

**UNIVERSIDAD DE MATANZAS “CAMILO CIENFUEGOS”
EEPF “INDIO HATUEY”**

**Leguminosas herbáceas perennes una alternativa
para la diversificación de las fincas citrícolas**

Autor: Rafael Pérez Carmenate

Tutores: Dr. Juan José Paretas Fernández

Dra. Cs. María Borroto Pérez

Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Pastos y Forrajes

1998

Pensamiento

*“La agricultura es la única fuente constante, cierta y enteramente
pura de riquezas”*

“José Martí”

Dedicatoria:

A mis Padres

A mi esposa

A mis hijos

A mis hermanas

y hermano.

Agradecimientos:

- A los compañeros del Grupo de Ciencia Animal de la UNICA por el apoyo brindado en cada momento.
- A J.J. Paretas por la asesoría brindada.
- A la Dra. Cs. María Borroto por su decisivo apoyo en el laboratorio, asesoría y revisión de la Tesis.
- Al colectivo de profesores de la Maestría por sus enseñanzas brindadas.
- A mi familia por haberme brindado todo el apoyo y haberse sacrificado durante esta etapa de mi vida.

A todos mis agradecimientos.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I. Revisión bibliográfica.....	2
I.1- Agrotecnia para el establecimiento de leguminosas herbáceas perennes	2
I.2.-Uso de leguminosas en sistemas de policultivo en plantaciones perennes.....	8
I.3 Contribución de las leguminosas herbáceas como cobertura del suelo en sistemas de explotación agrícola.....	9
Capítulo II. Materiales y métodos	12
Experimento 1.....	12
Experimento 2.....	12
Capítulo III. Resultados y discusión.....	15
Experimento 1. Sistemas de siembra y establecimiento de leguminosas herbáceas en áreas de cítrico	15
III.1. Resultados.....	15
III.2 Discusión	15
Capítulo IV. Caracterización del efecto de las leguminosas <i>N. wightii</i> , <i>C. ternatea</i> , <i>S. guianensis</i> y <i>A. pintoii</i> como coberturas sobre el suelo y la plantación de cítrico	17
IV.1 Resultados	17
IV.2 Discusión.....	19
Capítulo V. Valoración económica.....	22
Conclusiones.....	23
Recomendaciones	24
Bibliografía.....	25
Anexos	31

Índice de figuras

Fig.1. Comportamiento de las variables climáticas durante la etapa experimental (julio/95-abril/97). .	31
Fig. 2. Producción de biomasa de leguminosas a las 12 y 48 semanas según sistemas de siembra (kg de MS/ha).	32
Fig. 3. Producción de biomasa de leguminosas según la interacción sistemas de siembra (SS) x subtramientos (leguminosas) (kg de MS/ha).....	32
Fig. 8. Comportamiento de altura en las coberturas en estudio (cm).	33
Fig. 10. Producción de cítrico (kg/planta).	33

Índice de tablas

Tabla 1. Características físicas del suelo a las 60 semanas de introducidas las leguminosas.	34
Tabla 2. Características químicas del suelo según la profundidad.....	34
Tabla 3. Características químicas del suelo según la época de muestreo.	34
Tabla 4. Características químicas del suelo según tipo de coberturas.....	34
Tabla 5. Características químicas del suelo según la interacción cobertura x profundidad.	35
Tabla 6. Características químicas del suelo según la interacción cobertura x época de muestreo. ...	35
Tabla 7. Características químicas del suelo según la interacción profundidad x época de muestreo.	35
Tabla 8. Comportamiento de las diferentes propiedades químicas en estudio según la interacción cobertura x profundidad x época de muestreo.	36
Tabla 9. Deposición de hojarasca en el suelo (g/m^2) y aporte de nutrientes a través de esta (kg/ha).	36
Tabla 10. Contenido foliar (%) de nitrógeno, fósforo y potasio en la plantación de cítrico bajo el efecto de las diferentes coberturas.	37
Tabla 11. Calidad del jugo de cítrico para cada cosecha realizada bajo el efecto de las coberturas en estudio.	37
Tabla 12. Análisis del costo de los sistemas de siembra de leguminosas como cobertura en fincas de cítrico.	38
Tabla 13. Análisis del costo unitario y de la producción de biomasa de leguminosa.	38
Tabla 14. Resultados comparativos del efecto de dos coberturas (leguminosa y cobertura natural) en el cultivo de los cítricos.....	38

Resumen

Con el objetivo de diversificar las fincas de cítrico con el uso de leguminosas herbáceas perennes como coberturas de las calles, se desarrollaron dos experimentos en la UBPC “El Tesón” de la empresa Cítrico - Ciego en una plantación de cítrico de naranja Valencia (*Citrus sinensis*) con una edad de 22 años y marco de plantación de 8 x 4 m sobre un suelo Ferralítico rojo típico en el período comprendido desde julio de 1995 hasta abril de 1997. El primer experimento consistió en definir un sistema de siembra para establecer leguminosas herbáceas durante el período lluvioso, sin profundizar en el suelo con las labores de preparación de este y así no afectar la plantación. Entre los sistemas de siembra evaluados, el de cero labranza con el uso de herbicida (glyphosate a razón de 5 l.ha⁻¹, 15 días antes de la siembra), siembra a voleo con dosis de 2 kg de SPG ha⁻¹ y pase de grada para el tape de la semilla (Herb+S+Gr) resultó ser el de mayor factibilidad, permitiendo alcanzar un 45 % y 68 % de leguminosas en la composición botánica a las 12 y 48 semanas después de la siembra, siendo las leguminosas *S. guianensis* CIAT 184 y *N. wightii* cv. Tinaroo las de mejor comportamiento durante el establecimiento. El segundo experimento consistió en caracterizar el efecto de las leguminosas *N. wightii*, *S. guianensis*, *A. pintoi* y *C. ternatea* sobre el suelo y la plantación de cítrico, las cuales, posterior a las 60 semanas de su introducción, tienden a disminuir la densidad del suelo, incrementando además la porosidad, el coeficiente de estructura y la humedad del mismo. Por otro lado, se observaron discretos incrementos en los valores de las propiedades químicas (pH, M.O, P, K y Ca + Mg) del suelo a través del tiempo, resultando estos superiores en la superficie del suelo (profundidad de 0 - 10 cm). Se evidenció además un retorno potencial de nutrientes a través de la hojarasca en el sistema y en particular del nitrógeno, destacándose la *N. wightii* cv Tinaroo. Se obtuvieron incrementos significativos de la producción de cítricos en la segunda cosecha en los tratamientos con las coberturas de leguminosas con respecto al control (cobertura natural) sin afectarse la calidad del jugo, resultando las mayores producciones en *A. pintoi* y *N. wightii*. En sentido general, la introducción de las coberturas de leguminosas aportó un efecto económico de 636,39 pesos ha⁻¹. Se concluye que la presencia de leguminosas herbáceas perennes como cobertura resulta una alternativa para la diversificación de las fincas de cítrico, de similares condiciones agroecológicas, lográndose la sostenibilidad del sistema.

Introducción

Es una realidad que la preservación y manejo sostenibles de la biodiversidad en el mundo están en crisis. La destrucción de hábitats y bosques, la contaminación del aire y el agua, la eliminación de desechos industriales, el uso indiscriminado de pesticidas y la deliberada e involuntaria sustitución por el hombre (principal depredador de la naturaleza) de la diversidad por la uniformidad de cultivos, árboles y ganado, son causantes principales de este creciente deterioro.

Según Altieri (1996), la simplificación de la biodiversidad alcanza su forma extrema en los monocultivos agrícolas. Para contrarrestar estos efectos resulta necesario implementar el desarrollo de los policultivos o cultivos múltiples. Esta alternativa posibilita mayores rendimientos que los cultivos individuales cubriendo una misma área, al ser capaces de una mayor utilización de la radiación solar, agua y nutrientes del suelo, entre otros beneficios. Este mismo autor señaló que entre las diferentes modalidades de los policultivos se incluye el uso de coberturas vegetales vivas.

Las coberturas también constituyen nuevas alternativas para el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo, máxime si se utilizan con este objetivo especies de leguminosas (Muzilli, 1992; Barber y Navarro, 1994 y Johnson y Magariños, 1995); aunque, éstas presentan en muchas ocasiones problemas en su establecimiento (Sistachs y León, 1984 y Pinzón, 1992).

En la actualidad, en una hectárea de las áreas de frutales sólo se explota el 60 % de estas. Sin embargo, las mismas pueden representar un alto potencial para la producción de alimento si son potenciadas con la siembra de policultivos, además de los beneficios que permite al poder incrementar la biodiversidad en estos agroecosistemas,

No obstante, para introducir otras coberturas en las áreas de frutales se recomienda emplear métodos de laboreo mínimo o cero labranza para el establecimiento de cultivos asociados y en específico de las leguminosas, pues es necesario tener en cuenta, que el sistema radical de los árboles se desarrolla fundamentalmente en los estratos superiores del suelo, afectándose la producción de los frutos al seccionarse las raíces con labores profundas (de la Osa, 1986).

Para ampliar los conocimientos sobre esta importante temática e introducir leguminosas para lograr una mayor sostenibilidad y diversificación de los agroecosistemas citrícolas este trabajo persiguió los siguientes **objetivos**:

1. Definir un sistema de siembra para establecer leguminosas herbáceas perennes en fincas de naranja valencia (*Citrus sinensis*) en producción.
2. Caracterizar el efecto de las leguminosas (*N. wightii*, *S. guianensis*, *C. ternatea* y *A. pintoï*) sobre algunas propiedades físico - químicas del suelo y la plantación, después de 60 semanas de introducidas.

Capítulo I. Revisión bibliográfica

I.1- Agrotecnia para el establecimiento de leguminosas herbáceas perennes

La problemática del establecimiento de pastizales dentro del enfoque de mínimos insumos requiere de un análisis de los factores que influyen en las relaciones de la planta con el ambiente (Peralta y Toledo, 1991).

La vegetación existente es uno de los factores que enfrentan las plantas del nuevo pastizal. Las especies sembradas interactúan y compiten entre sí para aprovechar los recursos del medio ambiente, es decir los nutrientes y el agua al nivel radical, así como radiación y espacio al nivel aéreo. Las plantas y rebrotes de las malezas, se convertirían en un problema menor o mayor según las reservas de semillas de la vegetación original o según el vigor relativo de éstas con respecto al de las plantas de las especies sembradas. Las malezas serían en realidad, un problema en las áreas previamente utilizadas con pastos o cultivos.

La cantidad y calidad de las reservas de semilla de la vegetación original, y el manejo que se les dé para eliminar su competencia inicial, determinan el éxito de la germinación de las semillas, así como el desarrollo de las plantas en el área en que se establecerá el pastizal, por otra parte, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, y su equilibrio en él, definirán el eventual dominio de unas plantas sobre otras.

Otros factores del medio, como la temperatura, radiación solar y la cantidad de agua adecuadas para lograr una efectiva fotosíntesis y el crecimiento de las plantas pueden decidir el desarrollo exitoso de éstas.

Según Peralta y Toledo (1991), el éxito del manejo del pastizal durante su establecimiento, está basado en el uso eficiente y oportuno de los factores genéticos, ambientales y tecnológicos de que se dispone.

Entre las opciones para controlar el proceso de establecimiento de un pastizal según Spain (1983); Ruiz, Padilla, Monzote y Ayala (1986) y Peralta et al (1991) se consideran la selección del lugar para establecer el pastizal, la selección de las especies forrajeras que se sembrarán, la calidad y cantidad de la semilla, la preparación del terreno, el momento de siembra, el método de siembra y el manejo del pastizal después de la siembra:

A continuación se discutirán estos aspectos para una mejor comprensión de esta problemática.

Selección del área

La selección del área se define como el lugar que debe modificarse considerando la calidad del recurso suelo (drenaje y fertilidad) y la vegetación original. Para el establecimiento de leguminosas, la selección del área estará determinada, según Ruiz *et al.* (1986), por las especies, el sistema de utilización de las tierras y el tipo de explotación posterior.

Debe considerarse, que la persistencia y la productividad de determinada especie de leguminosa varía de un suelo a otro, por ello en los últimos años se ha hecho énfasis en la regionalización de los pastos como un aspecto importante para lograr niveles aceptables de producción y perennidad en los pastizales (Paretas, 1990).

La calidad del recurso tierra que se utilizará, en lo que respecta a drenaje o vegetación original, define las especies forrajeras elegibles y los métodos de preparación requeridos (Peralta *et al.*, 1991). En este sentido, Ruiz et al (1986) al discutir la influencia del suelo en el establecimiento de pastizales señaló que los factores a tener presente son pH, contenido de nutrientes, drenaje y la estructura del suelo.

Selección de las especies a sembrar

La elección del área de siembra y de la utilización que se le dará más tarde, indicarán las mejores especies que conviene establecer. En regiones donde la posibilidad de una invasión de malezas es alta, como el trópico húmedo, se necesitarán especies de gran vigor de establecimiento y muy agresivas (Peralta *et al.*, 1991).

Para la selección adecuada de la especie de leguminosa a emplear, debe profundizarse en el conocimiento de algunas características de adaptación edafoclimáticas, agrotécnicas, productivas y de manejo; describiéndose a continuación una síntesis de dicha información en aquellas especies con potencialidad a ser utilizadas en plantaciones de cítricos.

***Arachis pintoi* L.**

El género *Arachis* está restringido naturalmente a Brasil, Bolivia, Paraguay, Argentina y Uruguay. Cerca de 60 de las 80 especies que probablemente existen son endémicas de alguno de los países anteriores (Valls y Simpson, 1995).

Arachis pintoi es una leguminosa estolonífera, de crecimiento postrado perenne y se adapta a un rango amplio de suelos, incluso, a pH de 4,5; soporta el encharcamiento estacional y los períodos de sequía severa, así como las altas cargas (Valdés y Paretas, 1990), presentando un mejor comportamiento en suelos arenosos; con un contenido de materia orgánica superior al 3 % y cuando hay humedad disponible (Argel, 1995).

Resulta difícil y costoso cosechar la semilla subterránea de *A. pintoi*, por tanto se emplea frecuentemente el material vegetativo para su siembra. Los rendimientos de semilla esperados a los 18 meses pueden oscilar entre 1,6 - 3,1 t·ha⁻¹ (Ferguson, 1995). La densidad de semilla a emplear en su siembra oscilan entre 10 - 15 kg·ha⁻¹. Esta leguminosa presenta un lento establecimiento, especialmente cuando la siembra se realiza a partir de material vegetativo.

Su forraje tiene un alto valor nutritivo y tolera muy bien la sombra, por lo que es muy utilizada como cobertura en diferentes cultivos arbóreos (CIAT, 1993). De esta leguminosa, pueden esperarse entre 1,2 - 4,1 t de MS·ha⁻¹ (Argel, 1995) y ganancias de peso vivo anuales en novillos que lo consumen entre 250 a 600 kg·ha⁻¹ (Lascano, 1995).

Centrosema pubescens Benth.

Es originaria de Suramérica, muy abundante también en Malasia e Indonesia. Actualmente esta muy difundida en todo el trópico y en Suramérica existen 50 o más variedades o ecotipos.

Es una leguminosa perenne, muy vigorosa y hojosa, rastrera y trepadora, que forma un césped muy denso (Paretas y Valdés, 1990), adaptándose a regiones muy húmedas (superior a 1 700 mm) y también a un régimen de lluvia alrededor de 800 mm. Su sistema radical profundo le confiere resistencia a la sequía y a periodos cortos de encharcamientos.

Crece bien en una amplia gama de suelos, desde los loams arenosos hasta los arcillosos, presentando su mejor adaptación en suelos Fersialíticos Pardos Rojizos (Paretas *et al*, 1990), su pH óptimo esta entre 4,9 a 5,5.

Como es de establecimiento lento, Reynolds (1994) recomienda siembras en suelos con preparación completa para producir un pastizal vigoroso. Este autor señala un desarrollo lento en condiciones de sombra en un primer estadio posterior a la siembra, pero las plantas adultas resultan tolerantes a la sombra (Skerman , 1977).

El rendimiento de masa seca alcanza de 10 a 13 t·ha⁻¹ cuando se siega y en pastoreo brinda disponibilidades de 4,0 - 6,0 t·rotación⁻¹ en el período lluvioso y de 1,2 - 1,8 t en el período poco lluvioso.

Las variedades de *C. pubescens* presentan un alto potencial para producción de semillas, sobre todo cuando se siembran con tutores, lo que asegura su diseminación rápidamente.

Clitoria ternatea L.

Esta planta es originaria de América tropical, aunque también se reporta su origen en Asia tropical. Es arbustiva en su base, pero trepadora si encuentra tutores. Es perenne, de crecimiento vigoroso en el verano.

Se adapta a regiones de más de 400 mm de lluvias y tiene su óptimo con 1 500 mm de precipitación, aunque no tolera el encharcamiento. Crece en variedad de suelos, desde los arenosos hasta las arcillas negras (Paretas *et al.*, 1990), pudiendo tener cierta tolerancia a la salinidad (Skerman, Cameron y Riveros, 1991).

Después de sembrada, las plantas son vigorosas y crecen rápido en un ambiente cálido y húmedo, produciendo una cubierta densa a los 4 - 6 meses.

Su potencial de producción es de 10 - 16 t de MS·ha⁻¹. Por su alta palatabilidad no se recomienda explotar en cultivo puro para pastoreo.

Neonotonia wightii (Arn.) Lackey.

Es originaria de África, bien adaptada a condiciones tropicales y subtropicales. Es una leguminosa perenne y rastrera, con raíces profundas. Tiene tallos pubescentes y bien ramificados, que enraizan en los nudos y entrenudos produciendo numerosas raicillas que nodulan bien.

Se adapta a regiones con una precipitación de 800-1 500 mm, requiere suelos fértiles, bien drenados, con un pH entre 6,5-7,0. No resiste la aridez, ni el encharcamiento, ni los suelos muy ácidos (Paretas *et al.*, 1990). Presenta un establecimiento inicial lento (Whiteman, 1980), pero una vez establecido es bastante persistente.

Resulta tolerante a la sombra, así Ludlow (1980) la clasifica en tercer lugar después de *D. intortum* y *C. pubescens*.

Cuando la planta está bien establecida, presenta una raíz principal profunda y persistente (Skerman *et al.*, 1991). De *N. wightii* pueden esperarse rendimientos de 12-18 t de MS.ha⁻¹ bajo corte, aunque resulta más apropiada para pastoreo.

Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.

Es nativa del Sudeste Asiático, Malasia e Indonesia y actualmente está dispersa por el trópico húmedo. Crece en regiones hasta con 800 mm de lluvias, pero encuentra su óptimo con una precipitación mayor a 2 000 mm. Tolerancia el encharcamiento y se deprime mucho con la sequía (Paretas *et al.*, 1990); esta leguminosa se adapta a suelos de variadas texturas, aunque no a las arcillas muy pesadas. No tolera la salinidad y su pH óptimo está entre 4,0 - 5,0, aunque crece bien hasta pH de 6,5.

Aunque su germinación y desarrollo en el primer estadio de la planta son lentos, una vez establecido se desarrolla muy rápidamente pudiendo formar una cubierta muy completa en 3 a 4 meses, de aquí su empleo como cultivo de cobertura (Reynolds, 1994). Este autor reporta a *P. phaseoloides* como tolerante a la sombra.

Stylosanthes guianensis (Aubl.) Sw.

El género *Stylosanthes* posee 30 especies tropicales, especialmente de África y Brasil. El *S. guianensis* procede de Brasil.

Es una planta perenne y herbácea, con una raíz principal que puede alcanzar 1 m de profundidad. Sus tallos son pubescentes en forma de ramas y se tornan postrados bajo pastoreo y leñosos en la base a medida que maduran.

Puede prosperar con una precipitación anual de 2 500 mm, pero sobrevive con 650 mm de lluvia y una estación seca de 7 a 8 meses. Es una leguminosa muy tolerante a las condiciones de baja fertilidad y puede crecer en suelos ácidos o ligeramente ácidos (Paretas *et al.*, 1990).

Aunque Gregor (1972) identificó al *Stylosanthes* como una especie tolerante a la sombra, tras ensayos de comprobación con un 46 % de sombra artificial, otros investigadores han indicado que los rendimientos del *Stylosanthes* se veían reducidos por la sombra (Ranacou, 1972; Eriksen y Whitney, 1977, 1982).

Ludlow (1980) clasificó al *Stylosanthes* como la leguminosa menos tolerante a la sombra al compararla con siete leguminosas. Los rendimientos relativos con 100, 70, 45 y 27 por ciento de luz del día fueron de 100, 50, 27, 12 % respectivamente (Eriksen y Whitney, 1982).

Teramnus labialis (L.F.) Spreng.

Es originaria de América tropical, y está representada por varios ecotipos en Cuba, Jamaica, Haití, Barbados, Colombia, Brasil, Paraguay y Argentina, pero poco frecuente en Centro América; en Cuba se encuentra muy abundante en las provincias orientales.

Es una planta perenne de tallo fino, estolonífera, que enraíza en los entrenudos y voluble. Tiene una alta persistencia en un amplio rango de suelos (Paretas *et al.*, 1990), exhibiendo el mejor comportamiento en los suelos del tipo loams arenosos fino y aluvial.

En experimentos de corte se han reportado rendimientos entre 10 - 16 t de MS.ha⁻¹, aunque las características de esta leguminosa de poseer estolones y yemas basales a nivel de suelo y de entremezclarse con las gramíneas acompañantes, la hacen una especie eminentemente de pastoreo.

Teramnus labialis puede formar una cubierta densa, se asocia bien con las gramíneas y es bien aceptada por el ganado vacuno (Bogdan, 1977 y Skerman, 1977).

Cantidad y calidad de la semilla

La densidad de siembra para las leguminosas puede variar con la especie, la capacidad de germinación, método de siembra, suelo y precipitaciones (Peralta *et al.*, 1991).

En la mayoría de los países tropicales la disponibilidad de semilla de leguminosas es escasa y en muchos casos difícil de obtener (Spain, 1979; Padilla Crespo y Ruiz, 1998), recomendándose sembrar sólo la cantidad suficiente para lograr un buen establecimiento, aunque en la práctica muchos agricultores suelen sembrar más semillas de la necesaria (Skerman y Rivero, 1992), lo cual encarecería el establecimiento.

Según Skerman *et al.* (1991) la poca densidad de siembra da oportunidad a las especies sembradas de aprovechar la escasa humedad del suelo, este autor recomienda aumentar la densidad de siembra a medida que disminuye la preparación del terreno, sugiriendo aumentar la densidad hasta en 50 %, cuando la siembra se hace a voleo.

Middleton (1970) demostró que la densidad de plantas era proporcional a la densidad de siembra y que sólo las altas densidades de siembra de leguminosas mantenían una proporción satisfactoria de éstas en el pastizal, obteniendo variaciones en la composición botánica con el aumento de la densidad de siembra de una especie en la mezcla, pero no en el rendimiento final de materia seca. Humphreys (1974) sugirió que las densidades de siembra en leguminosas pueden oscilar entre 1-3 kg de SPG.ha⁻¹, lo cual fue corroborado por Ruiz, Ayala, Funes y Bernal (1984).

En los países tropicales, a pesar de la importancia de las leguminosas como un componente del pasto las cantidades de semilla que se producen a escala comercial son insuficientes por lo difícil que resulta su cosecha y beneficio. Es por ello, que utilizar sólo la cantidad de semilla suficiente para lograr un buen establecimiento es de vital importancia.

Según Webster y Wilson (1966) y Clatworthy y Thomas (1977) la densidad de siembra para los pastos de semilla botánica puede variar con la especie, capacidad de germinación, método de siembra, suelo y precipitaciones. Un aspecto que determina la densidad de semilla a utilizar en la siembra es la calidad de esta. En este sentido, la pureza y la viabilidad de acuerdo con Leach, Jones y Jones (1976) son dos factores inherentes a la especie, la cual puede determinar en gran medida, la posibilidad de obtener buenos establecimientos.

Hernández y Pérez (1986) al comparar dos métodos de siembra con densidades de siembra de 1,5, 3,5, 5,5 y 7,5 kg.ha⁻¹ de SPG con un 30 % de germinación en *S. guianensis* obtuvo un mejor comportamiento a favor del método en línea y con la densidad más baja, lo que pudo estar dado por la mejor distribución de las semillas en el surco. Por otro lado, en siembras de *N. wightii* con densidades de 2, 4 y 6 kg.ha⁻¹ de SPG se observó incrementos del número de plantas al aumentar la dosis de semilla, no encontrándose diferencias en otros parámetros como en número de hojas e hijos por planta (Ruiz y Bernal, 1979), desapareciendo con el tiempo las diferencias observadas.

La presencia de cortezas duras o impermeables en las semillas de leguminosas impiden o reducen el contacto fisiológico entre el embrión y el medio, preservando la viabilidad durante largos períodos de tiempo. En este sentido se hace necesaria la utilización de tratamientos escarificadores que posibiliten romper las cortezas duras. Febles, Machines y Padilla (1979) al comparar varios tratamientos sobre la germinación de la semilla de leguminosas, obtuvieron que en *N. wightii*, *M. atropurpureum* y *L. leucocephala*, el mejor resultó el de ácido sulfúrico a concentración de 75 %; no obstante, a pesar de la efectividad de este tratamiento, se han utilizado otros como la escarificación mecánica (Roe y Jones, 1980) y la inmersión de la semilla en agua a 80-90 °C durante dos o tres minutos (Quesada, 1974) con resultados satisfactorios y al mismo tiempo más prácticos.

Preparación del terreno

En esta etapa, se considera el control de la vegetación original, la labranza del terreno, y la aplicación de enmiendas y fertilizantes. (Peralta *et al.*, 1991).

Para el control de la vegetación y la labranza se debe disponer de mano de obra, maquinaria, herbicidas, etc; eligiéndose la alternativa de mediana efectividad y más económica.

Varios investigadores señalan que los mejores resultados en el establecimiento de leguminosas se logran, cuando se hace una preparación óptima del suelo, sin embargo, Spain (1983) indicó que una excesiva preparación del suelo no es recomendable, pues facilita la erosión y la formación de costra que interfiere en la emergencia de la planta. Por otro lado, Alvarez-Solis, Vesga-Cala, Cárdenas y Tasistro (1990) acotan que la labranza permite mayor exposición del suelo a la desecación, lo cual ocasiona que la humedad sea baja y que la temperatura del suelo se incremente. Con el objetivo de atenuar estos efectos desfavorables, Pérez-Domínguez (1989) recomienda la siembra con mínima labranza, por proporcionar un medio adecuado para la germinación de la semilla y para la planta joven, además pone al suelo en condiciones favorables para absorber el agua y resistir la erosión en toda la superficie.

Por otro lado, en los últimos años el sistema de cero labranza ha tenido una amplia aceptación; este consiste en sembrar cultivos en suelos no preparados previamente, abriendo una ranura, surco o banda estrecha solamente del ancho y la profundidad suficiente para obtener una cobertura adecuada de la semilla, no realizándose ninguna otra preparación del suelo en estos sistemas, recomendándose el uso de herbicidas (Phillips y Young, 1979). Según Álvarez-Solis *et al.* (1990) y Primavesi (1992), estos sistemas permiten incrementos en la producción, mejor manejo del agua, reducción del número de labores y de los requerimientos energéticos, reduce el riesgo de erosión y disminuye además la proliferación de hierbas invasoras.

La siembra sin labores de labranza en el suelo, es recomendada por Peralta *et al.* (1991), como una alternativa para recuperar áreas degradadas en algunas zonas de los trópicos húmedos.

No debe perderse de vista que la preparación de un terreno para la siembra de leguminosas incluye el control de la vegetación original y de sus reservas de semilla, así como la mejora física (descompactación) y química del suelo, para favorecer el desarrollo de las plantas que se siembran.

Momento de siembra

El tipo de suelo, los elementos climáticos como la precipitación y la temperatura, la especie y la competencia con las hierbas invasoras, son factores que determinan la mejor época de siembra (Norman, 1966; Jones y Jones, 1971 y Jones, 1975). La determinación del momento óptimo de siembra tendrá como objetivo propiciar las mejores condiciones para la germinación y posterior desarrollo de la planta. Swain (1968) consideró que el suelo debe tener humedad adecuada, debe ocurrir el movimiento del agua del suelo a la semilla en germinación, y la pérdida de agua de ésta no debe ser excesiva, como tres aspectos importantes en la interacción suelo-planta-semilla. Estas consideraciones corroboradas por Jones (1975) deben tenerse en cuenta en los países tropicales donde existen dos épocas bien definidas (período lluvioso y poco lluvioso), sobre todo cuando no se dispone de riego.

Diversos son los autores que reportan la época óptima de siembra de leguminosas en suelos con excelente preparación a partir del mes de septiembre, debido a que en esta época, según señalan Ruiz *et al.* (1995), existe una menor competencia con las malezas, así como una disminución de la presencia de plagas y enfermedades, sin embargo, esto provoca que el período de establecimiento se prolongue hasta nueve meses.

Con el objetivo de reducir el tiempo de establecimiento de las leguminosas, Menéndez *et al.* (1993) recomiendan desarrollar tecnologías para la siembra en período lluvioso. En este sentido Pérez-Carmenate *et al.* (1996) obtuvieron resultados satisfactorios en siembras a finales de abril bajo cubiertas de cocotero (*Cocus nucifera*) en *C. ternatea* y *N. wightii*.

Método de siembra

El método de siembra para las leguminosas dependerá de la agresividad y desarrollo de la especie, la vegetación existente y el tipo de suelo y topografía, además de los equipos disponibles (Ruiz *et al.*, 1986); así los métodos a emplear comprenderán las siembras en línea y a voleo.

Donde las condiciones de suelo y los recursos del agricultor lo permitan la siembra con preparación convencional resulta un método seguro de siembra y puede reducir el tiempo de establecimiento de las especies sembradas en menos de 6 meses. No obstante, el método a emplear debe garantizar que las semillas queden cubiertas por una capa de suelo, para propiciar una emergencia uniforme.

Ruiz *et al.* (1986) señalaron, que la siembra en líneas en suelos firmes y de topografía llana tiene la ventaja de poder obtener una emergencia uniforme, de utilizar densidades menores de siembra, hacer un mejor control de la profundidad de siembra y de la aplicación de fertilizantes de forma localizada. No obstante, Ruiz (1983) obtuvo beneficios económicos en *N. wightii* en siembras a voleo por disminución del tiempo de uso de la maquinaria, la fuerza de trabajo; no resultando necesario el empleo de equipos de siembra especializados, lo cual coincide con Peralta *et al.* (1991), quienes recomendaron la siembra a voleo en regiones donde los costos de la maquinaria son altos.

Hernández *et al.* (1986) al comparar los métodos de siembra en línea y a voleo con diferentes densidades en *S. guianensis* obtuvieron mejores resultados en el establecimiento en las siembras en líneas alcanzando buenos rendimientos y altos porcentajes de la especie en la composición botánica, lo que corrobora los resultados obtenidos por Haggard (1971) utilizando esta especie. Monzote y Hernández (1977) al comparar cuatro métodos de siembra: pase de grada y siembra a voleo, siembra a voleo y pase de grada, máquina de siembra directa y siembra a voleo concluyeron, que la selección del método de siembra depende de las condiciones disponibles de maquinaria, suelo y topografía.

Hernández *et al.* (1986) al comparar dos métodos de siembra con densidades de siembra de 1,5; 3,5; 5,5 y 7,5 kg.ha⁻¹ de SPG con un 30 % de germinación en *S. guianensis* obtuvo un mejor comportamiento a favor del método en línea y con la densidad más baja, lo que pudo estar dado por la mejor distribución de las semillas en el surco. Por otro lado, en siembras de *N. wightii* con densidades de 2, 4 y 6 kg.ha⁻¹ de SPG se observó incrementos del número de plantas al aumentar la dosis de semilla, no encontrándose diferencias en otros parámetros como en número de hojas e hijos por planta (Ruiz *et al.*, 1979), desapareciendo con el tiempo las diferencias observadas.

Ruiz *et al.* (1986) señaló que la siembra en líneas en suelos firmes y de topografía llana tiene la ventaja de poder obtener una emergencia uniforme, de utilizar densidades menores de siembra, hacer un mejor control de la profundidad de siembra y de la aplicación de fertilizantes de forma localizada. No obstante, Ruiz (1983)

obtuvo beneficios económicos en *N. wightii* en siembras a voleo por la disminución del tiempo de empleo de la maquinaria y la fuerza de trabajo; no resultando necesario el empleo de equipos de siembra especializados.

Otro de los aspectos a considerar al sembrar leguminosas es la profundidad. Las siembras muy profundas no logran la llegada de la planta a la superficie. Por otra parte, la rápida desecación de la capa superficial del suelo puede traer como consecuencia que en siembras a voleo muy superficiales las semillas no tengan el agua suficiente para germinar y poder sobrevivir las plantas jóvenes sin que sean dañadas por las fuertes insolaciones tropicales y las elevadas temperaturas de la capa superficial del suelo.

Manejo después de la siembra

Con la siembra de la semilla no se concluye el proceso de establecimiento de un pastizal. La fase posterior a la siembra es también importante para asegurar el éxito del establecimiento y del pastizal en el futuro.

Para lograr la persistencia de leguminosas no basta con una buena siembra, sino que es necesario un buen manejo durante las primeras etapas de su desarrollo. Con este objetivo, según Ruiz *et al.* (1986) deben considerarse los siguientes aspectos: especies de pastos sembrados, requerimiento nutritivo, control de malezas, control de plagas y enfermedades, comienzo de la explotación y época del año.

Ruiz *et al.* (1979) al realizar cortes altos (15-20 cm) y poco frecuentes (12 semanas) durante el primer año después de la siembra en *N. wightii*, obtuvieron un adecuado establecimiento, comparado con el sistema donde no se realizaron cortes, reportándose un rendimiento cinco veces superior al obtenido mediante el reposo durante todo el primer año. Con la utilización de este método se logra que la especie enraíce en los estratos inferiores del suelo (Ruiz *et al.*, 1984). Por otro lado, este sistema de cortes altos y poco frecuentes es efectivo en el control de malezas, resultando superior a los métodos químicos o mecánicos.

El comienzo de la explotación es otro de los aspectos a tener en cuenta. En este sentido debe considerarse la especie, su hábito de crecimiento, la altura y el anclaje que las plantas hayan podido alcanzar durante el período de establecimiento.

Ruiz (1986) al comparar el inicio de la explotación de *N. wightii* a los 9, 12 y 15 meses no encontraron diferencias significativas para la disponibilidad entre tratamientos, observándose un mejor comportamiento en el menor período desde la siembra hasta el inicio de la explotación. Cuando la leguminosa es irrigada, el comienzo de la explotación puede ser disminuido a 6 meses posterior a la siembra (Ruiz, Pereiro, Díaz y González, 1985, citados por Ruiz *et al.*, 1986).

Durante el establecimiento de las leguminosas, otro aspecto a considerarse son los requerimientos de nutrientes. La fertilización de leguminosas es compleja, ya que contempla necesidades para la planta, la bacteria y el mecanismo de simbiosis entre ambos. Así, los nutrientes afectarán a través de la formación y funcionamiento del nódulo y de la planta la formación de proteínas y el crecimiento.

López y Taboada (1979) al comparar el efecto de la inoculación y la fertilización nitrogenada en el desarrollo de *N. wightii*, *M. atropurpureum*, *D. intortum* y *C. pubescens* en suelos Pardo Grisáceo y Ferralítico rojo, obtuvieron incrementos en los rendimientos en alrededor del 27 % en suelo Pardo grisáceo, sin encontrarse efecto atribuible a la aplicación de nitrógeno (50 kg.ha⁻¹). Sin embargo, por la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico por medio de sus bacterias nodulares, el empleo de nitrógeno en leguminosas no resulta una opción económica, en este sentido, una nodulación rápida y efectiva con la cepa de *Rhizobium* apropiada, constituye un factor esencial para el establecimiento y crecimiento vigoroso de las leguminosas, no obstante, Tang (1986) sugiere aplicaciones de pequeñas cantidades de nitrógeno pues estas pueden estimular la nodulación y de esta forma mejorarse el proceso de fijación simbiótica con incrementos en los rendimientos.

El fósforo resulta un elemento importante en la producción de proteína e interviene en el desarrollo radical y de los brotes, por lo que es un elemento que puede afectar el establecimiento de leguminosas en suelos deficientes en este macronutriente. Ruiz y Ayala (1978) determinaron que el nivel más adecuado de fósforo para *N. wightii* resultó 30 kg.ha⁻¹ al comparar el efecto de los niveles 0, 30, 60, 90, 120 y 150 kg.ha⁻¹ en tres suelos tropicales; por otro lado, Spain (1983) recomendó para el establecimiento y mantenimiento de leguminosas en suelos de pH ácido, niveles entre 25 y 100 kg.ha⁻¹ de fósforo de acuerdo a la exigencia de la especie. Por otra parte, Crespo y Curbelo (1990) recomiendan aplicar no más de 25 kg.ha⁻¹ de fósforo para el establecimiento de *S. guianensis* en suelos Ferralítico cuarcítico amarillo rojizo lixiviado y un nivel crítico para esta especie de 0.16 %.

Por todo lo anteriormente señalado, para lograr un rápido establecimiento y perennidad de las leguminosas herbáceas, es necesario considerar un conjunto de aspectos entre los que se destacan desde la selección de la especie según las condiciones del agroecosistema, los sistemas de siembra que permitan el contacto del suelo con la semilla y logren el control de malezas en la etapa inicial del establecimiento, el momento de iniciar la explotación, así como las exigencias nutritivas de estas, todo lo cual coadyuvará a lograr acortar los plazos de establecimiento, favoreciendo la economía de los sistemas con el empleo de leguminosas.

1.2.-Uso de leguminosas en sistemas de policultivo en plantaciones perennes

Los sistemas de policultivo o cultivo múltiple son sistemas en los cuales dos o más especies de plantas se plantan con suficiente proximidad espacial para dar como resultado una competencia interespecífica y/o complementación (Altieri, 1985). Estas interacciones pueden tener efectos inhibitorios o estimulantes en los rendimientos.

Según Vandermeer (1989), todo sistema de policultivo está basado en dos leyes fundamentales: la ley de producción competitiva y la del mecanismo de facilitación. La primera se basa en que dos cultivos que no están compitiendo fuertemente entre ellos es mejor producirlos en policultivos que en monocultivos separados, en tanto el último se refiere al hecho de que un cultivo facilita al otro y hay un beneficio aportado a un cultivo por la presencia del otro, éste es el uso de policultivos de leguminosas con cultivos que no lo son, donde hay dos diferentes fuentes de nitrógeno, una del aire para la leguminosa. Si la leguminosa le proporciona nitrógeno a la especie no leguminosa, resulta un caso de facilitación (Vandermeer, 1991).

Jeavons (1991) define a la asociación de plantas como la siembra conjunta de éstas, que tienen demandas físicas complementarias, pudiéndose orientar en varios sentidos: salud, nutrición, complementaridad y relaciones con malezas, insectos y animales.

Gregor (1972), Hunphreys (1978), Whiteman (1980) y Reynolds (1994), reportaron el potencial existente al integrar pastizales en cultivos arbóreos como la palma de aceite (*Elaeis guianensis*), árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*), clavo (*Eugenia aromatica*), anacardo (*Anacardium occidentale*), cola (*Cola nitida*), capoc (*Ceiba aromática*) y en diversos árboles frutales y forestales. En la mayoría de estos alrededor del 70 % del suelo se encuentra subutilizado (Nair, Varma y Nelliatt, 1974), por lo que la siembra de otros cultivos en asociación pudiera elevar el uso equivalente de la tierra en estos sistemas.

Harwood (1986) indicó que los cultivos perennes ofrecen muchas ventajas para los sistemas de cultivos múltiples. En suelos de baja fertilidad, donde los cultivos anuales sin una buena fertilización podrían agotar en poco tiempo los nutrientes disponibles, los cultivos perennes pueden mantener un alto nivel de productividad continua. Después de cierto número de años los árboles acumulan grandes cantidades de nutrientes y sus extensos sistemas de raíces son capaces de aprovechar la humedad del suelo y los nutrientes. Además, los árboles reciclan los nutrientes por medio de un sistema cerrado: dejan caer hojas y ramas, y luego absorben los productos de su descomposición desde las capas superiores.

En estos sistemas, los cultivos de cobertura se emplean para proteger la capa superficial del suelo contra el impacto de las lluvias torrenciales y la erosión por agua o viento, contra la insolación y las fuertes fluctuaciones de temperatura. Además para sofocar la proliferación de plantas indeseables. En el caso específico de las leguminosas, estas pueden enriquecer al suelo con el nitrógeno que fijan las Rizobacterias tomándolo de la atmósfera y pasándolo a los nódulos radicales. La fijación de nitrógeno por las leguminosas tropicales varía desde 50-300 kg/ha (Nutman, 1976).

Para la introducción de leguminosas en cultivos perennes es necesario tener en cuenta la adaptación de las especies a los niveles de sombra del cultivo principal. Sillar (1967) demostró que la reducción de la intensidad luminosa hasta el 74 % de la luz del día ocasionaba una clara disminución tanto en la producción de materia seca de la parte aérea (47 % de disminución), como en la materia seca de la parte radical (44 % de disminución) de *S. humilis*; Ludlow (1980) basándose en el rendimiento bajo sombra propone a *D. intortum*, *C. pubescens*, *N. wightii*, *D. canum*, *L. leucocephala*, *M. atropurpureum* y *S. guianensis*, mientras que Reynolds (1994) sugirió a *C. pubescens*, *M. atropurpureum*, *P. phaseoloides*, *C. mucunoides*, *S. guianensis* para áreas de cocotero, donde sólo llegan escasos niveles de luz al sotobosque.

La incorporación de hierbas indeseables naturales tiene efectos similares al del empleo de cultivos de cobertura y de abonos verdes, pero estas reúne raras veces todas las buenas características de la cobertura escogida para el suelo o de los abonos verdes, y a veces tienen efectos nocivos en el cultivo agrícola.

De forma análoga a las hierbas indeseables, los cultivos de cobertura pueden utilizar agua y nutrientes minerales para su desarrollo, por lo que compiten con el cultivo principal para aprovechar estos recursos. En los climas tropicales húmedos, la pluviosidad resulta suficiente para el cultivo principal y para el cultivo de cobertura. Por otro lado, en climas con una temporada seca acentuada, la situación es diferente; en estas condiciones un cultivo de cobertura puede tener una influencia negativa en los rendimientos al retirar del suelo agua que luego pudiera necesitar el cultivo principal.

Simmonds (1973) hace referencia a que por regla general las especies pertenecientes al género **Leguminosae** resultan poco competitivas para el cultivo del banano; para este cultivo, Deat (1982) señaló la utilidad del uso de coberturas vivas tales como *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *Tithonia diversifolia* e indicó la posible utilización de *S. guianensis* y *Glicine max* por otro lado, en Chile, Vaughan (1991) reportó el uso de

Desmodium para sustituir las hierbas indeseables de los cafetales, aumentando los rendimientos del grano entre un 20 y 25 %, proporcionando a la vez un recurso importante para forraje.

Carrad (1977) reportó que la introducción de *Desmodium triflorum* en una finca de cocoteros tuvo un notable efecto sobre la producción de copra, lográndose un incremento del 34 % al quinto año de introducida atribuido a tres factores: fijación de nitrógeno por la leguminosa, una especie menos competitiva o el efecto del cultivo traducido en una mayor aireación y en la liberación de nutrientes, o una combinación de los tres.

Arachis pintoj ha resultado una excelente opción como cultivo de cobertura en plantaciones de cítricos (Guzmán, Valles, Castillo y Sandoval, 1996) en México, en café, banano y palma de aceite (de la Cruz, Suárez y Ferguson, 1995), el cual ha demostrado su capacidad en el control de malezas, nemátodos, alto potencial de fijación de nitrógeno, así como protector y mejorador del suelo.

Se han logrado algunas experiencias en la utilización de leguminosas como cultivo protector. La utilización de *P. phaseoloides* entre líneas de sisal en un suelo franco rojo sobre gneis, aumentó el rendimiento del sisal en 48 % con respecto a un cultivo escardado entre líneas. Además, de proteger al suelo contra la erosión, la leguminosa estimuló el más precoz despliegue de las hojas de sisal y añadió al suelo 635 kg de nitrógeno por hectárea, lo que equivalía a la aplicación de 1.4 t de urea.ha⁻¹. A los 74 meses, el carbono orgánico del suelo había aumentado de 1,85 a 2,96 % bajo la protección de *P. phaseoloides*, y la totalidad de nitrógeno de 0,163 a 0,248 % (Rijkebusch, 1967 citado por Skerman *et al.*, 1991).

1.3 Contribución de las leguminosas herbáceas como cobertura del suelo en sistemas de explotación agrícola

Los costos crecientes de los fertilizantes nitrogenados y la necesidad de mejorar los suelos y conservar los recursos naturales imprimen cierta urgencia al empleo de las leguminosas forrajeras tropicales. La creciente demanda de alimentos se ha venido satisfaciendo a través de la ampliación de la superficie de tierra cultivada, sin embargo, las tierras arables sin cultivar van escaseando, esta solución es cada vez menos viable por lo que hay que dirigir principalmente la atención a elevar la productividad de la tierra ya en cultivo y a mantener o mejorar su potencial. La tendencia mundial con respecto al uso de las tierras va dirigida a mejorar la productividad de la tierra no apta para el cultivo y crear sistemas complementarios de aprovechamiento de tierras, con el objetivo de elevar y diversificar la producción total.

Según Skerman *et al.* (1991), la necesidad de proteger el suelo contra los efectos erosivos de las precipitaciones intensas y de contribuir al mantenimiento de la fertilidad, fue la causa de que la agricultura de plantación introdujera el sistema de sembrar un cultivo de protección de leguminosas perennes de crecimiento rápido entre hileras del cultivo principal de plantación; dicho cultivo según lo referido, además de proteger al suelo, aumentaba la fertilidad mediante la mineralización de las hojas de las leguminosas caídas anualmente y la acumulación de nitrógeno combinado por la fijación simbiótica de éste por los nódulos que crecen en las raíces de las leguminosas.

Las leguminosas como abono verde, resultan otra alternativa de uso en la agricultura, cuya práctica consiste según Chávez (1986) en la incorporación de una masa vegetal no descompuesta de plantas cultivadas, con el objetivo de restaurar y/o preservar la productividad del suelo. En este sentido, Da Costa (1991) da a conocer un concepto más amplio, argumentando que son plantas utilizadas en rotación, sucesión o asociación con los cultivos, que incorporadas al suelo o dejadas en la superficie son capaces de mantener o mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Efectos sobre las propiedades físicas de suelo

Las leguminosas influyen directamente sobre las características físicas de los suelos: la estructura, capacidad de retención del agua, densidad, velocidad de infiltración y aireación (Cancio, Peña y Peña, 1989). El uso de leguminosas como cobertura vegetal resulta un factor importante en la conservación del agua en los suelos, en la mejoría de la infiltración y el drenaje y en la disminución de la evaporación, permitiendo una mayor penetración del sistema radical, así como un mayor aprovechamiento del volumen de agua (Igue, Fuente y Bontemiza, 1984).

Fancelli (1990) y Da Costa (1991) señalaron que existen leguminosas que actúan como subsoladores biológicos, ya que presentan raíces poderosas capaces de romper las capas profundas del suelo como por ejemplo: *Lupinus*, *Cajanus cajan*, *Crotalaria* y la *L. leucocephala*, en este sentido, la utilización del caupí intercalado en el cultivo de la malanga, mejoró las condiciones físicas del suelo como la estructura, densidad y aireación según lo reportado por García, Treto, y Álvarez (1994).

Para que existan condiciones óptimas de producción, es necesario crear condiciones favorables a la planta y especialmente a la raíz por donde la planta se abastece de agua, y asimila sustancias de crecimiento,

nutrientes, etc; por lo tanto cualquier barrera que impida el libre desarrollo radical representa una limitante a todo el desarrollo vegetal. Ferreira, Pereira y Melo (1977) demostraron que con el aumento de la densidad aparente del suelo (a partir de 1.2 g.cm^{-3}) la raíz de las plantas de cacao encuentran dificultades de penetración, reflejándose en el desarrollo de éstas. Según Primavesi (1984) los incrementos de la densidad aparente del suelo y por ende su compactación está influenciado por la pérdida de su estructura debido a que los agregados pierden estabilidad, lo que deriva en bajos rendimientos de los cultivos. Stauffer (1940, citado por Primavesi, 1984) obtuvo beneficios en la densidad del suelo y en el rendimiento del maíz, cuando se incluyó leguminosas en la rotación.

El uso de cultivos protectores por medio de una leguminosa permite mantener la bioestructura del suelo o la presencia de grumos o agregados; éstas depositan materia orgánica a través de la deposición de hojarasca en el suelo la cual se descompone por la acción de bacterias aerobias, influyendo éstas en la cantidad y estabilidad de los grumos (Sauberan, Molina y Lundenbeg, 1968 y Primavesi y Primavesi, 1973), aumentando además la porosidad y la aireación del suelo (FAO, 1983); al mismo tiempo, estas coberturas de forrajeras pratenses, producen permanentemente radículas nuevas, que después de poco tiempo mueren y excretan ácidos poliurónicos que en condiciones semiaerobias del suelo, son descompuestas por actinomicetos, conocidos como los más estabilizadores de humus.

Según Primavesi (1984), un suelo grumoso bien agregado, presenta muchos macroporos por los cuales circula aire, se infiltra agua y se expanden las raíces, por ello un suelo protegido por leguminosas tendrá una mejor estructura y una mayor capacidad de almacenamiento de agua.

Efecto sobre las propiedades químicas

Los principales efectos esperados con la utilización de leguminosas como cultivos de cobertura según Duque *et al.* (1986), Primavesi (1990) y Da Costa (1991) son los siguientes:

- aumento del contenido de materia orgánica del suelo a lo largo de los años.
- disminución del lavado de nutrientes y de su mayor disponibilidad, principalmente del nitrógeno, a través de su adición al suelo mediante la fijación biológica.
- incremento de la capacidad de reciclaje y movilización de nutrientes lixiviados, que se encuentran en las capas más profundas del suelo y que no pueden ser aprovechados por cultivos con sistema radical superficial.
- elevación del pH del suelo.
- ayuda en la formación de ácidos orgánicos fundamentales en el proceso de solubilización de minerales del suelo.
- movilización de formas estables de fósforo y potasio, convirtiéndolas en formas asimilables para las plantas.

Por materia orgánica se define toda sustancia muerta en el suelo, que provenga de plantas, microorganismos, excreciones animales, ya sea de la meso y macrofauna. La materia orgánica es indispensable para el mantenimiento de la micro y mesovida del suelo, de la presencia de ésta en proceso de descomposición o humificada va a depender la bioestructura y la productividad del suelo (Primavesi, 1984).

Una de las fuentes principales de nitrógeno asimilable resulta la materia orgánica humificada según Henzell (1968). Este autor afirma, que la transferencia del nitrógeno desde la leguminosa al cultivo asociado ocurre principalmente por senescencia, muerte y descomposición del material vegetal. Se ha comprobado que en *C. pubescens* y *D. intortum* la caída de las hojas resulta la fuente más importante de nitrógeno que la lixiviación de los ápices de la leguminosa viva o la liberación de los nódulos y raíces después de la desfoliación (Whitney y Kanechiro, 1967).

La mineralización de la materia orgánica libera elementos nutritivos incrementando así la fertilidad del suelo, reduciendo la fijación de nutrientes y su disponibilidad (FAO, 1983). Según Igue *et al.* (1971) la descomposición de la materia orgánica lleva consigo cambios en el contenido de nitrógeno y fósforo orgánico de los suelos, verificándose su influencia sobre los rendimientos.

La productividad y eficiencia de la agricultura en el trópico está limitada por la disponibilidad de nitrógeno, a pesar de que la materia orgánica del suelo contiene cantidades relativamente grandes de este elemento. Esto se explica por la deficiente tasa de mineralización a la cual el nitrógeno se hace disponible para la nutrición de las plantas. Según Crespo, Aspiolea y López (1986), un medio efectivo de mejorar la productividad de los cultivos es con la aplicación de fertilizantes nitrogenados, sin embargo, por sus costos la opción más económica y viable es el nitrógeno suministrado por las leguminosas, ésto corrobora lo planteado por Ruschel (1983), quien afirmó que la fijación del nitrógeno atmosférico es una de las principales posibilidades para el

mejoramiento de los suelos en áreas tropicales. El sistema simbiótico *Rhizobium-leguminosa* puede producir más del 50 % del nitrógeno de la planta.

En la literatura se han discutido ampliamente los niveles posibles de fijación de nitrógeno por las leguminosas, lo cual estará en dependencia de numerosos factores que pueden influir en la simbiosis *Rhizobium-leguminosa*. Henzel (1968) estimó que $280 \text{ kg N.ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ era el límite superior para la fijación de nitrógeno por una leguminosa tropical bien desarrollada, mientras que López y Sistachs (1986) indicaron promedios de fijación de nitrógeno por las leguminosas tropicales entre 100 y $200 \text{ kg.ha}^{-1}\text{año}^{-1}$.

Skerman *et al.* (1991) indicó, que para rendimientos de $1,0$ a $5,5 \text{ t de MS.ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ de leguminosas se pueden esperar proporciones de fijación de nitrógeno asociados a esos rendimientos alrededor de 20 a $180 \text{ kg.ha}^{-1}\text{año}^{-1}$. En Brasil, estudios realizados por Smith, Cravo y Melgar (1991) durante tres años consecutivos para determinar el valor de la sustitución de la fertilización nitrogenada y la influencia de las leguminosas, comprobaron que el principal valor de sustitución fue de 74 kg.ha^{-1} para mucuna (*Stizolobium aterrimum*) y por indigófera (*Indigofera tinetoria*). Este nitrógeno fijado se aprovecha primeramente para el crecimiento de las plantas leguminosas y luego contribuye, a través del suelo, a los cultivos asociados (Skerman *et al.*, 1991). En las condiciones naturales el proceso de fijación depende también de otros factores muy dinámicos del medio ambiente que incitan grandes oscilaciones en la actividad del proceso: suministro de M.O., humedad y temperatura del suelo resultan los determinantes. Yágodin (1986) señaló, que el descenso de hasta 2°C o reducción de la humedad hasta 3% decrece enérgicamente la cantidad de nitrógeno fijado y la aplicación conjunta de los tres factores va acompañada de un violento desarrollo del proceso de fijación.

Los cultivos protectores de leguminosas movilizan nutrientes de compuestos no aprovechables (Watson, 1962). Ejemplo de ello es la movilización del fósforo a través de los aminoácidos excretados por las raíces y que actúan como quelantes (Wollert, Kickuth y Scheffer, 1964), ya sea por micorrizas o por bacterias de la rizosfera o desde compuestos fosfóricos difícilmente accesibles (Yágodin, 1986).

Efectos biológicos sobre el suelo

Las coberturas vivas de leguminosas permiten una diversificación de la vida del suelo. Entre los microorganismos se pueden encontrar bacterias, hongos y actinomicetos, pero también protozoarios, la fauna del suelo y las raíces; todas necesitando materia orgánica para su subsistencia, además de utilizar excreciones radicales de las plantas, excreciones de la fauna edáfica o los propios microorganismos.

La mayoría de los componentes de la mesofauna y muchos de la macrofauna mejoran el suelo, en especial en lo que respecta a la movilización de nutrientes, a través de enzimas y el mejoramiento de la estructura, la activación de la microvida, viéndose estos favorecidos en coberturas de leguminosas (Primavesi, 1984).

En presencia de una meso y macrofauna activa, hay menos posibilidad de proliferación de hongos en el suelo, porque los primeros degradan la estructura de lignina y celulosa, reduciéndose de esta forma, el peligro de enfermedades fúngicas.

En el suelo puede elevarse sustancialmente el contenido de calcio por la presencia de hormigas, lombrices, ciempiés y algunas larvas de dípteros debido a que estos presentan glándulas calcíferas, y de esta forma pueden enriquecer su alimento con calcio (Primavesi, 1984).

Varios exponentes de la macrofauna del suelo que se desarrollan bajo coberturas de leguminosas, cavan el suelo con toda facilidad (hormigas, termitas, larvas de coleópteros, ciempiés y chinches), incrementando así la porosidad de éstos. Bajo estas condiciones la lombriz de tierra actúa en la redistribución de residuos en el perfil del suelo (Ehlers, 1975), abriendo galerías o canales que permiten una mejor aireación e infiltración del agua y una mayor exploración por el sistema radical de los cultivos.

El aumento de la materia orgánica del suelo a través de las coberturas de leguminosas, posibilita la diversificación de la vida del suelo, incrementándose en estos, el proceso de humificación de nutrientes, la fijación del nitrógeno atmosférico, se eleva la capacidad de retener agua, la aireación adecuada, su permeabilidad y su potencial productivo de todo lo cual dependerá la vida del suelo.

Capítulo II. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en una plantación de naranja valencia (*Citrus sinensis*) en producción de 22 años de edad, con marco de plantación 8 x 4 m en un suelo Ferralítico rojo (ACC, 1979) con pH 5.7 y un contenido de P_2O_5 y K_2O de 0,76 y 21,53 mg.100 g⁻¹ de suelo respectivamente, perteneciente a la UBPC El Tesón, de la Empresa Cítrico - Ciego en la provincia Ciego de Ávila desde julio de 1995 hasta abril de 1997.

Los árboles de cítrico, dado su desarrollo fenológico, permitían sólo un 26 % de transmisión de luz como promedio, en relación con las áreas abiertas del agroecosistema en estudio, determinándose por la metodología descrita por Carvalho, Freitas y Andrade (1995).

Las condiciones climáticas que prevalecieron durante el período experimental se pueden observar en la fig. 1, resultando la temperatura máxima promedio para todo el período de 30,6°C, la temperatura mínima promedio de 20,4 °C mientras que la cantidad de lluvia caída durante todo el período experimental fue de 2 485,8 mm.

Experimento 1

Con el objetivo de definir un sistema de siembra para establecer leguminosas herbáceas perennes en áreas de cítrico, se evaluaron diferentes sistemas de siembra para el establecimiento de leguminosas herbáceas como cobertura en el período lluvioso.

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con 4 réplicas y arreglo de parcela dividida.

Tratamiento (sistemas de siembra)

- 1.- Herbicida + Siembra + Grada (Herb.+S+Gr) - SS1.
- 2.- Herbicida + Grada + Siembra+ Grada (Herb.+Gr+S+Gr) - SS2.
- 3.- Grada +Siembra +Grada (Gr+S+Gr) - SS3.

Subtratamientos (leguminosas):

- 1.-*N. wightii* cv. Tinaro.
- 2.-Mezcla (*N. wightii*, *S. guianensis* y *C. ternatea* al 33 % de su densidad de siembra).
- 3.-*S. guianensis* CIAT 184.
- 4.-*C. ternatea* SN - 139.

Como herbicida se utilizó el glyphosate (Round up) a razón de 5 l.ha⁻¹, el cual fue aplicado 15 días con anterioridad al momento de la siembra. Este resulta un potente herbicida sistémico postemergente no residual y carece de selectividad (Labrada, 1987), de baja toxicidad para la fauna silvestre, no tiene acción de preemergencia al cultivo en caso de siembras de cero labranza (Muñoz, 1991). Este herbicida es utilizado actualmente en la tecnología del cultivo de cítrico.

La grada utilizada fue del tipo ligera (555,6kg), empleándose dos pases por calle de cítrico en los sistemas donde fue utilizada.

La siembra se efectuó en el mes de julio de 1995, empleándose el método de siembra a voleo. La escarificación de la semilla se realizó según lo recomendado por Yañez y Funes (1989) para cada especie en estudio, y su inoculación con las cepas específicas de *Bradyrhizobium* sp., empleándose una densidad de siembra de 2 kg de SPG.ha⁻¹.

El fertilizante fosfórico se incorporó en el momento de la siembra a razón de 50 kg.ha⁻¹, utilizando como fuente el superfosfato simple. El potasio se aplicó a razón de 50 kg.ha⁻¹ 28 días después de la siembra a voleo, para lo cual se utilizó cloruro de potasio como portador.

Cada parcela experimental tuvo 64 m² e incluyó dos árboles de cítrico y las dos calles aledañas.

A las 12 y 48 semanas posterior a la siembra, en el 5 % de la parcela con un marco de 1 m², se realizaron cortes a una altura de 15 cm del suelo para determinar el rendimiento de biomasa de las leguminosas y malezas asociadas a estas (kg de MS.ha⁻¹) y la composición botánica por la relación del peso seco (Senra y Venereo, 1986).

Experimento 2

Para evaluar el efecto de las leguminosas herbáceas *N. wightii* cv. Tinaroo, *S. guianensis* CIAT 184, *C. ternatea* SN-139 y *A. pintoii* CIAT 17434 sobre algunas propiedades físico-químicas del suelo, así como su efecto sobre el comportamiento productivo de la plantación de cítrico, se asumió un tratamiento control, el cual consistió en la cobertura natural.

Se empleó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y cuatro réplicas; considerándose los factores tipo de cobertura, profundidad y época de muestreo para las variables de química de suelo; en el caso de la hojarasca, análisis foliar, producción de frutos y calidad del jugo se consideraron como factores el tipo de cobertura y la época de muestreo, tomándose como unidad experimental la parcela de 64 m², donde se incluyeron dos árboles de cítrico y el área aledaña de la calle.

El sistema de siembra empleado fue el de Herb.+S+Gr descrito en el experimento I, excepto para A. pinto, el cual fue sembrado en surcos superficiales (5 cm de profundidad) a distancias de 50 cm y densidad de siembra de 10 kg.ha⁻¹, teniendo estas parcelas el efecto del herbicida empleado. La siembra se efectuó en julio de 1995.

Las muestras para el análisis de química de suelo se tomaron al finalizar el período lluvioso de 1996 (60 semanas posteriores a la siembra) y al finalizar el período poco lluvioso de 1997 (84 semanas). La toma de muestra para la determinación de las propiedades físicas se realizó a las 60 semanas. La cosecha del cítrico se efectuó en los meses de febrero de 1996 y 1997.

Las metodologías empleadas se describen a continuación:

Propiedades físicas

Para el estudio de las propiedades físicas del suelo se utilizaron las metodologías descritas por Kaurichev (1984).

Densidad del suelo- mediante muestras de estructura no alterada

Densidad de la fase sólida- por el método del picnómetro desplazando el agua de la muestra obtenida del suelo

Porosidad del suelo- a partir de la densidad de la fase sólida y la densidad del suelo, según la siguiente fórmula;

$$Pt = (1 - \frac{dv}{D}) \times 100$$

dv.- densidad del suelo (g.(cm³)⁻¹).

D.- densidad de la fase sólida (g (cm³)⁻¹).

Estructura del suelo- se realizó el análisis de los agregados por el método seco, a partir de los resultados se calculó el coeficiente de estructura (Ke).

Propiedades químicas

Para la determinación de las propiedades químicas estudiadas se tomaron muestras de suelo de los horizontes de 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad en diez puntos de la parcela con una barrena perforadora. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 2 mm.

Las técnicas de análisis empleadas se tomaron de la NR 279 del MINAG (1980).

Materia orgánica- se empleó el método colorimétrico usando como agente oxidante K₂Cr₂O₇ en medio ácido.

Fósforo- extracción con H₂SO₄ 0.1 mol.l⁻¹ según el método de Oniani (1964).

Calcio, magnesio y potasio- a partir de la extracción con NH₄CH₃COO 1.0 mol.l⁻¹, pH 8.5 con agitación de una hora. El potasio se determinó por fotometría de llama, y el calcio más magnesio (Ca + Mg) por complexometría usando NET y calceína como indicadores.

pH- se determinó por el método potenciométrico agitando 10 g de suelo con cloruro de potasio (KCL).

Determinación del potencial de deposición de la hojarasca y transferencia de nutrientes

Se determinó el potencial de hojarasca para lo cual se tomaron muestras con marco de 0.25 m² en cuatro puntos de la parcela, determinándose su producción (g(m²)⁻¹) y el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio con

igual procedimiento que el utilizado en el análisis foliar de las hojas de cítrico, a partir del cual se calculó el potencial de transferencia de los nutrientes.

Determinaciones a la plantación de cítrico

Producción- se realizaron dos cosechas de los frutos determinándose su peso por árbol (kg.planta^{-1}).

Calidad de los frutos- se determinó el contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) por refractometría; acidez (%) por el método potenciométrico (0.1 N, empleando fenolftaleína como indicador), y se calculó la relación sólidos solubles/ácidos o índice de madurez.

Análisis foliar- para la determinación de nitrógeno, fósforo y potasio de las hojas del cítrico se tomaron hojas de las ramas fructíferas según Chapman (1960) de la zona exterior a la altura media de la copa, conformándose cada muestra por 25 hojas procedentes de las zonas norte, sur, este y oeste según lo recomendado por Tellería, y Delgado, (1991).

El nitrógeno se determinó por Colorimetría según Nesler; el fósforo por Colorimetría utilizando molibdato de amonio en presencia de ácido aminonaftol sulfónico, mientras que el potasio fue determinado por Fotometría de llama.

Las atenciones culturales al cultivo se realizaron acorde a lo establecido en la carta tecnológica del cultivo (MINAG, 1990, 1990a). Durante el período, la plantación de cítrico no recibió fertilización, mientras que las leguminosas recibieron fertilización fosfórica, la cual se incorporó en el momento de la siembra a razón de 50 kg.ha^{-1} , utilizando como fuente el superfosfato simple, mientras que el potasio se aplicó con un nivel de 50 kg.ha^{-1} 28 días después de la siembra a voleo, para lo cual se utilizó cloruro de potasio como portador. Las semillas fueron inoculadas con las cepas específicas de *Bradyrhizobium* sp.

Los análisis estadísticos aplicados fueron análisis de varianza y la prueba de rango múltiple de Duncan (1955) en el caso de existir diferencias significativas. Para ello fue utilizado el utilitario estadístico SPSS sobre sistema operativo Windows versión 7.0.

Capítulo III. Resultados y discusión

Experimento 1. Sistemas de siembra y establecimiento de leguminosas herbáceas en áreas de cítrico

III.1. Resultados

En la figura 2 se muestra la producción de biomasa de las leguminosas en estudio (media según sistema de siembra) a las 12 y 48 semanas posteriores a la siembra. En el sistema herbicida+siembra+grada (Herb+S+Gr) se obtuvo la mayor producción de biomasa a las 12 semanas con un rendimiento de 168 kg de MS.ha⁻¹, sin diferir significativamente del sistema Herb+Gr+S+Gr ($P<0.05$) y con diferencia significativa del sistema Gr+S+Gr, resultando este el de menor aporte de biomasa por hectárea (97 kg de MS.ha⁻¹). Similar comportamiento se obtuvo a las 48 semanas, o sea, el mayor rendimiento de leguminosas en el sistema Herb+S+Gr con 395,6 kg de MS.ha⁻¹, difiriendo significativamente del resto de los sistemas empleados ($P<0.05$), y a su vez, se encontraron diferencias significativas entre los sistemas Herb+Gr+S+Gr (221 kg de MS.ha⁻¹) y Gr+S+Gr (163,9 kg de MS.ha⁻¹).

No se encontró interacción entre los sistemas de siembra y las especies de leguminosas a las 12 semanas, mientras que a las 48 semanas, resultó altamente significativa ($P<0.001$) la interacción entre estos (fig. 3). El mayor rendimiento de biomasa de leguminosas se obtuvo en la combinación Herb+S+Gr x *S. guianensis* (675 kg de MS.ha⁻¹) difiriendo significativamente de las restantes combinaciones ($P<0.05$), seguida por Herb+S+Gr x *N. wightii* (375 kg de MS.ha⁻¹) sin diferir este de Herb+Gr+S+Gr x *S. guianensis* (334 kg de MS.ha⁻¹).

La producción de biomasa de malezas asociadas en el sistema de siembra sin la utilización de herbicida (Gr+S+Gr) resultó superior al obtenido en el resto de los sistemas evaluados, obteniéndose 348 kg de MS.ha⁻¹, difiriendo significativamente ($P<0.05$) del sistema Herb+S+Gr, no encontrándose diferencia significativa con el sistema Herb+Gr+S+Gr (fig. 4). A las 48 semanas el comportamiento obtenido resultó similar alcanzándose la mayor producción de biomasa de malezas asociadas (374.1 kg de MS.ha⁻¹) en el sistema Gr+S+Gr, difiriendo este significativamente del resto de los sistemas en estudio, no encontrándose diferencias significativas entre los sistemas en los cuales se empleó herbicida.

El comportamiento de la biomasa de las diferentes especies de leguminosas (promedio entre los sistemas de siembra) se observa en la figura 5. A las 12 semanas el mayor rendimiento se obtuvo por *S. guianensis* (215 kg.ha⁻¹) difiriendo significativamente ($P<0.01$) del resto de las especies, similar comportamiento fue obtenido a las 48 semanas, en este caso con una producción de biomasa de 403.7 kg.ha⁻¹, le siguió en orden la *N. wightii* con una producción de 250,6 kg.ha⁻¹. Las menores producciones de biomasa se obtuvieron por la Mezcla y la *C. ternatea* las cuales no difirieron entre sí.

En el rendimiento de las malezas asociadas a cada especie de leguminosa (promedio entre los sistemas de siembra) (fig 6) no se encontró diferencias significativas a las 12 semanas, obteniéndose el mayor valor en *C. ternatea* (311 kg.ha⁻¹). A las 48 semanas los menores rendimientos se obtuvieron en la mezcla y *C. ternatea* con valores de 196,8 y 198,7 kg.ha⁻¹ respectivamente.

En el por ciento de la especie en la composición botánica (fig. 7) por cada sistema de siembra, la mayor proporción de leguminosas a las 12 semanas se obtuvo en el sistema Herb+S+Gr (45 %) sin diferir significativamente del sistema Herb+Gr+S+Gr (38 %), obteniéndose diferencias significativas del primero con respecto al sistema Gr+S+Gr para ($P<0.05$). A las 48 semanas posteriores a la siembra el mayor por ciento de leguminosas en la composición botánica se obtuvo en el sistema Herb+S+Gr (68 %) sin diferir significativamente del sistema Herb+Gr+S+Gr y estos a su vez difirieron significativamente para ($P<0.05$) del sistema Gr+S+Gr (31 %).

Entre las diferentes especies de leguminosas no se encontraron diferencias significativas a las 12 y 48 semanas. Los mayores valores se obtuvieron en *S. guianensis* (46 %) y mezcla (40 %), mientras que a las 48 semanas, el *S. guianensis* superó solo en un 2 % al resto de las especies.

III.2 Discusión

Los resultados obtenidos, donde se logran rendimientos superiores en los sistemas de siembra que utilizan herbicidas, corroboran lo reportado por Ferguson y Sánchez (1984), Sistach *et al.* (1984) y Argel y Valerio (1992), quienes señalan la necesidad de su empleo como método eficaz y rápido en el establecimiento de leguminosas. El mejor control de malezas obtenido con el sistema de siembra Herb+S+Gr, pudo haber estado influenciado por una menor remoción del suelo, evitándose así el cambio de posición de las semillas de malezas y el acceso de estas a la luz, lo cual disminuyó la proliferación de la vegetación espontánea. En este sentido se observó, una tendencia de una mayor competencia de las leguminosas con las malezas, en la medida que mayor número de labores mecánicas se realizó, aspecto que favoreció fundamentalmente la

emergencia de malezas monocotiledóneas (*Paspalum notatum*, *Sorghum halepense* y *Panicum maximum*), especies de mayor predominio en áreas citrícolas (Casamayor y Pérez, 1971 y FAO, 1987).

Varios son los autores que reportan los beneficios del empleo del laboreo mínimo (Phillips y Young, 1979; Álvarez Solís, Vesga-Cala, Cárdenas y Tasistro, 1990 y Primavesi, 1992), entre los cuales se destacan incrementos en la producción, mejor manejo del agua, reducción de labores y de los requerimientos energéticos, además permite la retención de los residuos del cultivo anterior, reduce el riesgo de erosión y disminuye la presencia de hierbas invasoras. En el presente estudio, para lograr la sustitución de labores mecánicas se empleó herbicida según lo recomendado por Phillips *et al.* (1979) y Primavesi (1992). En los sistemas propuestos para establecer leguminosas herbáceas en el período lluvioso en áreas de cítrico, el herbicida empleado fue el glyphosate (Round-up) inocuo al medio según lo reportado por Labrada (1987); su efectividad en el control de malezas hasta los noventa días después de su aplicación, corrobora los beneficios obtenidos por Avilés y Ayala (1994) en el establecimiento de *B. brizantha* con mínima labranza y Arzola, Castillo, Valles y Jarillo (1997) en el establecimiento sin labranza de *Arachis pintoj* y *Pueraria phaseoloides* en pasturas nativas con el empleo de glyphosate.

En el presente estudio no se efectuaron chapeas ni otras labores culturales para el control de malezas en las primeras 12 semanas, posterior a estas, se realizaron chapeas cada 90 días a alturas de 15-20 cm, lo cual benefició el establecimiento de las leguminosas.

La no interacción obtenida entre los sistemas de siembra y las especies de leguminosas en el rendimiento de biomasa a las 12 semanas, sugiere que las leguminosas evaluadas, presentaron una adecuada adaptación a las condiciones del agroecosistema, aspecto que favoreció en la competencia con las malezas durante los primeros 90 días, resultando más marcada en *S. guianensis* y *N. wightii* a las 48 semanas. El comportamiento intermedio obtenido por *C. ternatea* a las 12 semanas no concuerda lo reportado por Martínez *et al.* (1995) y Pérez-Carmenate *et al.* (1996), quienes señalan las potencialidades de esta especie al rápido establecimiento debido al crecimiento vigoroso, cubierta densa, mayor producción de biomasa y resistencia a plagas y enfermedades; no obstante los resultados obtenidos, no descartan su potencialidad a ser utilizada en condiciones similares al agroecosistema en estudio y sembrarla con el sistema que se propone. Por otro lado, los resultados obtenidos en *N. wightii* corroboran los reportes de Skerman (1977) y Whiteman (1980), quienes reportan un establecimiento inicial lento, pero una vez establecida resulta persistente.

La presencia de leguminosas en los sistemas de siembra con empleo de herbicida (superior al 50 %), resultó considerable, pudiéndose esperar efectos favorables de estas sobre el agroecosistema, de acuerdo a lo planteado por Kraf (comunicación personal 1997), quien afirmó que la presencia de leguminosas en la composición botánica superior al 10 % trae consigo beneficios favorables al medio; en el caso de sistemas de manejo de bovinos de carne (Hernández *et al.*, 1989) reportaron ganancias promedio de 715 g.animal⁻¹.día⁻¹ con un 33 % de leguminosas en la composición botánica, en este sentido, Bryan y Evans (1968) indican que para una buena producción hay que mantener en un pastizal por lo menos un 30 por ciento de leguminosas, por otra parte, Walker (1975) sugirió que en la mayoría de los sistemas, es difícil lograr un contenido medio anual de leguminosas superior al 30 por ciento, aunque haya existido excepcionalmente a lo largo del año un contenido de leguminosas del 50 por ciento.

Se concluye, que los sistemas con empleo de herbicida (glyphosate) de cero labranza Herb+S+Gr y laboreo mínimo Herb+Gr+S+Gr resultan factibles para el establecimiento de leguminosas herbáceas en período lluvioso y áreas de cítrico, resultando *S. guianensis* CIAT 184 y *N. wightii* cv. Tinaroo las de carácter promisorio para el agroecosistema objeto de estudio.

Capítulo IV. Caracterización del efecto de las leguminosas *N. wightii*, *C. ternatea*, *S. guianensis* y *A. pinto* como coberturas sobre el suelo y la plantación de cítrico

IV.1 Resultados

Altura y producción de biomasa de las leguminosas introducidas como cobertura

Las alturas alcanzadas por las leguminosas se ilustran en la figura 8, la mayor de estas durante el período lluvioso, se alcanzó por *S. guianensis* con 46,9 cm, el cual difirió significativamente ($P<0.01$) del resto de las leguminosas. La menor altura se obtuvo en *A. pinto* (13,9 cm). En el período poco lluvioso, la altura de las leguminosas en estudio no resultó superior a los 19 cm, observándose un menor crecimiento con respecto al período lluvioso. No se encontró diferencias significativas entre las alturas alcanzadas por las leguminosas para este período. Los mayores valores se obtuvieron por *N. wightii* y *S. guianensis* con 18,2 y 17,0 cm respectivamente, mientras que el *A. pinto* no rebasó los 10 cm.

La producción de biomasa estacional alcanzada por las leguminosas introducidas como coberturas en el período lluvioso, la mayor producción la aportó el *S. guianensis* con 0,86 t de MS.ha⁻¹, aunque sin diferir significativamente de *N. wightii* y *A. pinto*. En el período poco lluvioso *A. pinto* y *N. wightii* mostraron la mayor producción de biomasa sin diferir entre sí, con valores de 0,6 y 0,5 t de MS.ha⁻¹ respectivamente. Entre las leguminosas se obtuvo un mejor equilibrio estacional en *A. pinto* y *N. wightii* con 54 % y 39 % de su producción potencial anual en el período poco lluvioso.

Propiedades físicas

En la tabla 1 se indican las propiedades físicas del suelo por cada tratamiento en estudio a las 60 semanas posteriores a su introducción en el área cítricola. Se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) en la densidad del suelo entre los diferentes tratamientos, el mayor valor se obtuvo con la cobertura natural (1,37 g.(cm³)⁻¹); entre las coberturas de leguminosas no se encontraron diferencias significativas, con una tendencia a ser inferior en el suelo bajo el efecto de *A. pinto*. La densidad de la fase sólida no presentó marcadas diferencias entre tratamientos, oscilando los valores entre 2,55 y 2,57 g.cm³. Se encontraron diferencias altamente significativas ($P<0.001$) para la porosidad del suelo, siendo la menor el suelo con cobertura natural (49 %), mientras que la mayor se obtuvo bajo la cobertura de *A. pinto* y *C. ternatea* (51%).

Se encontraron diferencias muy altamente significativas ($P<0.001$) entre el coeficiente estructural (K.e), resultando superior en el suelo con cobertura de *S. guianensis* (2,22), difiriendo este del resto de los tratamientos ($P<0.001$). En la cobertura natural se obtuvo el valor más bajo en el K.e (1,05), o sea, 32 %, inferior a la media entre las coberturas de leguminosas.

No se encontraron diferencias significativas entre la humedad bajo el efecto de las diferentes coberturas, observándose una tendencia a ser inferior en la cobertura natural (1,86 %), mientras que la mayor humedad se obtuvo con la cobertura de *N. wightii* (2.13 %).

Propiedades químicas

Al analizarse el pH del suelo, no se obtuvieron diferencias significativas para las interacciones cobertura x profundidad x época de muestreo (tabla 8), cobertura x profundidad (tabla 5), cobertura x época de muestreo (tabla 6) y profundidad x época de muestreo (tabla 7), encontrándose sólo diferencias muy altamente significativas ($P<0.001$) para la época de muestreo (tabla 3), resultando superior al finalizar la época poco lluviosa (6,3), incrementándose de una época a otra en 0,5 unidades..

Según los resultados para el contenido de materia orgánica (M.O), no se encontraron diferencias significativas para las interacciones cobertura x profundidad x época de muestreo (tabla 8), cobertura x profundidad (tabla 5), cobertura x época de muestreo (tabla 6) y profundidad x época de muestreo (tabla 7), obteniéndose sólo diferencias muy altamente significativas ($P<0.001$) para el contenido de M.O. según la profundidad (tabla 2) y la época de muestreo (tabla 3). La materia orgánica resultó superior en la profundidad de 0-10 cm (3,4 %), o sea, en 0,3 % con respecto al contenido en la profundidad de 10-20 cm. (tabla 2), mientras que se obtuvo un incremento de 0,2 % al finalizar la época poco lluviosa con respecto a la época lluviosa (tabla 3).

Para el contenido del fósforo en el suelo no se encontraron diferencias significativas en las interacciones cobertura x profundidad x época de muestreo (tabla 8), cobertura x profundidad (tabla 5), cobertura x época de muestreo (tabla 6) y profundidad x época de muestreo (tabla 7), observándose sólo diferencias muy altamente significativas ($P<0,001$) en el contenido de fósforo entre las profundidades (tabla 2) y las épocas de muestreo

Capítulo IV. Caracterización del efecto de las leguminosas

(tabla 3). En la profundidad de 0-10 cm el contenido de fósforo resultó superior ($0,91 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo), mientras que este se incrementó al finalizar la época poco lluviosa ($0,98 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo) con respecto a la época lluviosa ($0,75 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo).

En el contenido de potasio en el suelo, no se encontraron diferencias significativas para las interacciones cobertura x profundidad x época de muestreo (tabla 8), cobertura x profundidad (tabla 5) y cobertura x época de muestreo (tabla 6), mientras que en la interacción profundidad x época de muestreo (tabla 7) se obtuvieron diferencias altamente significativas resultando superior en la profundidad de 0-10 cm en cada una de las épocas sin diferir entre sí.

El contenido de potasio en el suelo resultó superior en la profundidad de 0-10 cm ($25,1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo) con diferencias muy altamente significativas ($P < 0.001$) con respecto al contenido de potasio en la profundidad de 10-20 cm (tabla 2). Se obtuvo una tendencia a aumentarse el potasio en el suelo al finalizar la época poco lluviosa con respecto a la época lluviosa en $3,1 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo con diferencias muy altamente significativas ($P < 0.001$) entre sí (tabla 3).

Al analizarse el contenido de Ca+Mg en el suelo bajo el efecto de las diferentes coberturas no se encontraron diferencias significativas en las interacciones cobertura x profundidad x época de muestreo (tabla 8), cobertura x profundidad (tabla 5) y cobertura x época de muestreo (tabla 6), mientras que en la interacción profundidad x época de muestreo se encontraron diferencias muy altamente significativas ($P < 0.001$), en este caso, el contenido de Ca + Mg resultó superior al finalizar la época poco lluviosa, sin diferencia entre una profundidad y otra (tabla 7). El menor contenido de Ca + Mg en el suelo se obtuvo con la cobertura natural ($4,66 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo), mientras que los contenidos más altos se reportaron en el suelo bajo la cobertura de *A. pinto* y *N. wightii* ($5,45$ y $5,42 \text{ mmol} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo), lo cual se ilustra en la tabla 4.

Hojarasca acumulada y aporte potencial de nitrógeno, fósforo y potasio a través de esta

La interacción deposición de hojarasca x época de muestreo resultó muy altamente significativa ($P < 0.001$), obteniéndose el mayor valor en *N. wightii* al finalizar la época poco lluviosa, difiriendo del resto de las coberturas; en todos los casos la deposición de hojarasca resultó superior al finalizar el período poco lluvioso con respecto a la acumulada al finalizar el período lluvioso (tabla 9), incrementándose en un 78 %.

Se obtuvieron diferencias muy altamente significativas ($P < 0.001$) en las interacciones aporte de nitrógeno x época de muestreo, aporte de fósforo x época de muestreo y aporte de potasio x época de muestreo, destacándose en todos los casos *N. wightii* con valores de $59,1$; $3,41$ y $8,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ respectivamente al finalizar el período poco lluvioso.

Contenido foliar de nitrógeno, fósforo y potasio

No se encontró diferencia significativa en la interacción cobertura x época para el contenido foliar de nitrógeno, al igual que para las épocas en estudio; mientras que entre las coberturas se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$). El por ciento de nitrógeno en hojas osciló entre $2,5$ - $2,87 \%$ (tabla 10).

La interacción cobertura x época resultó altamente significativa ($P < 0.01$) para el contenido de fósforo foliar, obteniéndose el mayor tenor bajo el efecto de la cobertura de *N. wightii* al finalizar el período lluvioso ($0,27 \%$) difiriendo del resto, para esta época no se encontraron diferencia entre las restantes coberturas. Al finalizar el período poco lluvioso no se encontraron diferencias entre las diferentes coberturas, resultando inferiores entre las obtenidas en el período lluvioso. Los valores oscilaron entre $0,07$ - $0,27 \%$.

Para el contenido de potasio foliar no se encontraron diferencias significativas en la interacción cobertura x época al igual que entre coberturas. Se obtuvo una tendencia a elevarse el contenido de potasio foliar a través del tiempo, encontrándose diferencia muy altamente significativa ($P < 0.01$) entre épocas de muestreo. El contenido foliar de potasio osciló entre $1,50$ - $3,0 \%$.

Producción de cítrico y calidad del jugo

No se encontraron diferencias significativas en las producciones de cítrico entre las diferentes coberturas en la cosecha de 1996 con valores entre $36,1$ y $41,7 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$. Sin embargo, para la producción de cítrico ($\text{kg} \cdot \text{planta}^{-1}$) de la cosecha de 1997, se obtuvieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en la interacción cobertura x cosecha, obteniéndose las mayores producciones en las coberturas de leguminosas sin diferir estas entre sí en la cosecha de 1997, oscilando entre $92,3$ y $101,0 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$ (fig. 10).

Para las coberturas con leguminosas se obtuvo un incremento en la producción de $57,9 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, mientras que en la cobertura natural este incremento fue de $39,7 \text{ kg} \cdot \text{planta}^{-1}$, o sea, el incremento en la

producción de cítrico bajo el efecto de las coberturas de leguminosas resultó de un 43 % con respecto a la cobertura natural.

Se obtuvieron las mayores producciones de cítrico en las coberturas de *A. pinto* ($101.0 \text{ kg.planta}^{-1}$) y de *N. wightii* ($98,7 \text{ kg.planta}^{-1}$).

Al analizar los diferentes indicadores de la calidad del jugo (acidez, sólidos solubles, vitamina C e índice de madurez) sólo se obtuvieron diferencias muy altamente significativas ($P < 0.001$) en el contenido de vitamina C, con los mayores contenidos en las coberturas de *A. pinto* y *C. ternatea* ($52,9$ y $49,5 \text{ mg.100 ml}^{-1}$ de jugo) sin diferir estos entre sí (tabla 11).

IV.2 Discusión

El *S. guianensis* resultó la única especie de leguminosa que rebasó la altura que alcanzan las hierbas en las calles de los cítricos en similares agroecosistemas según lo reportado por Borroto (1989), mientras que *N. wightii* y *A. pinto* alcanzaron alturas inferiores a los 30 cm, por encima de la cual pudieran interferir las labores culturales y el riego de agua con sistema de aspersión de ángulo bajo.

La producción de biomasa alcanzada por las diferentes leguminosas en sentido general resultaron inferiores a las reportadas por otros investigadores en áreas abiertas, así Ruiz *et al.* (1995) al realizar una revisión de los trabajos realizados en Cuba en áreas abiertas con leguminosas, informaron producciones de biomasa entre $20\text{-}60 \text{ kg de MS.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en período lluvioso y entre $10\text{-}40 \text{ kg de MS.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en el período poco lluvioso, superiores a los alcanzados en el presente estudio ($4,7\text{-}0,9$ y $3,3\text{-}0,3 \text{ kg de MS.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ en período lluvioso y poco lluvioso respectivamente), por otro lado, Crespo, Arteaga, Hernández y Rodríguez (1995) reportaron producciones de leguminosas utilizadas como abono verde entre $2,02\text{-}4,4 \text{ t de MS.ha}^{-1}$.

Los resultados obtenidos en áreas de cítricos pudieron estar influenciados por el efecto de la sombra, la cual pudo haber reducido relativamente su producción de masa seca según Reynolds (1994), el cual indicó que la luz afecta al desarrollo del cultivo y a su producción a través de la fotosíntesis, la reducción de la cantidad de radiación fotosintética que llega al suelo, a través de la cubierta de la plantación arbórea, se traduce en la reducción de la producción de biomasa de los pastizales, independientemente de la tolerancia de estos a la misma, planteándose una mayor susceptibilidad de las leguminosas con respecto a las gramíneas. En este sentido, Blanco (1997) planteó que los resultados de la influencia de la sombra o el sombreado parcial sobre el rendimiento de los pastizales son contradictorios, en función de las condiciones de suelo y clima donde se han realizado las investigaciones, el tipo de pasto, las características del estrato arbóreo, por lo que en el futuro pudiera profundizarse en estos estudios por el potencial que presentan estos agroecosistemas.

Una de las desventajas en las áreas de monocultivo de frutales, es el incremento de la densidad del suelo en las calles de la plantación, lo cual disminuye la aireación del suelo. Los resultados obtenidos, indican que este parámetro resultó inferior en el suelo con coberturas de leguminosas. Si tenemos en cuenta, que como índice de compactación se señala por Primavesi (1984) la densidad de $1,35 \text{ g.cm}^{-3}$, observamos el efecto favorable de la introducción de leguminosas como coberturas en áreas de cítrico, al mismo tiempo, las densidades del suelo obtenidas se encuentran en el rango característico para los suelos Ferralítico rojos ($1,0\text{-}1,8 \text{ g.cm}^{-3}$) según MINAG (1984) y se corresponden con las de un campo labrado (Kaurichev, 1984).

Kaurichev (1984), consideró que la densidad del suelo depende de la composición mecánica, la estructura y el contenido de materia orgánica. En este sentido, el suelo con cobertura natural se caracterizó por los valores más bajos en el coeficiente estructural (K.e) y la menor porosidad y por tanto la densidad fue superior. En general la porosidad total fue satisfactoria para la capa arable en todos los suelos con coberturas de leguminosas y no satisfactoria para la cobertura natural.

La disminución de la densidad del suelo, la mayor porosidad, el mayor coeficiente estructural y una mayor humedad obtenido bajo el efecto de las coberturas de leguminosas resulta un indicio de suelos grumosos y bien agregados, lo cual corrobora lo señalado por Primavesi (1984) quien indicó que en suelos bajo cubiertas de forrajeras pratenses las raíces de estas producen permanentemente radículas nuevas que mueren al poco tiempo excretando ácidos poliurónicos, que en las condiciones semiaerobias del suelo son descompuestas; por ello estos cultivos según refiere esta autora, son considerados los mejores renovadores de la bioestructura y por consiguiente, de la productividad del suelo. En este sentido, Cairo y Quintero (1980) consideran que el cultivo de césped de leguminosa que no requiera de laboreo en el suelo, puede ayudar a restaurar los agregados del mismo.

Los resultados obtenidos en la caracterización del pH del suelo bajo el efecto de las diferentes coberturas, indican que este se encuentra en el rango característico de los suelos Ferralítico rojos ($4,0\text{-}6,9$) según MINAG (1984). El incremento del pH del suelo al finalizar el período poco lluvioso pudo estar relacionado con el incremento en el contenido de $\text{Ca} + \text{Mg}$, que pudo elevarse por la existencia de mayor cantidad de organismos

Capítulo IV. Caracterización del efecto de las leguminosas

vivos en el suelo con coberturas de leguminosas (Borroto, 1997), con glándulas calcíferas capaces de elevar la cantidad de Ca en el suelo.

El contenido de materia orgánica en el suelo bajo el efecto de las diferentes coberturas se cataloga de mediano (3,1-5,0 %) según Vázquez *et al.* (1981), excepto en el suelo con cobertura de *A. pinto* en la profundidad de 10-20 cm al finalizar el período lluvioso y de *C. ternatea* en igual profundidad al finalizar el período poco lluvioso catalogado de niveles bajos.

Los mayores niveles de materia orgánica en la profundidad de 0-10 cm están relacionados con una mayor deposición de hojarasca en el suelo, lo cual permite a partir de la descomposición de esta por la acción de los microorganismos, elevar la misma. Con la profundidad, disminuye la aireación, y al mismo tiempo la vida microbiana aerobia (Cairo y Fundora, 1994) por lo que se minimiza la posibilidad de elevarse los niveles de materia orgánica con la profundidad.

En el presente estudio, no se obtuvieron incrementos significativos en la materia orgánica del suelo a través del tiempo, lo cual es característico para este tipo de agroecosistema por el poco tiempo de establecidas las leguminosas como cobertura en él; esto corrobora lo reportado por Fassbender, Beer, Heuveldop, Imbach, Enriquez y Bennemann (1991), quienes obtuvieron incrementos en sistemas agroforestales después de períodos prolongados (más de 10 años); en este sentido Kang, Grime y Lawson (1985); Kass, Barrantes, Bermudez, Campos, Jiménez y Sánchez (1989) señalaron los limitados reportes en la literatura del efecto de los sistemas agroforestales sobre la materia orgánica, por lo que profundizar en ello resulta un reto en la actualidad para conocer la potencialidad del reciclaje de nutrientes en estos sistemas.

Se debe destacar, que las coberturas de leguminosas en estudio no deterioraron la fertilidad del suelo, al no disminuirse los niveles de materia orgánica en este, aspecto que indica la sostenibilidad del sistema cítrico-leguminosa como opción para elevar los beneficios por unidad de área sin degradar el agroecosistema manteniendo las propiedades químicas del suelo en niveles satisfactorios.

La presencia de leguminosas como coberturas incrementan la disponibilidad de fósforo en el suelo (Smith y Elliot, 1990), lo que puede estar influenciado por la movilización de éste a través de los aminoácidos excretados por las raíces (Wollert *et al.*, 1964); este comportamiento fue corroborado por los resultados obtenidos en el presente estudio, aunque el incremento obtenido resultó discreto.

Los niveles encontrados de fósforo asimilable en el suelo resultaron bajos ($<15 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de suelo) según MINAG (1984), lo cual pudiera afectar la productividad y la persistencia de las leguminosas, por estar estos tenores por debajo del nivel crítico de fósforo en el suelo para el desarrollo de las leguminosas (0,16-0,29 %) según Cate y Nelsón (1965) y Crespo *et al.* (1990).

Varios autores señalan que el fósforo se encuentra en proporciones suficientes en los suelos dedicados al cultivo del cítrico y que estos pueden abastecer las necesidades del cultivo sin necesidad de aplicaciones (Chapman, 1949 y Smith, 1966), lo cual fue corroborado por Hernández (1977, 1980), quien señaló que estos pueden mantener sostenidamente los niveles productivos y la calidad del jugo sin aplicaciones de fertilizantes fosfóricos durante varios años, al mismo tiempo las leguminosas son capaces de asimilar fósforo de los compuestos difícilmente accesibles (Yágodin, 1986). Como los valores reportados en este trabajo corresponden al fósforo móvil, no reflejan los niveles totales, los cuales pueden ser suficientes para el desarrollo de los cultivos en el agroecosistema en estudio, por lo que puede deducirse que los bajos niveles de fósforo en el suelo no afectaron la productividad del cítrico y la calidad del jugo, sin embargo, en un sistema cítrico-leguminosa debería recomendarse mantener el nivel de fósforo asimilable por encima del nivel crítico para lograr una mayor producción de biomasa de las leguminosas, lo que repercutiría favorablemente en un mayor reciclaje de nutrientes en estas áreas.

El mayor contenido de potasio en el estrato del suelo de 0-10 cm en las coberturas en estudio pudo estar determinado por la capacidad de las leguminosas de movilizar formas estables de este elemento y convertirlas en formas asimilables por las plantas (Duque, 1986; Primavesi, 1990 y Da Costa, 1991).

Entre los nutrientes de más importancia en el cultivo de los cítricos, el potasio ocupa un lugar destacado (MINAG, 1990; Hernández *et al.*, 1983 y González, Vallín y Martínez, 1987) por su influencia en el tamaño de la fruta y la calidad del jugo. En el presente estudio, el suelo presentó niveles altos de potasio (Fundora, Pérez y Martínez, 1981), favoreciendo esto el comportamiento productivo del cítrico, así como la calidad del jugo. El incremento del potasio al finalizar el período poco lluvioso pudo estar relacionado por el ascenso capilar posterior a períodos de sequía reportado por Borroto (1995).

En sentido general, los contenidos de nutrientes en el suelo no mostraron una tendencia definida entre las coberturas de leguminosas y la cobertura natural a través del tiempo, lo cual pudo estar relacionado por un lado con la edad del sistema y por otro, por la presencia de leguminosas nativas en los agroecosistemas de cítrico según lo referido por Fontes *et al.* (1997), quienes reportaron 11 géneros y 18 especies de leguminosas en prospecciones realizadas en áreas de esta empresa, señalando como los de mayor importancia el *Allysicarpus*,

Capítulo IV. Caracterización del efecto de las leguminosas

Centrosema, *Desmodium* y *Teramnus*, aspecto que puede estar influyendo sobre la sostenibilidad de la fertilidad del suelo bajo cobertura natural.

La deposición de hojarasca en el suelo resultó superior al finalizar el período poco lluvioso con respecto al finalizar el período lluvioso, característico de la familia **Leguminosae** para este período. La mayor acumulación de hojarasca se observó en *N. wightii*, por ser esta leguminosa la más voluble de todas las estudiadas como cobertura.

La deposición de hojarasca en el presente estudio, superó las cantidades reportadas por Pérez y Crespo (1997), quienes informaron valores de hojarasca acumulada en 180 días en leguminosas perennes de 0,67-2,33 t de MS ha⁻¹.

Resultó considerable el retorno potencial de nutrientes al sistema, a través de la hojarasca de las coberturas y fundamentalmente de nitrógeno cuyos valores alcanzaron niveles de 59,1 kg ha⁻¹ en *N. wightii*. En este sentido Skerman *et al.* (1991) señaló que la transferencia de nitrógeno de la leguminosa al sistema se produce por senescencia, muerte y descomposición del material vegetal, teniendo una marcada importancia la caída de la hoja (Whitney y Kanehiro, 1967) en comparación con la lixiviación de los nutrientes de los tejidos hacia el suelo o la liberación de los nódulos y raíces después de la defoliación, al mismo tiempo, Thomas (1995) señala como otra vía para la transferencia de nitrógeno a otras especies vegetales la pérdida de amonio gaseoso y su posterior reabsorción por estas.

Los tenores de nitrógeno y potasio foliar obtenidos en el presente estudio coinciden con los reportados por Fernández, Grass y Castellanos (1980), Hernández *et al.* (1983) para comportamientos satisfactorios de producción de naranja Valencia. En este sentido Chapman (1960) recomendó rangos satisfactorios de nitrógeno entre 2,23-2,30 % y de potasio entre 1,01 y 2,2 %. Sin embargo, en sentido general el contenido de fósforo al finalizar el período poco lluvioso resultó inferior a 0,12 %, considerándose estos tenores, según Chapman (1960 y Hernández *et al.* (1980) bajos para las plantaciones cítricas.

La disminución del fósforo foliar a través del tiempo pudiera indicar que existió cierto nivel de competencia por este macro elemento entre las coberturas y la plantación cítrica, aspecto que resultó más marcado en las coberturas de leguminosas, al ser estas consideradas altas extractoras de este elemento (Tang, 1986; Crespo *et al.*, 1990 y Skerman *et al.*, 1991).

En la segunda cosecha, se observó un incremento de la producción para todas las coberturas en estudio, resultando superior en aquellas donde estuvo presente la cobertura de leguminosa y en particular de *A. pinto* y *N. wightii*. Este comportamiento estuvo relacionado con el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo bajo el efecto de las coberturas de leguminosas (incremento del contenido de la materia orgánica, la porosidad, densidad y humedad del suelo), lo cual pudo haber propiciado un mejor aprovechamiento de los nutrientes, así como una mejor aireación del suelo.

Aunque, el comportamiento productivo del cítrico con la cobertura natural aportó un incremento de un 111 %, este resultó significativamente inferior al obtenido con las coberturas de leguminosas (152 %). Los niveles de producción obtenidos en la segunda cosecha para el caso de las plantaciones bajo el efecto de las coberturas de leguminosas se corresponden con el posible potencial a alcanzar por esta variedad de naranjas según lo reportado por Borroto (1985). Sobre el comportamiento obtenido en cuanto al incremento de la producción de un año a otro, deben haber influido la propia alternancia del cultivo y una mejor atención cultural a la plantación, además del efecto beneficioso aportado por el cambio de cobertura.

Las variables de calidad del jugo se mantuvieron entre los valores óptimos para esta variedad de naranja (González-Sicilia, 1963 y MINAG, 1980), lo que evidencia que las coberturas de leguminosas no afectaron la calidad del mismo.

Se concluye, que la presencia de leguminosas como coberturas en fincas cítricas resulta una opción factible para lograr la sostenibilidad del sistema, teniendo en cuenta que estas no deterioran al suelo y la productividad y calidad del cultivo asociado.

Capítulo V. Valoración económica

La adopción de cualquier sistema agrícola estará determinada, en definitiva, por factores esenciales de carácter social y económico (Fordham, 1983). La motivación para asumir un sistema de policultivo en la finca se relaciona no sólo con la economía del sistema (brinda una mayor rentabilidad por hectárea), sino que desempeña también un importante papel como seguro contra el riesgo de pérdida de cosecha (Norman, 1974 y Sefanaia *et al.*, 1982), y por otro lado, lo que representa desde el punto de vista ecológico por permitir la diversificación del sistema agrícola. En las regiones tropicales los sistemas de policultivo en áreas de frutales da lugar a sistemas de uso de la tierra más eficaces y rentables (Ruthenberg, 1980).

Cuando el cultivo a intercalar resulta ser coberturas de leguminosas, su establecimiento debe considerarse una inversión en la cual se utilizan recursos (insumos, mano de obra, etc.) con el fin de producir un bien capital (la cobertura), que de manejarse apropiadamente generará beneficios posteriores (Aluja, Seré y Rivas, 1991).

Al evaluar cualquier resultado (producto o servicio) lo primero que debe hacerse es determinar el costo (Muguercia, 1996). El costo es un indicador que posee carácter generalizador, al expresar el grado de eficiencia con que trabaja la empresa y resume, entre otros, los resultados de la producción.

Se considera efecto económico, no solo al incremento de las utilidades sino también al ahorro de recursos provocado por una reducción del costo, de esta forma al evaluar varias alternativas de solución, se seleccionará como mejor la que aporte mayores efectos económicos.

Como se observará en la tabla 12, el sistema de siembra de menor costo resultó Gr+S+Gr, no obstante, este no se consideró el más factible porque fue a su vez el de menor rendimiento, o sea, la reducción del costo de \$53.44 y \$2,6.91 en relación con los sistemas Herb+Gr+S+Gr y Herb+S+Gr respectivamente, no se pueden considerar efectos económicos por concepto de ahorro; sin embargo se aprecia que el sistema Herb+S+Gr es el recomendado porque genera los mayores rendimientos y el menor costo unitario (tabla 13).

De lo anterior se infiere que el sistema Herb+ S+ Gr tiene un efecto económico de un 66.7 % respecto a los sistemas Gr+S+Gr y de un 45. 2 % respecto al sistema Herb+Gr+S+Gr, por concepto de ahorro, o sea respecto al primero se ahorra \$ 0.46 por cada kg de leguminosa que se produzca con este sistema y \$ 0.54 con relación al segundo.

Si se tiene en cuenta además de lo anterior, la incidencia de los tipos de coberturas en la producción de cítricos, como se muestra en la tabla 14, en dos cosechas (1996 y 1997) se puede hacer las siguientes consideraciones.

La cobertura con leguminosas provoca un incremento de los rendimientos de cítrico de 18.9 % en el segundo año, es decir, se obtiene un efecto económico por el incremento de las utilidades, el cual aumenta en el segundo año con respecto al primero en un 84.4 % resultando muy favorable para la finca.

De este análisis se desprende, que resulta factible el sistema de policultivo cítrico-leguminosa, recomendándose para su establecimiento el sistema de siembra Herb+ S+Gr el cual resultó ser el más beneficioso desde el punto de vista técnico y económico.

Conclusiones

1. El sistema de siembra de cero labranza (Herb+S+Gr) para el establecimiento de leguminosas herbáceas perennes (*N. wightii* y *S. guianensis*) en fincas de cítrico sobre suelo Ferralítico Rojo típico en período lluvioso, resultó factible técnico y económicamente, permitiendo alcanzar un 45 % de leguminosa en la composición botánica a las 12 semanas y 68 % a las 48 semanas.- El sistema de siembra de laboreo mínimo (Herb+Gr+S+Gr) constituye también una alternativa para el establecimiento de leguminosas herbáceas perennes en fincas de cítrico, aunque su costo unitario es mayor en comparación con el sistema de cero labranza (Herb+S+Gr), por lo que su uso pudiera resultar factible cuando se disponga de mayor cantidad de insumos en la finca. En estos sistemas de siembra el empleo del herbicida glyphosate (Round up) con dosis de 5 l.ha⁻¹ resultó eficaz en la sustitución de las labores mecánicas previo a la siembra para el control de las malezas, facilitando el rápido establecimiento de las leguminosas sin la necesidad de realizar labores culturales en las primeras 12 semanas posteriores a la siembra. Las leguminosas *N. wightii* cv Tinaroo y *S. guianensis* CIAT 184 resultan promisorias para establecerse en fincas citrícolas (con similares condiciones edafoclimáticas) en período lluvioso.
2. El uso de leguminosas herbáceas perennes tienden a disminuir la densidad del suelo, incrementan la porosidad, el coeficiente estructural y la humedad del suelo en comparación con la cobertura natural después de 60 semanas de introducidas. No se encontraron diferencias significativas entre las coberturas de leguminosas en estudio y la cobertura natural en las propiedades químicas, no observándose deterioro del suelo. En sentido general, se observaron discretos incrementos en los valores de las propiedades químicas (pH, M.O, P, K y Ca + Mg) del suelo a través del tiempo, resultando estos superiores en la superficie del suelo (profundidad de 0-10 cm). Resulta considerable el retorno potencial de nutrientes al sistema, a través de la hojarasca y fundamentalmente de nitrógeno, destacándose *N. wightii* cv Tinaroo con 59.1 kg.ha⁻¹.
3. Se obtuvieron incrementos de la producción de cítricos en la segunda cosecha con respecto a la primera, resultando superior donde estuvo presente la cobertura de leguminosas y en particular el *A. pinto* CIAT 17434 y *N. wightii* cv Tinaroo. Estas coberturas no afectaron la calidad del jugo de cítrico, al mantenerse las variables de calidad (acidez, sólidos solubles totales, vitamina C e índice de madurez) en niveles óptimos para la variedad de naranja Valencia.
4. El uso de las coberturas de leguminosas herbáceas perennes en estudio aportaron una utilidad de \$636.39 .ha⁻¹, lo cual indica un efecto económico favorable para la finca en comparación con la cobertura natural.
5. La presencia de las leguminosas herbáceas perennes como coberturas resultó una opción factible de policultivo para la diversificación de las fincas de cítrico lográndose la sostenibilidad del sistema por no deteriorar al suelo y la productividad de la plantación, así como la calidad de su producción.

Recomendaciones

1. Para el establecimiento de leguminosas herbáceas perennes como coberturas en fincas citrícolas sobre suelo Ferralítico rojo típico se recomienda emplear el sistema de cero labranza Herb+S+Gr, utilizándose como herbicida el glyphosate (Round up) a razón de 5 l.ha⁻¹ 15 días antes de la siembra.
2. Por los resultados obtenidos, se recomienda por su carácter promisorio para agrosistemas similares, las leguminosas *N. wightii* cv Tinaroo y *A. pintoii* CIAT 17434 para ser empleadas como cobertura.
3. Continuar el monitoreo de las propiedades físico-químicas del suelo bajo el efecto de las coberturas de leguminosas para conocer su dinámica sobre la fertilidad del suelo y el comportamiento productivo de la plantación a través del tiempo, debiéndose profundizar en las fracciones de la materia orgánica, fósforo y la relación C/N.

Bibliografía

- Academia de Ciencias de Cuba. 1979. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de suelos. La Habana, Cuba
- Aluja, A; C. Seré & L. Rivas. 1991. Costos y riesgos en el establecimiento de Pasturas tropicales. En: Establecimiento y renovación de pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT. CIAT. Cali. Colombia. 299 p.
- Altieri, M.A. 1985. Sistemas de policultivo. Agroecología: bases científicas de la agricultura alternativa. CETAL Ediciones. Valparaíso. p. 89-92
- Altieri, M. 1996. Agricultura Orgánica. En: Agroecología y agricultura orgánica sostenible. De. CEAS-ISCAH. La Habana. 142 p.
- Álvarez-Solís, J.D.; A.B. Vesga-Cala; M. Cárdenas & A. Tasistro. 1990. Nodulación y rendimiento del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tratado con diferentes herbicidas en dos sistemas de labranza. Turrialba. **Rev Interamericana de Cienc. Agríc.** 40(2): 250 - 255.
- Argel, P.J. 1995. Experiencia regional con arachis forrajero en América Central y México. En: Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. p. 227
- Argel, P.J. & A., Valerio. 1992. Selectividad de herbicidas en el control de malezas de *A. pinto*. **Pasturas tropicales.** 14(2):23
- Arzola, A; E. Castillo; B. Valles & J. Jarillo. 1997. Establecimiento sin labranza de *Arachis pinto* y *Pueraria phaseoloides* en pasturas nativas. **Pasturas tropicales.** 19 (3): 51-55
- Barber, R. & F., Navarro. 1994. Informe preliminar sobre la influencia de siete cultivos de cobertura y densidad de siembra sobre la producción de biomasa de raíces y subsiguientes rendimientos de cosecha. Avances de investigación No. 12 CIAT MBAT. Bolivia. 21 p.
- Basulto, J.A. & A., Ayala. 1988. Establecimiento y producción de leguminosas forrajeras en la zona henequenera, Yucatán, México. Memoria. I Reunión de la RIEPT-CAC. p. 31
- Blanco, F. 1997. Efecto de la sombra sobre la dinámica del pastizal en un sistema silvopastoril. Conferencia Diplomado "Sistemas Silvopastoriles en la Ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Univ. Matanzas. Mimeo.
- Borroto, Angela. 1988. Potencial forrajero de los subproductos agrícolas de cítricos para la producción de carne ovina. Tesis en opción al grado de Dr. Cienc. Veterinarias. ISACA. Cuba.
- Borroto, Angela; A. Molina; B. Hernández; E. García; D. Fernández; Daysi Cruz; Naranjo; María Mesa; Irena Baez & C. Pérez. 1989. El uso de las áreas citrícolas para la explotación ovina. ISACA. Ciego de Ávila. 125 p.
- Borroto, Angela; R. Pérez Carmenate; María Borroto; Nieves Cubilla & Rosa Ma. Cepero. 1997. Hacia una producción sostenible en la finca citrícola con el uso de leguminosas herbáceas. Inf. Carta de acuerdo FAO/CIBA. Ciego de Ávila. Mimeo. 12 p.
- Borroto, C.G. 1985. Citricultura. Primera parte. Dpto. Producción Vegetal. ISACA. Cuba
- Borroto, María. 1995. La dinámica del potasio en suelos Ferralíticos rojos compactados dedicados al cultivo de la papa. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Cienc. Agríc. ISACA. Cuba
- Bogdan, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants (Longman, London and New York) Tropical Agric. Serie Inc. New York
- Bryan, W.W & T.R. Evans. 1968. Legume-based pastures. Ann. Rep. CSIRO Aust. Divn. Trop. Pastures. p. 21-22
- Cairo, P.C. & O.H. Fundora. 1994. El humus en el suelo. En: Edafología. De. Pueblo y Educación. C. de La Habana. Cuba. 475 p.
- Cancio, T.; J.L. Peña & F. Peña. 1989. Uso de los abonos verdes en áreas tabacaleras de la región del Escambray. **Centro Agrícola** (Santa Clara). 16 (4): 59-67
- Carvalho, Margarida; V.P. Freitas & A.C. Andrade. 1995. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicales.** 17(1):24-30
- Carrad, B. 1977. Cattle and coconuts: a study of copra estates in the Solomon Islands. Draft report for South Pacific Commission, AUN, Canberra. Australia
- Casamayor, R. & C., Pérez. 1971. Control químico de las malas hierbas en plantaciones jóvenes de cítricos. 2da. Reunión nacional de cítrico. La Habana. Cuba. p. 105-127
- Cate, R. & L.A. Nelson. 1965. Determination of critical levels of nutrients in pastures. ISFEI. Tech. Bull No. 1. North Carolina. St. Univ. Raleigh. N.C., EEUU
- Cairo, P & G., Quintero. 1980. Suelos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba
- Clatworthy, L.N. & P.I., Thomas. 1972. Proc. Grassld Soc. Southern Africa. 7:76
- CIAT. 1993. Mejoramiento del germoplasma de especies forrajeras. En: CIAT. Informe bianual 1992-1993. Programa de Forrajes Tropicales. D.T (136):1-20.

- Crespo, G.; J.L., Aspiolea & Mirtha López. 1986. Nutrición de pastos. En: Los pastos en Cuba. Editorial EDICA. La Habana. Cuba. 801 p.
- Crespo, G.; O. Arteaga, Yolanda Hernández e Idalmis Rodríguez. 1995. Mantenimiento de la fertilidad de los suelos ganaderos sin la participación de los fertilizantes químicos. Memorias Seminario Cient. Internacional XXX Aniv. ICA. La Habana. Cuba. p. 50-54
- Crespo, G. & F. Curbelo. 1990. Respuesta de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 a la fertilización fosfórica en un suelo Ferralítico Cuarcítico amarillo rojizo lixiviado (luvisol) de la provincia Pinar del Río. **Rev. Cubana Cienc. Agríc.** 24:127
- Chapman, H.D. 1949. Citrus leaf analysis nutrient deficiencies excess and fertilizer requirements of soil indicated by diagnostic. California **Citrograph**. 3 (11): 10-14
- Chapman, H.D. 1960. Criterium for diagnosis of nutrient status and guidance of fertilization and soil managements praticos. Leaf and soil analysis in Citrus Orchards. University of California. California Agric. Exper. Station Riverside. Manual 25:53
- Chavez, J.C.D. 1986. Nutricao, adubacao e calagen do cafeeiro. IAPAR. Circular (Londrina). 48:24
- Da Costa, M.B.B. 1991. Adubacao verde no sul do Brasil (M.B.B). Da Costa. Rio de Janeiro. 350 p.
- Deat, M. 1982. Situación de la Ciencia de las Malezas y Evaluación del control de las malezas en Africa. Actas de la consulta FAO/IWWSS sobre mejoramiento del control de malezas en los países en desarrollo. Roma. p. 103-114
- De la Cruz, R; S., Suarez & J.E. Ferguson. 1995. Contribución de *Arachis pinto* como cobertura del suelo en algunos sistemas de Explotación Agrícola de América Tropical. En: Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. 227 p.
- De la Osa, F. 1986. Labores de cultivos en plantaciones jóvenes de naranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck) cv. Olinda valencia establecidas en suelos Ferralítico Rojo típico. Tesis en opción al grado de Dr. en Cienc. Agríc. Cuba
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. **Biometrics**. 11:1
- Duque, F.F. 1986. Utilizacao mais intensiva e diversificada de adubos verdes. Lavoura Arroeira (Cachocrinha) 20(3)
- Ehlers. W. 1975. Observations on Earthworm Channeels and infiltration on tilled and Unitted loose Soil. **Soil Science** (Baltimore) 119(3):242 - 249
- Eriksen, F. & A.S., Whitney. 1977. Performance of tropical forage grasses and legumes under different light intensities. In. Proceedings Regional Seminar on Pasture Research and Development in the Solomon Islands and Pacific region. Solomon Islands
- Eriksen, F.I. & A.S. Whitney. 1982. Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. **Agron. J.** 74: 703-709
- Fancelli, A.L. 1990. Adubacao verde/ A.L. Fancelli - Piracicaba: ESALQ/USP. p. 5
- FAO. 1983. El reciclaje de materias orgánicas en la agricultura de América Latina. Roma, Italia. 253 p.
- FAO. 1987. Taller Regional de Entrenamiento en Manejo Mejorado de Malezas. FAO-MIDINRA. Managua. Nicaragua. 39 p.
- Fassbender, H.W; J. Beer; J. Heuredop; A. Imbach; G. Enriquez & A. Bennemann. 1991. Ten year balances of organic matter and nutrients in agroforestry systems at CATIE, Costa Rica. **Forest Ecology and Management** (Holanda) 45(1-4):173-183
- Febles, G; J. Pérez Machines. & C. Padilla. 1979. Res. II Reunión ACPA. La Habana: 187
- Ferguson, J.E. 1995. Biología de la semilla y sistemas de producción de semilla para *Arachis pinto*. En: Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. 227 p.
- Ferguson, J. E & M., Sánchez. 1984. Estrategias para mejorar la disponibilidad de semillas forrajeras. En: Curso internacional sobre recolección, evaluación de germoplasma y producción de semillas forrajeras tropicales. Memorias. Grupo regional de Pastos de América Central y el Caribe (GREDPAC). Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP). Panamá p. 359-375
- Ferreira, S.L. da; C.P. Pereira & A.A.O. Melo. 1977. Efecto da compactacao do solo no desenvolvimento de plântulas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e na penetracao das raizes. **Rev. Theobroma** 7(1):9-13
- Fontes, Dayamí, Daisy, Cruz, Nieves, Cubilla; P. Marrero & Ma. Carmen, Santana. 1997. Prospección de leguminosas nativas y/o naturalizadas en áreas de frutales. Inf. Carta Acuerdo FAO/CIBA. Mimeo
- Fordhan, R. 1983. Intercropping - What are the advantages. Outlook on Agric. 12(3):142-146
- Fundora, O; C., Pérez & L., Martínez. 1981. Estudio sobre diferentes métodos usados para determinar el potasio asimilable del suelo. **Centro agríc.** 8(1):115 - 127
- García Trujillo, R.A. 1995. El papel de los animales en los sistemas agrícolas. Memorias. Seminario Cient. Tec. XXX Aniv. ICA. :44-47

- García, Margarita; Eolia Treto & Mayté Alvarez. 1994. Uso de diferentes especies de plantas como abono verde en sistema asociado y/o como precedente cultural en los cultivos de papa, calabaza, malanga y maíz. Resúmenes IX Sem. Cient. Cultivos Tropicales. La Habana. 15(3): 38
- González, A; Gladys del Vallin & A. Martínez. 1987. Efecto del potasio sobre el rendimiento, calidad del fruto y contenido foliar del potasio en la naranja valencia Late. **Cienc. Téc. Agric. Suelos y agroquímica**. 10(1): 33-43
- González-Sicilia, E. 1960. El cultivo de los Agrios. Instituto Nacional de Investigaciones Agroquímicas. Editorial Madrid. 806 p.
- Gregor, E.W. 1972. Integration of grazing in tropical forestry. Seventh World Forestry Congress. Buenos Aires. p. 3551-3555
- Guzmán, L.F.; B. Valles; E. Castillo & J. Sandoval. 1996. Efecto de la preparación del suelo, densidad de siembra y fertilización sobre el establecimiento de *Arachis pintoi* en una plantación de cítrico y café. Memorias IV Simposium Internacional sobre sistemas de producción de cítrico. Univ. Aut. Chapingo (PIISCI) 1: 152
- Harwood, R.R. 1986. Necesidades de recursos de los cultivos múltiples. Desarrollo de la pequeña finca. De. IICA, Costa Rica. p. 81-97
- Haggar, R.J. 1971. **J. Agric. Sci.** 77:428
- Henzell, E.F. 1968. Sources of nitrogen for Queensland pastures. **Trop. Grassl.** 2:1-17
- Hernández, J. 1977. Fertilización y análisis foliar del naranjo Valencia Late en suelo Ferráltico Rojo. Tesis en opción al grado de Dr. Cs. Agrícolas. INCA. La Habana. Cuba
- Hernández, J. 1980. Informe científico del P y K y cantidad de nitrógeno sobre el rendimiento, calidad del fruto y composición de la hoja de naranjo Valencia. INCA. Cuba
- Hernández, J.; G., Grass & Martha Castellanos. 1980. Estudio de dosis, fraccionamiento y época de aplicación de macronutrientes para naranjas y lima. Inf. Final de tema. INCA. La Habana. Mimeo. 60 p.
- Hernández, I. & B. Pérez. 1986. **Pastos y Forrajes**. 9:127.
- Hernández, J.A; G, Rodríguez; Grass, Mirtha; Gladys del Vallin; A. del Castillo & J. Espinosa. 1983. Fertilización de los cítricos. Ponencia de los cítricos, ACC, C. de La Habana. Cuba
- Humphreys, L.R. 1974. A guide to better pastures for the tropics and subtropics. Wright stephenson, Victoria, Australia
- Humphreys, L.R. 1978. Tropical pastures and Fodder Crops. Longman. London
- Igue, K.; R. Fuentes & E., Bornemisza. 1984. Mineralización de P-orgánicos en suelos ácidos de Costa Rica, **Turrialba**. 21(1):47-52
- Johnson, J. & E., Magariños. 1995. Alternativas para la integración de los sistemas agroforestales con manejo forestal. Inf Tec. No. 23 CIAT-MBAT. Bolivia. 37 p.
- Jeavons, J. 1991. Cultivo biointensivo de alimentos. Ecology action of the mid penninsula. p. 146-160
- Jones, R.J. & R.M., Jones. 1971 **Trop. Grassld.** 5:229
- Jones, R.M. 1975. Managment improved trop. Past. Refresher Course Univ. Qld. Australia
- Kang, B.T.; H, Grime & T. Lawson. 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; A. Barrantes; W. Bermudez; W. Campos; M. Jiménez & J. Sánchez. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones en "La Montaña", **El Chasqui** (C.R) 19:5-24
- Kaurichev, I.S. 1984. Prácticas edafológicas Edit. MIR. Moscú. 280 p.
- Labrada, R. 1987. Elementos de lucha contra malezas. Ed. ENPES. La Habana. Cuba. 302 p.
- Lascano, C.E. 1995. Valor nutritivo y producción animal de *Arachis* forrajero. En: Biología y Agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT. Cali. Colombia. 227 p.
- Leach, G.J.; R.M. Jones & R.J. Jones. 1976. Commonwealth Agric. Bier. Bull. 51
- López, Mirtha & E., Sistach. 1986. Bacteriología de las leguminosas tropicales. En: Los Pastos en cuba. I. Edit. EDICA. La Habana. Cuba. p. 229 - 268
- López, Mitha & J. Taboada. 1979. Res. II Reunión ACPA. La Habana: 132.
- Ludlows, M.M. 1980. Stress physiology of tropical pasture plants. **Trop. Grasslands**. 14(3):136-145
- Martínez, H.L.; F. Funes-Monzote; J., Menéndez; F., Funes. 1995. Leguminosas forrajeras nativas y naturalizadas, estado actual y perspectivas para las condiciones de Cuba. Memorias. Primer Taller Internacional sobre colecta y evaluación de recursos fitogenéticos nativos. p. 48
- Martínez, H. L.; Orquídea , Álvarez; Neice, Hernández; Susana, Vega & L.A., Palmero. 1995. Comportamiento agronómico inicial de accesiones de *Clitoria ternatea*, L. Memorias. I Taller Internacional sobre colectas y evaluación de recursos fitogenéticos nativos. p. 13

- Menéndez, J; M., Tang; T., Ruiz; Marta, Monzote; T. Pereira; T., Díaz; G., Febles & F. Funes. 1993. Las leguminosas en la alimentación del ganado. Res. Papel de los pastos y forrajes en la ganadería de bajos insumos. EEPF "Indio Hatuey". p. 70
- Middleton, C.H. 1970. Some effects of grass-legume sowing rates on tropical species establishment and production. Proc. 11th Int. Grassl. Congr. Surfers Paradise, Australia. p. 119-123
- MINAG. 1984. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Editado Cient. Téc. La Habana. 136 p.
- MINAG. 1990. Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de cítrico. CIDA. C. de La Habana. Cuba. T I. p. 117.
- MINAG. 1990a. Instructivo técnico para el cultivo y beneficio de los cítricos. CIDA. C. de La Habana. Cuba. T II. p. 253
- Monzote, Martha & T., Hernández. 1977. *Rev. cubana de Cienc. Agríc.* 11: 323.
- Muguercia, A. 1996. Costo. Editado BNC. La Habana. Cuba.
- Muckenhira & R.C. Odete. 1940. Organic carbon, pH and agregation of the soil of the Morrow plot as affected by tipe of cropping and manurial additions. *J. Amer. Soc. Agron.* 32:32-819
- Muñoz, J. A. 1991. Agroisleña S.A. Manual Técnico. Productos Agroquímicos sanitarios, semillas y equipos. Ed. EDICANPA. Caracas. Venezuela. 555 p.
- Muzilli, O. 1992. Plantas promisorias para protección del suelo en sistemas de producción. Inf. Tec. No. 8. CIAT-MBAT Bolivia. 24 p.
- Nair, P.K.R.; R. Varma & E.V., Nelliat. 1974. Intercropping ford enhanced profits from coconut plantations. *Indian farming* 24(4):11-13
- Norman, M.J.T. 1966. A review of Published work. Australia. Melbourne
- Norman, D.W. 1974. Rationalizing mixed cropping under indigenous conditions: The example of Northern Nigeria. *J. Development Studies* 11(1):3-21
- Nutman, P.S. 1976. IBP field experiments on nitrogen fixation by nodulated legumes. In Symbiotic Nitrogen Fixation in Plants. Camb. Univ. Press. Cambridge. p. 211-237
- Oniani, O.G. 1964. Determinación del fósforo y potasio del suelo en una misma solución en los suelos Kraznoziem y podsólicos de Georgia. *Agrojmia*. 6:25
- Padilla, C; G., Crespo & T., Ruiz. 1998. Renovación, recuperación y vida útil de los pastizales. ICA. La Habana. Mimeo. 25 p.
- Pareta, J.J. & L.R. Valdés. 1990. Metodología para la regionalización de leguminosas. En: Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba. MINAG. Cuba. 178 p.
- Peralta, A & J.M Toledo. 1991. La problemática del establecimiento y la recuperación de las pasturas. En: Establecimiento y renovación de pasturas. Memorias VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT. CIAT, Cali, Colombia. 425 p.
- Pérez, Ana & G. Crespo. 1997. Estudio preliminar de la capacidad de acumulación de hojarasca en leguminosas temporales y perennes. Res. III. Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Villa Clara, Cuba. p. 14
- Pérez-Carmenate, R; J. Carrera; Angela Borroto; C. Mazorra; A. Osuna; Agueda Arencibia; Zaida Rodríguez; J.R García & Ma. Del Carmen Santana. Establecimiento de leguminosas como cobertura para sistemas mixtos de producción sostenible en una finca de cocos (*Cocos nucifera*) *Pastos y Forrajes* 19:261 - 268
- Pérez-Domínguez, C. 1989. La erosión del suelo; causa, efecto y control. Edit. CIDA. La Habana. 77 p.
- Phillips, S.H. & H.M. Young. 1979. Agricultura sin laboreo. Labranza cero. Edit. Agropecuaria Hemisferio Sur. S.R.L. Montevideo, Uruguay. 223 p.
- Pinzon, B; P.J., Argel & R., Montenegro. 1992. Selectividad de herbicidas y control de malezas en C. macrocarpun. *Pasturas tropicales*. 11(1): 7
- Primavesi, Ana. 1968. A manutencao da estrutura activa do solo e sua influencia sobre o regíme hídrico do solo. Progr. Biodin. Product. Solo, Sta María/RGS. p. 62-447
- Primavesi, Ana. 1984. Manejo ecológico del suelo. La agricultura en regiones tropicales. Edit. Ateneo. Buenos Aires. 499 p.
- Primavesi, Ana. 1990. Manejo Ecológico do solo. A agricultura em regioes tropicais. 9 de. Sao Paulo-2t. Editado Nobel S. A. 549 p.
- Primavesi, Ana. 1992. Agricultura sustentavel. Manual do produtor rural. Editado Nobel. Sao Paulo. 142 p.
- Primavesi, A.M. & Ana, Primavesi. 1968. Influencia da bioestrutura do solo sobre a infiltração e evaporação da agua. Progr. Biodn. Produt. Solo. Sta. María/RGS. p. 68-253
- Primavesi, A.M. & Ana Primavesi. 1973. Nitrogen increase in soil by semi-aerobic straw decomposition in presence of P and Ca. Proc. Nat. Acad. Sci. India 43 (A 1 - 2): 162 - 169
- Quesada, R.R. 1974. Memoria EEPF "Indio Hatuey". p. 131.

- Ranacou, E. 1972. Pasture species under coconuts. In: Regional Seminar on pastures and cattle under coconuts. De. E. Hugh New Caledonia. p. 95-102
- Reynolds, S. G. 1976. Pastoreo de bovinos bajo cubierta de cocoteros. Informe del proyecto WES/76/003 Samoa Occidental. FAO
- Reynolds, S.G. 1994. Pasto y ganado bajo cocoteros. FAO. Roma. 345 p.
- Roe, E. & L. Jones. 1980. Dept. of External Affairs Canberra. ACT, Australia
- Ruiz, T.E. 1983. Estudios sobre el establecimiento de *Glycine*. Tesis presentada en opción al título de Dr. Cienc. Agríc. ICA. ISCAH. Cuba
- Ruiz, T & J.R. Ayala. 1978. **Rev. Cubana Cienc. Agríc.** 12:85.
- Ruiz, T.E.; J.R. Ayala; F. Funes & G. Bernal. 1984. Estudio sobre el establecimiento de *N. wightii*. III. Efecto del método y la dosis de la siembra. **Rev. Cubana Cienc. Agríc.** 18:351
- Ruiz, T.E. & G. Bernal. 1979. Res. II Reunión ACPA. La Habana :137
- Ruiz, T.E.; G., Febles; H., Jordán; E., Castillo & F., Funes. 1995. Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico. Memorias. Seminario Cient. Tec. XXX Aniv. ICA. p. 75-82
- Ruiz, T.E.; C., Padilla; Marta, Monzote; & J.R., Ayala. 1986. Establecimiento de Pastizales. En: Los Pastos en Cuba. Edit. Edica. La Habana Tomo 1. 801 p.
- Ruschel, A.P. & P.B. Vose. 1983. Fijación del nitrógeno como una fuente adicional de energía en la Agricultura Tropical. En: El reciclaje de materia orgánica en la Agricultura de América Latina. FAO. Roma. 251 p.
- Ruthenberg, M. 1980. Farming systems in the tropics. Oxford University Press. Oxford
- Sauberan, C; J.S. Molina & G.H. Lundenberg. 1968. Recuperación biológica de suelos sódicos. Product. Solo. Sta. María/RGS. p. 98-293
- Sefanaia, S; S. Chandra & D. M. Etherington. 1982. A review of recent research on intercropping under coconuts. Fiji Agric. J. 44(1): 31-36
- Senra, A. & A., Venereo. 1986. Métodos de muestreo. En: Los Pastos en Cuba. Tomo 1. Ed. EDICA. La Habana. Cuba. p. 801
- Silva, M.A.T. 1961. Cover crops under coconuts, Ceylon Coc. **Planters Review** 11(3):17-22
- Simmonds, N.W. 1973. Los plátanos. De. Pueblo y educación. p. 180-185
- Sistachs, M & J.J., León. 1984. Estudio del nivel de triflurarin en el control de malezas durante el establecimiento de glycine (*N. wightii*). **Rev. Cubana Cienc. Agríc.** 18:95
- Sillar, D.I. 1967. Effect of shade on growth of Townsville lucerne (*Stylosanthes humilis* H.B.K.). **Qld. J. Agric. Anim. Sci.** 24
- Skerman, P.J. 1977. Tropical forage legumes. FAO. Plant Production and Protection. Series (2). Rome
- Skerman, P.J.; D.G. Cameron & F. Riveros. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. Producción y protección vegetal. FAO, Roma. 107 p.
- Skerman, P.J. & F. Rivero. 1992. Gramíneas Tropicales. FAO. Colección FAO Producción Vegetal (23), Roma, Italia.
- Smith, G.W. 1966. The relation between rainfall, soil water and yield of copra of copra on a coconut estate in Trinidad. **J. Appl. Ecol.** 3: 117-125
- Smith, T.J.; M.S. Cravo & R.J. Melgar. 1991. Nitrogen Supplied to corn by legumes in a Central Amazon Oxisol. Tropical Agriculture (Trinidad). 68(4):366-372
- Smith, J. & L. Elliott. 1990. Tillage and residue management effects on soil organic matter dynamics in Semiarid regions. **Advances in soil Science.** 13:69-87
- Spain, J.M. 1979. Establecimiento y manejo de los pastos en los Llanos Orientales de Colombia. En: Producción de pastos en los suelos ácidos de los trópicos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia. p. 186-187
- Spain, J.M. 1983. Recomendaciones generales para el establecimiento de pastos en Carimagua, Los Llanos Orientales, CIAT, Colombia
- Stauffer, R.S.; R.J. Swain, F.G. 1968. Pasture seeding methods. In. Pasture improvement in Australia. Edit. B. Wilson, Murray. p. 16 - 29
- Tang, M. 1986. Factores que afectan la simbiosis leguminosa - rhizobium. **Pastos y Forrajes.** 9: 193 - 209
- Telleria, Teresita & Idania Delgado. 1991. Influencia de la posición de la hoja en la copa sobre el contenido de N, P y K en tejidos foliares de naranja Valencia (*Citrus sinensis*). **Cultivos Agroindustriales** 1(1): 13 - 17
- Thomas, R.J. 1995. Requerimientos de rhizobium, fijación de nitrógeno y reciclaje de nutrientes en *Arachis* forrajero. En: Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. 227 p.
- Valls, J.F.M. & C.E. Simpson. 1995. Taxonomía, distribución natural y atributos de *Arachis*. En: Biología y agronomía de especies forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. 227 p.
- Valdés, L.R. & J.J. Paretas. 1990. Uso comercial y futuro de algunas leguminosas en Cuba. Memoria 4^{ta} Reunión de Consulta. GREDPAC. Ciego de Ávila, Cuba. p. 162-171

- Vandermeer, J.H. 1989. The interference production principles an ecological theory for Agriculture. *Bioscience*.31:361-362
- Vandermeer, J. 1991. Policultivos. La teoría y evidencia de su factibilidad. Memoria I Encuentro de Agricultura Orgánica. Mimeo. 16 p.
- Vaughan, M.A. 1991. El punto de vista de los campesinos frente al MIP. Informe de la consulta sudamericana sobre MIP en la agricultura campesina. Chile. p. 57-58
- Vázquez, H; G. López & J. Sánchez. 1981. Primera aproximación de índices físico, físico-químicos y morfológicos de los tipos de suelo según la II Clasificación genética de los suelos de Cuba. MINAG. La Habana. Cuba. Mimeo
- Walker, B. 1975. Stocking rates effects on pasture quality. Aust. Inst. Agric. Sci. Refresher Course on Management of Improved Tropical Pasture. Univ. of Queensland. p. 104-116
- Watson, J.P. 1962. The soil below a termit mount. *J. Soil Sci.* 13:46 - 51
- Webster, C. & P., Wilson. 1966. Cultivated Fodder Crops and Pastures
- Whitney, A.S. & Y. Kanehiro. 1967. Pathways of nitrogen transfer in some tropical legume-grass associations. *Agron. J.* 59:585-588
- Whiteman, P.C. 1980. Tropical pasture science. Oxford University Press, Oxford
- Wollert, C; R. Kickuth & F. Scheffer. 1964. Phosphorsaure Freisetzung aus Ca, Fe and Al phosphaten durch. Chelatoren aus dem Wurzelraum. VIII Int. Congr. Soil Sci. Abstr. p. 104-106
- Yágodin, B.; Smirnov, P.; & A. Peterburski. 1986. "Agroquímica". Edit. MIR. Moscú. T I y II
- Yañez, S & F. Funes. 1989. Manual practico para la producción de semillas de pastos en Cuba. Doc. de Campo. Proyecto PNUD (FAO-Cuba 186/005 Minag. La Habana. .p. 134

Anexos

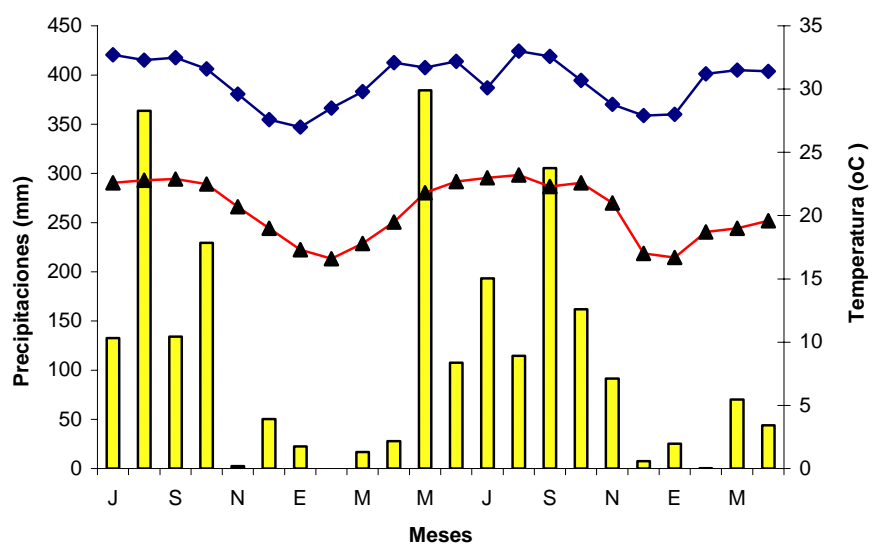


Fig.1. Comportamiento de las variables climáticas durante la etapa experimental (julio/95-abril/97).

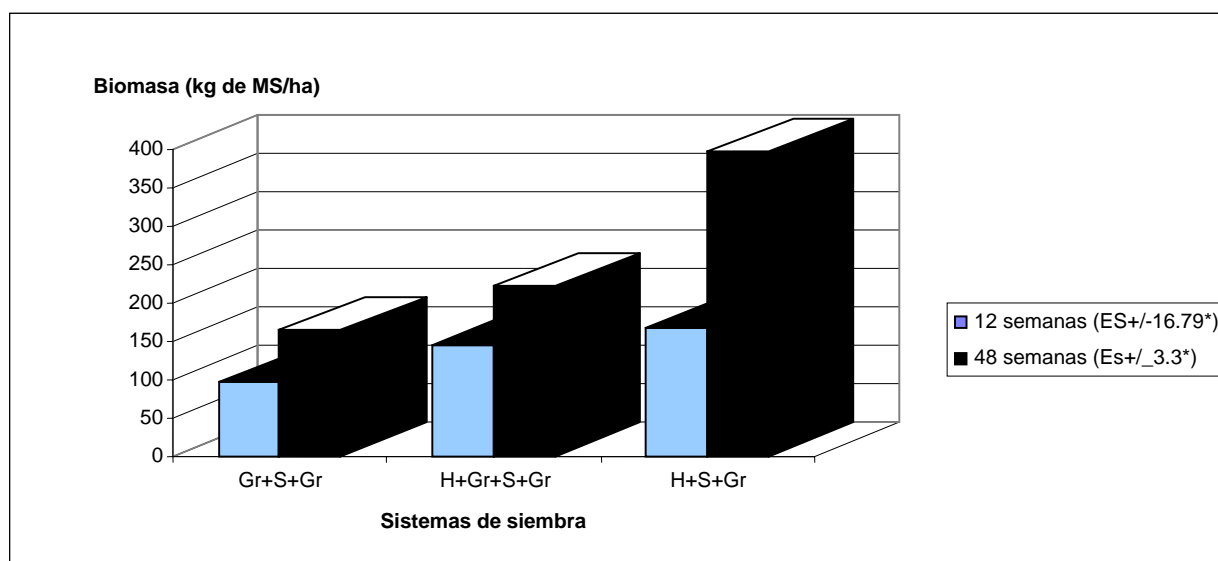


Fig. 2. Producción de biomasa de leguminosas a las 12 y 48 semanas según sistemas de siembra (kg de MS/ha).

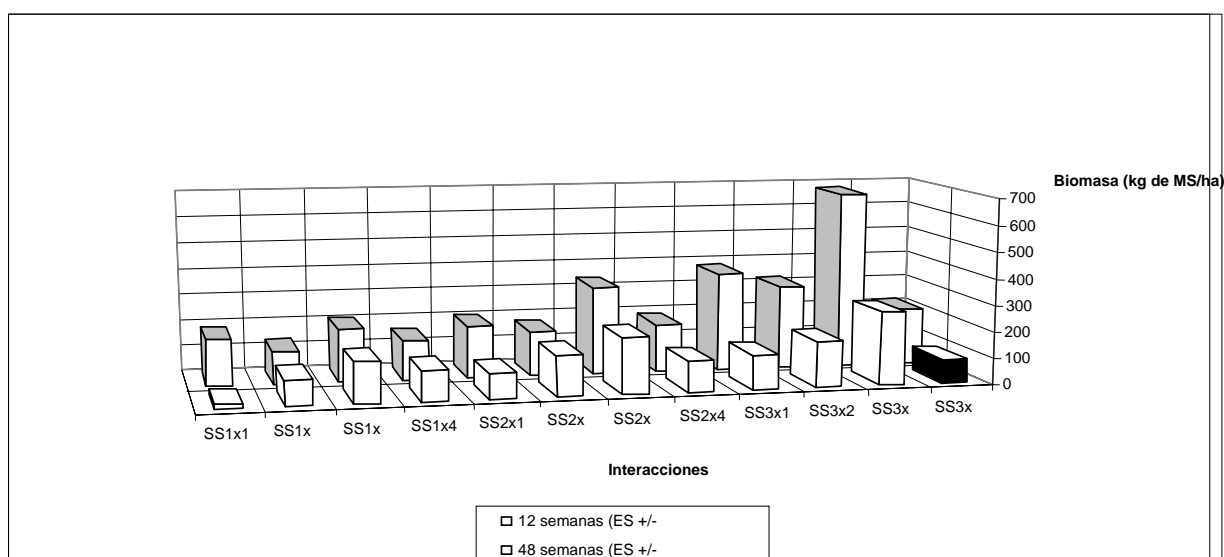


Fig. 3. Producción de biomasa de leguminosas según la interacción sistemas de siembra (SS) x subtramientos (leguminosas) (kg de MS/ha).

Altura (cm)

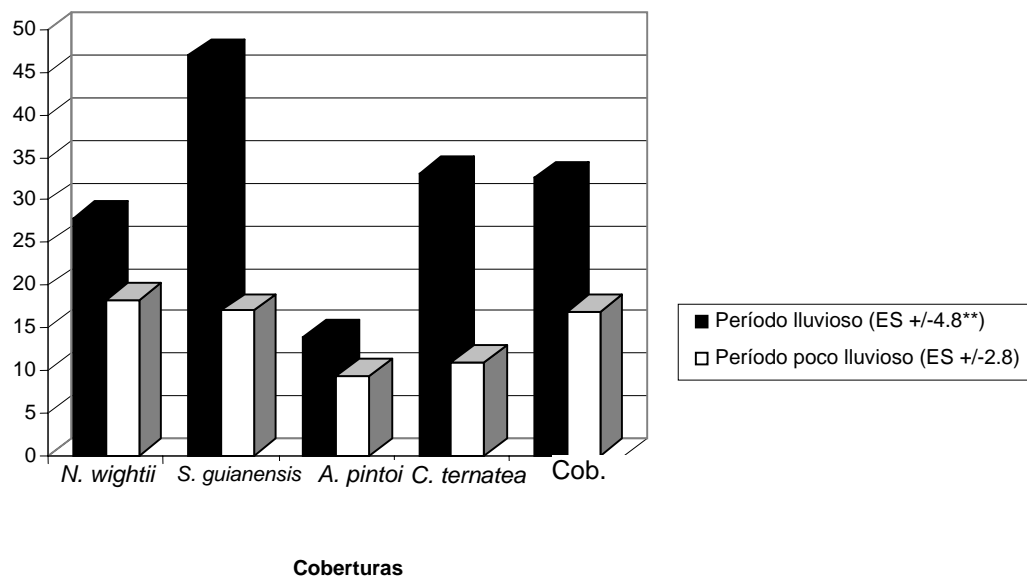


Fig. 8. Comportamiento de altura en las coberturas en estudio (cm).

Producción

(kg/planta)

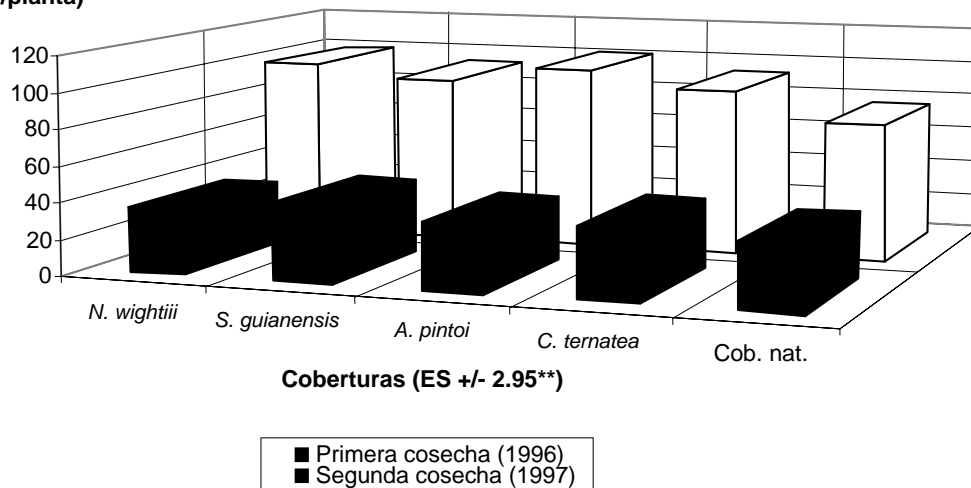


Fig. 10. Producción de cítrico (kg/planta).

Tabla 1. Características físicas del suelo a las 60 semanas de introducidas las leguminosas.

Coberturas	d (g/cm ³)	D (g/cm ³)	Pt (%)	Ke.	H y (%)
<i>N. wightii</i>	1,19 ^b	2,55	50,0 ^b (59)	1,28 ^c	8,3(2,13)
<i>S. guianensis</i>	1,29 ^b	2,55	50,0 ^b (59)	2,22 ^a	8,1(2,02)
<i>A. pinto</i>	1,14 ^b	2,56	51,0 ^a (60)	1,11 ^c	7,9(1,92)
<i>C. ternatea</i>	1,19 ^b	2,57	51,0 ^a (61)	1,53 ^b	8,1(2,00)
Cobertura nat.	1,37 ^a	2,55	49,0 ^c (57)	1,05 ^c	7,9(1,86)
ES ±	0,10*	0,01	0,2***	0,11***	0,10

*P<0.05 *** P<0.001

a, b, c Superíndices no comunes en columnas difieren a P<0.05 (Duncan, 1955)

Valores porcentuales fueron transformados según arcsen √ porcentaje

() Datos originales

Tabla 2. Características químicas del suelo según la profundidad.

Profundidad	pH	MO (%)	Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Ca + Mg (mmol.100g ⁻¹ de suelo)
0 - 10 cm	6,0	10,7 (3,4)	0,91	25,1	4,3
10 - 20 cm	6,1	10,2 (3,1)	0,82	20,4	3,6
ES ±	0,03	0,09 ***	0,02***	0,55 ***	0,11 ***

*** P<0,001

Valores porcentuales fueron transformados según arcsen √ porcentaje

() Valores originales

Tabla 3. Características químicas del suelo según la época de muestreo.

Época de muestreo	pH	MO (%)	Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Ca + Mg (mmol.100g ⁻¹ de suelo)
1	5,8	10,3 (3,2)	0,75	21,2	2,8
2	6,3	10,6 (3,4)	0,98	24,3	5,0
ES ±	0,03 ***	0,09 ***	0,02***	0,55 ***	0,11 ***

*** P<0,001

Valores porcentuales fueron transformados según arcsen √porcentaje

() Valores originales

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso. 2. Finalizar período poco lluvioso

Tabla 4. Características químicas del suelo según tipo de coberturas.

Tipo de cobertura	pH	MO (%)	Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Ca + Mg (mmol.100g ⁻¹ de suelo)
<i>N. wightii</i>	6,1	10,5 (3,3)	0,84	23,0	3,9
<i>S. guianensis</i>	6,0	10,5 (3,3)	0,89	20,5	3,9
<i>A. pinto</i>	6,1	10,3 (3,2)	0,89	23,4	4,2
<i>C. ternatea</i>	6,1	10,3 (3,2)	0,91	24,0	4,0
Cob. nat.	6,1	10,6 (3,4)	0,80	22,8	3,7
ES ±	0,04	0,14	0,04	0,88	017

Valores porcentuales fueron transformados según arcsen √porcentaje

() Valores originales

Tabla 5. Características químicas del suelo según la interacción cobertura x profundidad.

Tipo de cobertura	Profundidad (cm)	pH	MO (%)	Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Ca + Mg (mmol.100g ⁻¹ de suelo)
<i>N. wightii</i>	0 - 10	6,0	10,8 (3,5)	0,86	25,9	4,2
	10 - 20	6,1	10,2 (3,1)	0,81	20,2	3,6
<i>S. guianensis</i>	0 - 10	6,0	10,6 (3,4)	0,96	22,2	4,3
	10 - 20	6,1	10,3 (3,2)	0,81	18,7	3,5
<i>A. pinto</i>	0 - 10	6,1	10,6 (3,4)	0,96	26,3	4,5
	10 - 20	6,1	10,0 (3,0)	0,82	20,6	3,9
<i>C. ternatea</i>	0 - 10	6,0	10,6 (3,4)	0,96	25,9	4,4
	10 - 20	6,2	9,9 (3,0)	0,86	22,1	3,7
Cob. Natural	0 - 10	6,1	10,8 (3,5)	0,80	25,1	4,3
	10 - 20	6,1	10,3 (3,2)	0,80	20,5	3,1
ES ±		0,06	0,19	0,05	1,24	0,24

Valores porcentuales fueron transformados según $\arcsen \sqrt{\text{porcentaje}}$

() Valores originales

Tabla 6. Características químicas del suelo según la interacción cobertura x época de muestreo.

Tipo de cobertura	Epoca de muestreo	pH	MO (%)	Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Ca + Mg (mmol.100g ⁻¹ suelo)
<i>N. wightii</i>	1	6,0	10,3 (3,2)	0,68	20,5	2,4
	2	6,1	10,7 (3,5)	1,00	25,4	5,4
<i>S. guianensis</i>	1	6,0	10,5 (3,3)	0,80	19,3	3,0
	2	6,1	10,4 (3,3)	0,98	21,7	4,9
<i>A. pinto</i>	1	6,1	10,0 (3,0)	0,80	20,6	2,9
	2	6,1	10,6 (3,9)	0,98	26,3	5,5
<i>C. ternatea</i>	1	6,0	10,3 (3,2)	0,87	22,4	3,1
	2	6,2	10,3 (3,2)	0,96	25,6	4,9
Cob. Natural	1	6,1	10,2 (3,1)	0,62	22,9	2,8
	2	6,1	10,9 (3,6)	0,98	22,7	4,7
ES ±		0,06	0,19	0,05	1,24	0,24

Valores porcentuales fueron transformados según $\arcsen \sqrt{\text{porcentaje}}$

() Valores originales

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso. 2. Finalizar período poco lluvioso

Tabla 7. Características químicas del suelo según la interacción profundidad x época de muestreo.

Profundidad (cm)	Época de muestreo	pH	MO (%)	Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	Ca + Mg (mmol.100g ⁻¹ de suelo)
0 - 10	1	5,8	10,4 (3,3)	0,80	22,6 ^{ab}	2,8 ^c
	2	6,3	10,9 (3,6)	1,02	27,5 ^a	5,8 ^a
10 - 20	1	5,9	10,1 (3,1)	0,71	19,7 ^b	2,9 ^c
	2	6,3	10,1 (3,1)	0,94	21,2 ^b	4,3 ^b
ES ±		0,04	0,08	0,03	0,78 ***	0,15 ***

***P<0.001

a, b, c Superíndices no comunes en columnas difieren a P<0.05 (Duncan, 1955)

Valores porcentuales fueron transformados según $\arcsen \sqrt{\text{porcentaje}}$

Tabla 8. Comportamiento de las diferentes propiedades químicas en estudio según la interacción cobertura x profundidad x época de muestreo.

Propiedades químicas	Profundidad del suelo (cm)	Época de muestreo	1	2	3	4	5	ES ±
pH	0 - 10	1	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	0.09
		2	6.4	6.2	6.4	6.2	6.4	
	10 - 20	1	5.8	5.9	5.6	6.0	5.9	
		2	6.3	6.3	6.4	6.3	6.3	
M.O (%)	0 - 10	1	10.54 (3.33)	10.7 (3.42)	10.3 (3.17)	10.3 (3.18)	10.4 (3.24)	0.28
		2	11.09 (3.69)	10.5 (3.33)	10.9 (3.61)	10.9 (3.57)	11.2 (3.81)	
	10 - 20	1	10.1 (3.06)	10.3 (3.19)	9.8 (2.89)	10.2 (3.15)	10.1 (3.04)	
		2	10.3 (3.21)	10.3 (3.19)	10.3 (3.17)	9.6 (2.78)	10.6 (3.37)	
Fósforo (mg.100g ⁻¹ de suelo)	0 - 10	1	0.68	0.91	0.91	0.93	0.57	0.07
		2	1.04	1.01	1.0	1.0	1.04	
	10 - 20	1	0.68	0.68	0.68	0.81	0.68	
		2	0.95	0.94	0.97	0.92	0.92	
Potasio (mg.100g ⁻¹ de suelo)	0 - 10	1	23.1	19.7	22.3	23.5	24.5	1.75
		2	28.7	24.8	30.2	28.3	25.7	
	10 - 20	1	18.1	18.8	18.8	21.4	21.4	
		2	22.2	18.6	22.4	22.8	19.7	
Ca + Mg (mmol.100 g ⁻¹ de suelo)	0 - 10	1	2.31	2.85	3.03	3.06	2.89	0.34
		2	6.08	5.7	5.96	5.7	5.7	
	10 - 20	1	2.49	3.1	2.85	3.17	2.64	
		2	4.75	3.99	4.94	4.19	3.61	

() Valores originales

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso. 2. Finalizar período poco lluvioso

Tabla 9. Deposición de hojarasca en el suelo (g/m²) y aporte de nutrientes a través de esta (kg/ha).

Coberturas	Época de muestreo	Hojarasca acumulada (g (m ²) ⁻¹)	Aporte de nutrientes (kg.ha ⁻¹)		
			Nitrógeno	Fósforo	Potasio
<i>N. wightii</i>	1	144,8 ^g	31,4 ^e	1,45 ^b	6,1
	2	341,2 ^a	59,1 ^a	3,41 ^a	8,6
<i>S. guianensis</i>	1	149,0 ^f	32,5 ^d	1,43 ^b	6,8
	2	187,0 ^d	51,5 ^b	1,31 ^c	7,6
<i>A. pinto</i>	1	107,0 ^j	39,5 ^c	1,05 ^f	5,8
	2	188,0 ^c	27,9 ^g	0,56 ^h	4,5
<i>C. ternatea</i>	1	113,0 ⁱ	25,0 ^h	1,18 ^e	3,5
	2	179,0 ^e	29,2 ^f	0,94 ^g	8,1
Cob. Natural	1	133,0 ^h	23,4 ⁱ	1,25 ^d	4,5
	2	256,0 ^b	29,6 ^f	1,45 ^b	4,1
ES ±		0,33 ***	0,37***	0,02***	0,26***

Valores porcentuales fueron transformados según arcsen √ porcentaje

() Valores originales

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso. 2. Finalizar período poco lluvioso

Coberturas: 1. *N. wightii*, 2. *S. guianensis*, 3. *A. pinto*, 4. *C. ternatea*, 5. Cob. natural

Tabla 10. Contenido foliar (%) de nitrógeno, fósforo y potasio en la plantación de cítrico bajo el efecto de las diferentes coberturas.

Coberturas	Época de muestreo	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
<i>N. wightii</i>	1	9,50 (2,72)	2,99 ^a (0,27)	7,27 (1,55)
	2	9,16 (2,55)	1,52 ^c (0,07)	9,46 (2,70)
<i>S. guianensis</i>	1	9,54 (2,74)	1,93 ^{bc} (0,11)	7,04 (1,45)
	2	9,75 (2,87)	1,81 ^c (0,10)	9,81 (2,90)
<i>A. pinto</i>	1	9,19 (2,55)	2,00 ^{bc} (0,12)	7,04 (1,45)
	2	9,40 (2,69)	1,62 ^c (0,08)	9,10 (2,46)
<i>C. ternatea</i>	1	9,10 (2,50)	2,37 ^b (0,17)	7,04 (1,52)
	2	9,16 (2,51)	1,90 ^{bc} (0,11)	9,98 (3,00)
Cob. natural	1	9,33 (2,61)	2,33 ^b (0,16)	7,04 (1,50)
	2	9,39 (2,65)	1,51 ^c (0,07)	8,91 (2,40)
ES ±		0,03	0,05 **	0,06

***P<0,001

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j Superíndices no comunes en columnas difieren a P<0.05. Duncan (1955)

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso. 2. Finalizar período poco lluvioso

Tabla 11. Calidad del jugo de cítrico para cada cosecha realizada bajo el efecto de las coberturas en estudio.

Coberturas	Época de muestreo	Acidez (%)	Sólidos solubles totales (° Brix)	Vitamina C (mg.100 ml ⁻¹ de jugo)	Índice de madurez
<i>N. wightii</i>	1	1,72 (0,91)	11,79	45,0 ^b	13,1
	2	1,62 (0,84)	12,16	32,1 ^d	14,5
<i>S. guianensis</i>	1	1,62 (0,82)	11,94	39,0 ^c	14,9
	2	1,52 (0,71)	13,21	40,0 ^{bc}	18,7
<i>A. pinto</i>	1	1,72 (0,89)	12,49	38,4 ^c	14,4
	2	1,52 (0,70)	13,71	52,9 ^a	14,5
<i>C. ternatea</i>	1	1,62 (0,78)	11,79	38,1 ^c	14,3
	2	1,72 (0,89)	13,11	49,5 ^a	14,5
Cob. natural	1	1,52 (0,72)	12,84	41,9 ^{bc}	15,3
	2	1,81 (0,95)	13,01	41,5 ^{bc}	13,2
ES ±		0,08	0,32	1,82 ***	1,05

** P<0,01

a, b, c, Superíndices no comunes en columnas difieren a P<0.05. Duncan (1955)

Valores porcentuales fueron transformados según $\arcsen \sqrt{\text{porcentaje}}$

() Valores originales

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso. 2. Finalizar período poco lluvioso

Tabla 12. Análisis del costo de los sistemas de siembra de leguminosas como cobertura en fincas de cítrico.

Indicadores	Sistemas de siembra		
	Gr + S + Gr	Herb + Gr + S + Gr	Herb + S + Gr
Salario	17,22	21,37	13,41
Seguridad social	2,06	6,22	4,79
Subtotal	19,28	27,56	18,20
Materiales			
• Herbicida	-	32,65	32,65
• Semillas	72,0	72,0	72,0
• Inóculos	3,51	3,51	3,51
• Fertilizantes	11,49	11,49	11,49
• Combustibles	21,11	21,16	14,0
Subtotal	108,11	148,41	133,65
Total de gastos directos	127,39	175,97	151,85
Gastos indirectos	12,74	17,60	15,19
Costo total	140,13	193,57	167,04

*** P<0,01

a, b, c Superíndices no comunes en columnas difieren a P<0.05 Duncan (1955)

Valores porcentuales fueron transformados según $\arcsen\sqrt{\text{porcentaje}}$

() Valores originales

Épocas: 1. Finalizar período lluvioso

2. Finalizar período poco lluvioso

Tabla 13. Análisis del costo unitario y de la producción de biomasa de leguminosa.

	Sistemas de siembra		
	Gr + S + Gr	Herb + Gr + S + Gr	Herb + S + Gr
Producción de biomasa de leguminosa a las 12 semanas ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	97	145	168
Costo del kg de la biomasa de leguminosa	1,45	1,33	0,99

Tabla 14. Resultados comparativos del efecto de dos coberturas (leguminosa y cobertura natural) en el cultivo de los cítricos.

Indicadores	Cobertura natural	Cobertura con leguminosas
Cosecha 1996		
Rendimiento ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	11,3	12,0
- Costos	195,26	207,36
- Ingresos	1793,31	1904,40
- Utilidades	1598,05	1697,04
Efecto económico (Cob. Leg - Cob. Nat)	-	98,99
Cosecha 1997		
Rendimientos promedios ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	23,8	28,3
- Costos	411,26	489,02
- Utilidades	3777,06	4491,21
Efecto económico (Cob. Leg - Cob. Nat)	3365,8	4002,19
	-	636,39
	-	