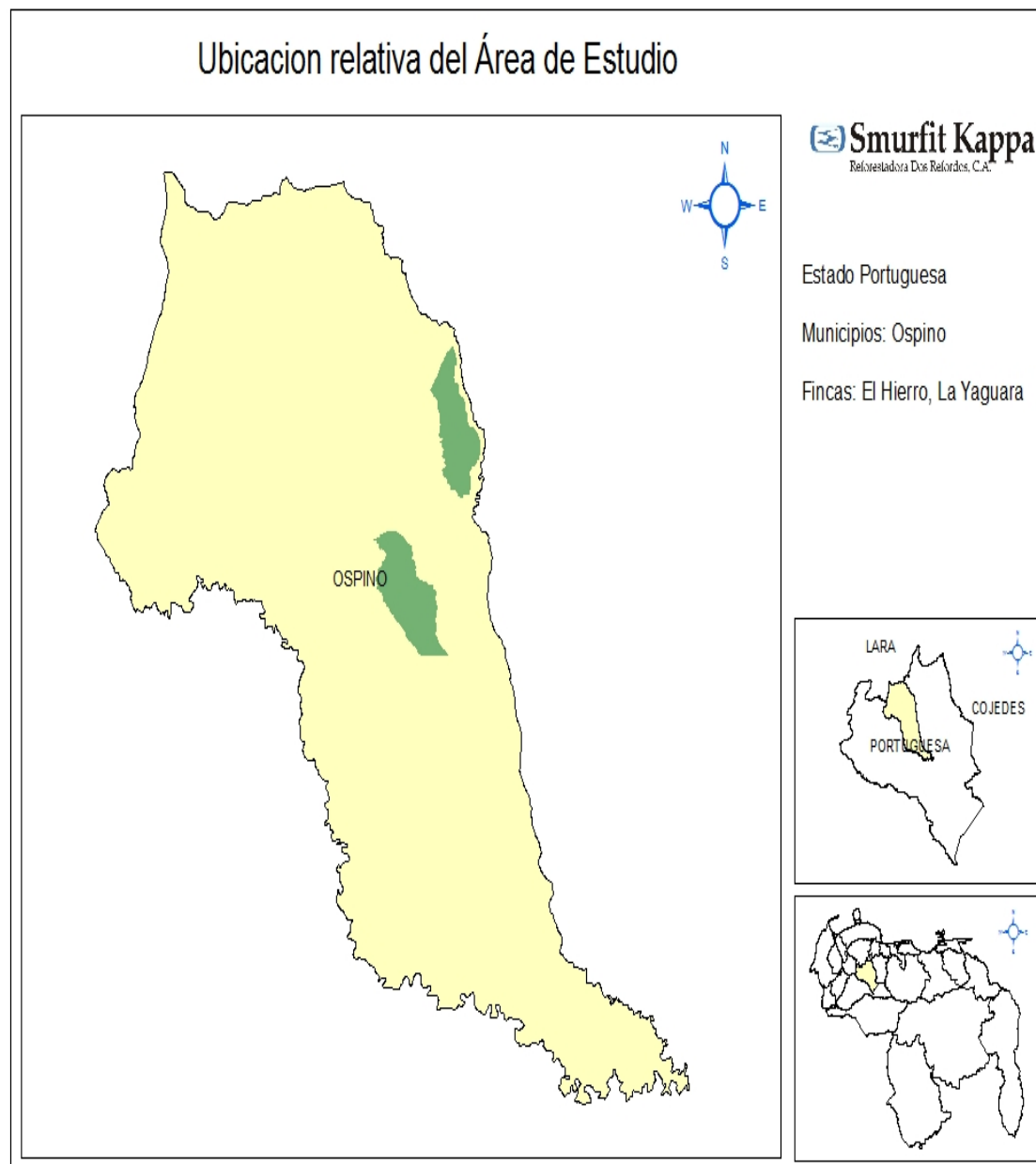
Sánchez P. A. 1981. Properties and management of soils in the tropics. Nueva York, Wiley.

Sánchez P.A . 1995. Science in agroforestry. Agrofor. Syst., 30: 5-55.

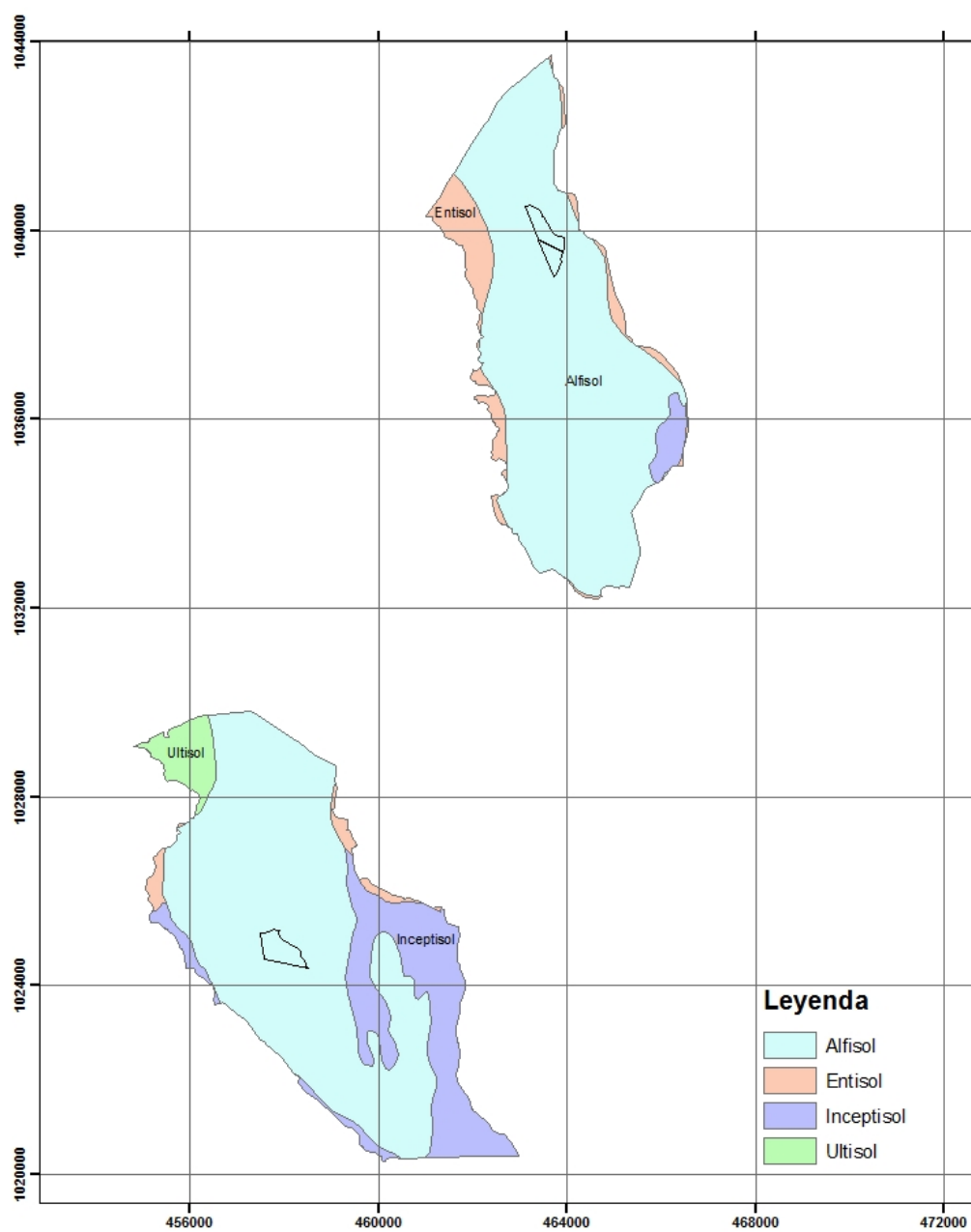
Sánchez P.A., Izac, A.-M.N., Valencia, I. y Pieri, C. 1995. Soil fertility replenishment in Africa: a concept note. Nairobi, ICRAF.

- Smaling E.1993. An agroecological framework for integrating nutrient management, with special reference to Kenya. Agricultural University, Wageningen, Países Bajos, 250 pp (tesis).
- Silveira, R.L.V.A.; Higashi, E.N., Sgarbi, F y Muniz, M.R.A. 2001. Seja o doutor do seu eucalipto. POTAFOS. Piracicaba - São Paulo. Arquivo do Agrônomo N° 12. 32 p.
- Szott, L. , Palm, C., y Sanchez, P. 1991. Agroforestry in acid soil of de humid tropics. *Advances in Agronomy*, 45:275 – 301.
- Thompson y Frederick Thoe. 2001. Los suelos y su fertilidad. 4ta edición. Editorial Reverté. 639 páginas.
- UNAL . 2005. Cambios en la composición bioquímica y su aplicabilidad en el uso de follajes verdes como fuente de materia orgánica y nutrimentos en sistemas agroforestales. Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas L. 1997. Efecto remanente de abonos orgánicos incorporados, solo o combinados en suelos de la serie Uribeque, utilizando como indicador el cultivo de Cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, 66 p.
- Vitousek, P.M. y Sanford, R.L. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forests. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 17: 137-167.
- Wilson G. y Lawson, T 1993. Cultivo en hileras: Una opción estable a la agricultura nómada. En: Curso Internacional "Desarrollo de Sistemas Agroforestales", julio-septiembre, 1993. CATIE, Turrialba, C.R. p 80-93. 4 - 8, 24, 29, 76 p.

ANEXOS



ANEXO 1. Ubicación relativa del Área de Estudio



Anexo 2. Mapa de clasificación de suelos según Rodríguez (2008)