

EFFECTO DE PRÁCTICAS DE RECUPERACIÓN DE UN SUELO DE LADERA
SOBRE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE FRÍJOL ARBUSTIVO EN EL
CORREGIMIENTO DE MAPACHICO, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO
DE NARIÑO

ROLAND EDUARDO PEÑA MORILLO
DARIO FERNANDO PORTILLA ALMEIDA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2005

EFFECTO DE PRÁCTICAS DE RECUPERACIÓN DE UN SUELO DE LADERA
SOBRE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA DE FRÍJOL ARBUSTIVO EN EL
CORREGIMIENTO DE MAPACHICO, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO
DE NARIÑO

ROLAND EDUARDO PEÑA MORILLO
DARIO FERNANDO PORTILLA ALMEIDA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO AGROFORESTAL

Presidente de tesis
HECTOR RAMIRO ORDOÑEZ. I.F M.Sc

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2005

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

“Artículo 1° del acuerdo numero 324 del 11 de octubre de 1966 emanado del honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño”

Nota de aceptación:

Héctor Ramiro Ordóñez I. F M. Sc
Presidente de Tesis

Diego Muñoz I. AF Mg
Asesor delegado

Francisco Torres I. A Esp.
Jurado

Jesús Castillo I. A Ph. D
Jurado

San Juan de Pasto, Agosto del 2005

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

La Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, el programa de Ingeniería Agroforestal, sus directivos, docentes y diferentes estamentos.

Benjamín Sañudo Sotelo. I.A. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración y constante apoyo como profesional.

Claudia Muñoz Astaiza. I. A Mg. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su aporte en el inicio de la investigación como asesora delegada.

Héctor Ramiro Ordóñez. I. F M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración el proceso de investigación y como Presidente de Tesis.

Hugo Ruiz Erazo. I. A Mg. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su contribución en el proceso de la investigación.

Jesús Castillo Franco. I. A Ph. D. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como jurado.

Diego Muños Guerrero. I. AF Mg. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como jurado.

Y a todas las personas que de una u otra manera favorecieron el alcance de los objetivos planteados en este estudio.

DEDICO A:

Mis padres, mi hermana
y en memoria de Segundo Parra G.

ROLAND EDUARDO PEÑA MORILLO

DEDICO A:

Mis padres, hermana, sobrino
y en memoria de Segundo Parra G.

DARIO FERNANDO PORTILLA ALMEIDA

GLOSARIO

Abonos verdes: Práctica que consiste en emplear cultivos de vegetación rápida - en particular leguminosas y gramíneas -, que son cortados e incorporados en el mismo suelo en el cual han sido sembrados, con la finalidad de mejorar sus propiedades físicas.

Acacia melanoxylon: n.v. Acacia Japonesa. Especie arbórea perteneciente a la familia Mimosaceae, en Colombia se ha observado entre los 2.000 y 2.800 msnm, caracterizado por ser un árbol de 15m de altura aprox., tronco de corteza agrietada, cuya ramificación empieza a los 2m. Posee copa ovalada – piramidal; follaje verde blanzuzco de 6cm, alterno, de borde entero y nerviación paralela, flores redondas agrupadas, cremas, fruto en legumbre enroscada de 7cm, con múltiples semillas. Soporta suelos pobres y arcillosos, es fijadora de nitrógeno, sirve para recuperación de suelos y control de erosión, proporciona sombrío y es útil como barrera cortavientos y cerca viva.

Agroecología: Ciencia que consiste en la aplicación de los principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.

Caldo Microbial: El caldo microbial es la suma de productos orgánicos, algunos químicos y agua, que mezclados debidamente y aplicados al suelo promueven la multiplicación de microorganismos benéficos facilitando la asimilación de los nutrientes para las plantas y de esta manera haciendo más fértiles dichos suelos.

Costo fijo total: aquel costo que no se modifica con la tasa de producción.

Costo promedio: Costo total de determinado volumen de producción dividido entre ese volumen. Es el costo por unidad de volumen.

Costo variable total: costo relacionado con la tasa de producción y que varía a medida que se modifica la producción.

Cultivo en callejones: Esta técnica consiste en la mezcla de filas de árboles de porte pequeño o arbustos podados con cultivos anuales o semestrales cuyo objetivo es el aporte de abono verde producto de la poda de los árboles y protección contra malezas y vientos para el cultivo establecido.

Fríjol arbustivo: Leguminosa perteneciente a la familia Fabaceae, n.c. *Phaseolus vulgaris*, caracterizada por ser una planta de crecimiento erguido, posee flores blancas, fruto en vaina con semillas de color rojo oscuro sin estrías, de forma alargada – ovalada, son de consumo humano.

Guachado (Alteración del suelo): Práctica agroecológica que consiste en aflojar franjas de suelo y simultáneamente se incorpora materia orgánica al mismo para luego efectuar la siembra de los cultivos. Esta práctica promueve la recuperación parcial del suelo.

Ingreso: Cantidad de dinero recibida por una empresa o particular como resultado de la venta de sus productos.

Inversión: Erogación realizada en bienes para aumentar o reemplazar activos reales productivos en una empresa o actividad económica.

Jornal: Salario estipulado por días como pago para el jornalero o trabajador.

Penetrabilidad del suelo: Se refiere resistencia ejercida por el suelo ante la profundización de las raíces de las plantas debido a la compactación y disminución de espacios porosos.

Presupuesto total: técnica de planeación que permite estimar los resultados económicos que se obtendrán al ejecutar un plan de producción. Se fundamenta en el conocimiento de la disponibilidad de recursos de producción, y luego en las diferentes propuestas de rubros y niveles o sistemas de producción como opciones para análisis. Asimismo, asume que los datos sobre rendimientos físicos, costos de producción y precios de venta se conocen con certeza.

Rentabilidad: Capacidad que posee un proyecto de inversión o actividad económica de producir más del costo que genera.

Sena viarum: n.v. Alcaparro gigante. Especie arbórea perteneciente familia Caesalpinaceae, en Colombia se ha observado entre 1900 y 2900 msnm. Árbol de 5m de altura aprox., caracterizada por tener un tronco curvo con corteza lisa, cuya ramificación empieza a 1m, copa de forma arqueada con follaje verde con brillo tenue; hojas compuestas de 32cm, alternas, flores agrupadas, de color amarillo fuerte de 4cm de diámetro; fruto en legumbre aplanada de color carmelita de 12cm, con varias semillas.

Senna pistassifolia: n.v. Pichuelo. Especie arbórea perteneciente a la familia Caesalpinaceae, En Colombia se han observado entre 0 y 1800 msnm, caracterizada por un crecimiento de 9m de altura aprox., hojas de color verde brillante con disposición bipinada compuesta, paripinada o simple; flores agrupadas, amarillas. Es utilizada para sombríos de cultivos. Crece en suelos pobres, erosionados, pedregosos y poco profundos. Es utilizada en la protección de suelos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	20
II. REVISIÓN DE LITERATURA	23
2.1 Agroforesteria	23
2.1.1 Definición e importancia	23
2.1.2 Clasificación de sistemas agroforestales	24
2.1.2.1 Sistema agroforestal de cultivo en callejones	24
2.2 Prácticas agroecológicas	25
2.2.1 Ordenación de cultivos	25
2.2.2 Rotación de cultivos	25
2.2.3 Siembras a contorno	26
2.2.4 Coberturas vegetales	26
2.2.5 Coberturas muertas	26
2.2.6 Barreras vivas	26
2.2.7 Abonos verdes	26
2.2.8 Caldos microbiales	27
2.3 Deterioro de los suelos	27
2.4 Penetrabilidad del suelo	28
2.5 Componente agrícola	29
2.5.1 Frijol arbustivo (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	29
2.5.1.4 Generalidades	29
2.5.1.2 Clima y suelo	29
2.5.1.3 Siembra	30
2.5.1.4 Cosecha	30
2.5.1.5 Importancia del cultivo	30
2.6 Componente arbóreo	31
2.6.1 Acacia Japonesa (<i>Acacia melanoxylon</i>)	31
2.6.1.1 Generalidades	31
2.6.2 Pichuelo (<i>Senna pistasiifolia</i>)	32
2.6.2.1 Generalidades	32
2.6.3 Alcaparro Gigante (<i>Senna viarum</i>)	33
2.6.3.1 Generalidades	33
2.7 Factores climáticos	33
2.7.1 Presipitación	33
2.7.2 Brillo solar	33
2.7.3 Temperatura	34
2.8 Aspectos económicos en sistemas agroforestales y cultivo de frijol arbustivo	34

	Pág.
III. MATERIALES Y MÉTODOS	35
3.1 Localización	35
3.2 Suelos	35
3.3 Metodología	35
3.3.1 Diseño experimental	36
3.3.2 Tratamientos	36
3.3.3 Distribución experimenta	37
3.4 Variables de evaluación del componente agrícola	38
3.5 Variables de evaluación del componente forestal	39
3.6 Análisis estadístico	40
3.7 Análisis económico	41
3.8 Análisis de penetrabilidad del suelo	42
3.8.1 Porcentaje de humedad gravimétrica	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1 Comportamiento de las especies arbóreas	44
4.1.1 Incremento de altura	44
4.1.1.1 Incremento promedio mensual de altura	45
4.1.1.2 Incremento total de altura	46
4.1.2 Incremento de diámetro de fuste	48
4.1.2.1 Incremento promedio mensual de diámetro de fuste	48
4.1.2.2 Incremento total de diámetro de fuste	49
4.1.3 Incremento de área de copa	52
4.1.3.1 Incremento promedio mensual de área de copa	52
4.1.3.2 Incremento total de área de copa	52
4.2 Comportamiento del componente agrícola	55
4.2.1 Promedio total de número de vainas por planta	56
4.2.2 Promedio total de número de granos por vaina	57
4.2.3 Promedios totales de peso de 100 granos	60
4.2.4 Producción promedia total de grano seco para los dos tipos de Laboreo	61
4.3 Análisis económico	66
4.4 Análisis de penetrabilidad del suelo	68
4.4.1 Relación penetrabilidad – altura en árboles	71
4.4.2 Relación penetrabilidad – área de copa	72
4.4.3 Relación penetrabilidad – cultivo de frijol	72
4.4.4 Humedad gravimétrica	72
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	73
5.1 Conclusiones	73
5.2 Recomendaciones	74
VI. BIBLIOGRAFIA	75

ANEXOS

Pág.

82

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Inversión total sistema agroforestal en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño.	42
Cuadro 2. Escala de resistencia a la penetración del suelo.	43
Cuadro 3. Andeva incremento total en altura (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.	46
Cuadro 4. Tukey 5% subparcelas. Incremento total en altura (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.	48
Cuadro 5. Tukey 5% parcelas. Incremento total en altura (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.	48
Cuadro 6. Andeva incremento total diámetro de fuste (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.	49
Cuadro 7. Tukey 5% subparcela. Incremento total diámetro de fuste (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.	51
Cuadro 8. Andeva incremento total da área de copa (m ²) de las especies arbóreas periodo febrero – septiembre, 2004.	52
Cuadro 9. Tukey 5% subparcela. Incremento total da área de copa (m ²) de las especies arbóreas periodo febrero – septiembre, 2004.	54
Cuadro 10. Andeva vainas por planta fríjol, 2004.	56
Cuadro 11. Tukey 5% subparcela. Vainas por planta fríjol, 2004.	56
Cuadro 12. Tukey 5% parcela. Vainas por planta fríjol, 2004.	56
Cuadro 13. Andeva granos por vaina de fríjol, 2004.	59
Cuadro 14. Tukey 5% subparcela. Granos por vaina de fríjol, 2004.	59
Cuadro 15. Tukey 5% parcelas. Granos por vaina de fríjol, 2004.	59
Cuadro 16. Andeva peso 100 granos fríjol, 2004.	60

	Pág.
Cuadro 17. Tukey 5% subparcela. Peso 100 granos frijol, 2004.	61
Cuadro 18. Andeva producción grano seco kg/ha, 2004.	62
Cuadro 19. Tukey 5% subparcela. Producción grano seco kg/ha, 2004.	62
Cuadro 20. Tukey 5% parcela. Producción grano seco kg/ha, 2004.	62
Cuadro 21. Tukey 5% bloques. Producción grano seco kg/ha, 2004.	62
Cuadro 22. Indicadores económicos para el sistema agroforestal frijol arbustivo – especies arbóreas y testigo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño, 2004.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de campo	37
Figura 2. Planta de frijol arbustivo variedad ICA – BACHUE, en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto	38
Figura 3. Crecimiento promedio de altura para las especies arbóreas periodo marzo 2003 – septiembre 2004.	44
Figura 4. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas con alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.	47
Figura 5. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas sin alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.	47
Figura 6. Incremento promedio mensual diámetro de fuste para las especies arbóreas con alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.	50
Figura 7. Incremento promedio mensual diámetro de fuste para las especies arbóreas sin alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.	50
Figura 8. Incremento promedio total diámetro de fuste para las especies arbóreas con y sin alteración, periodo febrero – septiembre, 2004.	51
Figura 9. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas con alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.	53
Figura 10. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas sin alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.	53

	Pág.
Figura 11. Incremento promedio total de área de copa para las especies arbóreas con y sin alteración, periodo febrero – septiembre 2004.	55
Figura 12. Cultivo fríjol arbustivo variedad ICA – BACHUE entre hileras de acacia japonesa, alcaparro y pichuelo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto.	55
Figura 13. Promedios totales de número de vainas por planta de fríjol para los dos tipos de laboreo.	58
Figura 14. Promedios totales de número de granos por vaina de fríjol para los dos tipos de laboreo	58
Figura 15. Promedios totales de peso de 100 granos de fríjol para los dos tipos de laboreo.	64
Figura 16. Producción promedio total de grano seco de fríjol arbustivo, para los dos tipos de laboreo.	64
Figura 17. Prueba de penetrabilidad de suelo para el bloque I en el corregimiento de Mapachico, departamento de Nariño, 2004.	68
Figura 18. Prueba de penetrabilidad de suelo para el bloque II en el corregimiento de Mapachico, departamento de Nariño, 2004.	69
Figura 19. Prueba de penetrabilidad de suelo para el bloque III en el corregimiento de Mapachico, departamento de Nariño, 2004.	70

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Valores totales mensuales de brillo solar, precipitación y valores medios mensuales de temperatura.	83
ANEXO 2. Incremento promedio mensual y total en altura para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo.	84
ANEXO 3. Incrementos mensuales y total de diámetro de fuste para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo.	85
ANEXO 4. Incrementos mensuales y total área de copa para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo.	86
ANEXO 5. Número de vainas por planta y número de granos por vaina de frijol arbustivo variedad ICA – Bachué.	87
ANEXO 6. Peso de 100 granos y kg/ha de grano seco de frijol arbustivo variedad ICA - Bachué.	88
ANEXO 7. Resistencia del suelo a la penetrabilidad en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño.	89

RESUMEN

La presente investigación corresponde a la segunda fase del trabajo realizado por Bravo y Bravo¹, que consistió en el establecimiento del sistema agroforestal y la práctica de actividades agroecológicas en un suelo de ladera ubicado en el corregimiento de Mapachico al occidente de la ciudad de San Juan de Pasto.

El objeto fundamental de esta nueva fase, fue analizar el efecto de las prácticas de recuperación de suelos utilizadas mediante la implantación del cultivo de frijol arbustivo para evaluar la producción de grano seco.

Una vez finalizada la fase de establecimiento del sistema agroforestal y la incorporación de los materiales vegetales al suelo, se realizó la siembra de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*) variedad ICA – Bachué en los callejones previamente alterados con adición de abonos verdes y caldo microbial; y sirviendo como testigo la no alteración del suelo, ambos bajo la influencia del componente arbóreo acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), pichuelo (*Senna pistasiifolia*), y alcaparro gigante (*Senna viarum*).

Para dar secuencia a la fase de establecimiento se decidió continuar con la medición de altura, diámetro de copa y diámetro de fuste para el componente arbóreo, además de evaluar el comportamiento del cultivo a través del conteo de vainas por planta, granos por vaina, peso de 100 granos y producción de grano seco; para luego realizar el análisis económico correspondiente. Como complemento a la investigación se determinó la penetrabilidad del suelo en las áreas de siembra del cultivo asumiéndose ésta como un índice de recuperación del suelo.

La conclusión a la cual se llegó fue que la alteración del suelo es una práctica que favorece la recuperación del suelo reflejando una buena producción de grano seco, el tratamiento más representativo fue el testigo con alteración del suelo con una producción de 1331 Kg/Ha que con la ausencia de árboles provee una mayor área de siembra, obteniendo un mejor rendimiento. Además, la prueba de penetrabilidad respecto al cultivo establecido determinó que los suelos bajo la influencia de las especies arbóreas permiten una mayor profundización de raíces en comparación al tratamiento testigo el cual presentó una resistencia a la penetrabilidad considerada como extrema.

Palabras clave: Sistema agroforestal, recuperación de suelos, alteración del suelo, penetrabilidad, *Acacia melanoxylon*, *Senna pistasiifolia*, *Senna viarum*, *Phaseolus vulgaris*.

1. BRAVO, M. y BRAVO, F. Evaluación preliminar y difusión de un arreglo agroforestal recuperador en una zona del municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

ABSTRACT

The present research corresponds to the second phase of work made by Bravo and Bravo¹, which consisted on establishing the agroforestral system and the practice of agroecological activities in a slope soil located in the jurisdiction of Mapachico, on the west of the city of San Juan of Pasto.

The main objective of this new phase was to analyze the effect of soil recovery practices used through the implementation of shrub bean cultivation to evaluate the production of dried grain. When the phase of establishment of agroforestral system and incorporation of vegetal materials to soil were finished, the sowing of shrub bean (*Phaseolus vulgaris*), ICA variety – Bachue was made into alleys which were previously uncultivated as well as the addition of green manures and microbial broth and no alteration of soil was used as witness. These both were under the influence of tree component: japanese acacia (*Acacia melanoxylon*), pichuelo (*Senna pistasiifolia*) and giant caper (*Senna viarum*).

It was decided to pass to the height measurement, crown tree and wood diameter to tree component to continue with the establishment phase. Besides, it was evaluated the cultivation behaviour through the sheath counting per plant, grains per sheath, 100-grain weight and production of dried grain as well as it was made the respective economical analysis. As an additional part to this work, it was determined the deepness of soil in cultivation sowing areas which were considered as a rate of soil recovery.

It was concluded that the activity to furrow for sowing soil is a practice which favor the soil recovery which is reflected in a good production of dried grain. The witness treatment with soil furrowing with a production of 1330 Kg/Ha was more representative than tree absence which gives a higher sowing area resulting in a better yield. Moreover, the deepness test respect to cultivation established determined soils under tree species influence allow a higher deepness of roots in comparison to witness treatment which showed a resistance to deepness considered as external.

Key words: agroforestral system, soils recovery, soil furrowing, deepness, *Acacia melanoxylon*, *Senna pistasiifolia*, *Senna viarum*, *Phaseolus vulgaris*.

1. BRAVO, M. y BRAVO, F. Evaluación preliminar y difusión de un arreglo agroforestral recuperador en una zona del municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

I. INTRODUCCIÓN

En los suelos de ladera de la región andina de Nariño, el uso inadecuado de maquinaria agrícola en las labores de preparación, la actividad de una agricultura limpia y monocultivista, así como la ausencia de prácticas de conservación, son los principales factores negativos que han contribuido a su degradación, representada en la disminución de la capa superficial, pérdida de agregación y compactación.

El término degradación se refiere a la pérdida del potencial productivo de un suelo, por deterioro de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, como consecuencia del uso de prácticas agrícolas inapropiadas a través del tiempo.²

Las consecuencias del deterioro del suelo se reflejan en la baja capacidad productiva, escasa retención de humedad y susceptibilidad a la erosión, lo cual trae como consecuencia el abandono de los terrenos para la actividad agropecuaria; según el IGAC la erosión afecta el 52% del territorio nacional y 86% de la zona andina presenta algún grado de la misma.³

No obstante a la problemática presente el agricultor puede implementar prácticas de restitución física, química y biológicas de la fertilidad de los suelos gastados, así sea de manera parcial para obtener rendimientos significativos en las cosechas de sus cultivos, en este caso frijol arbustivo. Dichas prácticas están al alcance de las comunidades rurales, por el bajo costo y el empleo de elementos de fácil consecución.⁴ Además la Agroforestería puede constituirse como otra alternativa frente a esta situación, ya que tiene como objetivos principales aumentar los rendimientos del campo y los productos obtenidos, así como la fertilidad del suelo para mejorar el nivel de vida de los productores.⁵

2. AMÉZQUITA, E. C. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Actualidades ICA (Colombia) VI (70) 1992.

3. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI – INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá, 1988.

4. SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

5. JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. Introducción a la agroforestería. In Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 2001. pp 1-6.

Para esta investigación como indicador de la posible recuperación de la productividad del suelo, se tomó como referencia la rentabilidad del cultivo frijol arbustivo variedad ICA – Bachué en cada uno de los tratamientos y subtratamientos del sistema agroforestal ya establecido.

En Colombia, el consumo de frijol en los últimos años ha aumentado de 3,5 kg/hab/año a 7 kg/hab/año.⁶ En el departamento de Nariño para el año 2003, el área sembrada con frijol arbustivo corresponde a 3.007 Ha y su producción total asciende a 2.112, 2 Ton, presentando una disminución del 26,8% con respecto al año anterior, debido a la disminución en el área de cosecha y rendimiento por hectárea.⁷

El trabajo realizado es continuación de la investigación adelantada por Bravo y Bravo⁸ entre el año 2003 y 2004, denominado “EVALUACION PRELIMINAR Y DIFUSION DE UN ARREGLO AGROFORESTAL RECUPERADOR EN UNA ZONA DEL MUNICIPIO DE PASTO, NARIÑO”, con el que se demostró al agricultor que las prácticas de guachado o surcado del terreno, con la adición de tamo de cereales, la aplicación de caldos microbiales y el empleo de abonos verdes de manera secuencial, favorecen una posible restitución parcial de la capacidad productiva de suelos deteriorados. Esto representado por incrementos significativos en el desarrollo de las especies arbóreas ya establecidas; de acuerdo a este ensayo las especies presentaron una variación considerable en cuanto al incremento de altura, diámetro de tallo y área de copa en las parcelas con actividad recuperadora en comparación a los lotes sin alteración.

Por lo tanto la presente investigación implica que se tengan fundamentos reales sobre los costos y bondades de las medidas aplicadas y su incidencia en la producción de un cultivo comercial, en este caso frijol arbustivo; asumiendo que el comportamiento del cultivo será similar al observado en los árboles, y de este modo se podrá demostrar los beneficios de las prácticas agroecológicas, con perspectivas de que sean replicadas.

Por lo anterior se hace necesario el estudio de las prácticas agroecológicas implementadas para establecer si ellas benefician positivamente las condiciones del suelo y por ende una mejor rentabilidad en las cosechas. De esta manera se determinó los siguientes objetivos:

6. BASTIDAS, R. G. Desarrollo, evaluación y uso del germoplasma de frijol común en Colombia. In Progreso en la investigación y producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). CIAT, Cali, Colombia, 1989. pp 243 – 261

7. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Gobernación de Nariño, Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente. Consolidado Agropecuario 2003. Bogotá, 2003. p 30

8. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

- Evaluar el crecimiento de las especies arbóreas acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), pichuelo (*Senna pistaciifolia*) y alcaparro gigante (*Senna viarum*); así como los rendimientos de grano seco de frijol arbustivo variedad ICA - Bachué.
- Hacer un análisis económico incluyendo el beneficio – costo, ingreso neto, ingreso bruto y rentabilidad de las prácticas implementadas.
- Determinar la penetrabilidad del suelo en el área destinada para el cultivo de frijol arbustivo, como un indicador de recuperación del mismo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agroforestería

La Agroforestería está orientada hacia la integración de árboles y otras especies madereras perennes con cultivos y/o ganado para aumentar los rendimientos del campo, mejorar la fertilidad del suelo y proporcionar una gama de productos útiles. La Agroforestería es considerada como una de las defensas de primera línea en la lucha por la seguridad alimentaria, la autosuficiencia de los agricultores y la conservación de los recursos naturales.⁹

Fassbender, argumenta que los sistemas agroforestales presentan características muy definidas respecto al uso de la tierra, estos son manejados por el hombre mediante la selección de especies productoras, el control de los organismos que compiten con él y en algún grado el control de los factores abióticos; todo ello con miras a aumentar la cosecha, disminuir su variación en el tiempo y minimizar el uso de sustancias químicas. El fundamento de estos se halla en el mejor aprovechamiento de los recursos en el espacio vertical, tanto aéreo como subterráneo, ya que en el suelo se permite la creación de microclimas favorables para la actividad microbiana, que luego se van a ver representados en el buen desarrollo de las plantas y su producción.¹⁰

2.1.1 Definición e importancia

Se define como aquellos sistemas de uso de la tierra donde especies leñosas perennes se usan y manejan deliberadamente junto con cultivos agrícolas y/o animales; las interacciones ecológicas y económicas entre componentes surgen de arreglos espaciales y/o temporales.¹¹

El desarrollo de la agroforestería responde a las necesidades y condiciones de muchas zonas tropicales, donde la agricultura y forestería convencionales, por sí solas, no han podido satisfacer las diferentes demandas. La necesidad de proteger las tierras bajo cobertura forestal y la demanda por más tierras para la producción de alimentos y la ganadería justifica la agroforestería, ya que puede conciliar objetivos múltiples de producción y conservación a largo plazo.¹²

9. FAO – ICRAF. Informe reunión interregional sobre investigación, educación y desarrollo agroforestal para África, Asia y América Latina. Nairobi, Kenia, 1994. pp. 4 – 8.

10. FASSBENDER, H. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1993. p 45.

11. JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. Op. cit., pp 1-6.

12. Ibid.

2.1.2 Clasificación de los sistemas agroforestales

Naír sugiere una clasificación donde se consideran los aspectos estructurales y funcionales para agruparlos en las siguientes categorías: Sistemas silvopastoriles (árboles asociados con ganadería), Sistemas agrosilvoculturales (árboles combinados con cultivos), Sistemas agropastoriles (cultivos combinados con ganadería) y Sistemas agrosilvopastoriles (árboles combinados con cultivos y ganadería).¹³

El ICRAF citado por Krishnamurthy y Ávila clasifica los sistemas agroforestales en:

Sistemas agroforestales simultáneos, donde el árbol y otros componentes de producción crecen al mismo tiempo como son las plantaciones en lindero, setos en contorno, cercas y setos vivos, cultivo en callejones, árboles dispersos, sistemas silvopastoriles, agrobosques, cultivos perennes, barreras rompevientos.

Sistemas agroforestales secuenciales, donde el árbol y otros componentes de producción se cultivan en rotación sobre el mismo espacio como la agricultura migratoria, intercultivo rotativo, barbechos mejorados, sistema taungya y sistemas multiestratos¹⁴.

2.1.2.1 Sistema agroforestal de cultivo en callejones

Este arreglo dentro de la clasificación de las prácticas agroforestales pertenece a los sistemas agrosilvoculturales los cuales se caracterizan por integrar cultivos con especies leñosas.

El cultivo en callejón consiste en la siembra de cultivos en los espacios (callejones) entre hileras de especies leñosas, preferiblemente leguminosas de rápido crecimiento. Los árboles están orientados de manera que minimizan la sombra dentro de los callejones o en líneas a contorno en laderas para minimizar la erosión. Los árboles o arbustos se podan periódicamente durante la fase de cultivo para evitar el exceso de sombra o competencia radicular sobre el cultivo asociado. Las hileras de árboles permiten formar terrazas naturales cuando se ubican en zonas de ladera.¹⁵

13. NAIR, R. Agroforestería. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. 543 p.

14. KRISHNAMURTHY y AVILA. Bases de agroforestería. México, Trillas, 1999. p. 10.

15. JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. Op. cit., pp 1-6.

Para trabajarse en terrenos deteriorado, no se aconseja la instalación de cultivos comerciales en los callejones desde el comienzo de la implementación del modelo, sino aproximadamente a los 18 meses cuando se han hecho prácticas semestrales de trincheras subterráneas alternadas, partiendo las primeras a 0,5m de las hileras de árboles. En las trincheras se establecen las especies de guandul (*Cajanus cajan*) o crotalaria (*Crotalaria* sp.) en regiones trigueras bajas, chocho (*Lupinus mutabilis*) y vicias (*Vicia* sp.) en regiones altas. Dichas plantas se aportan como mulch y en el tercer semestre el suelo se rotura totalmente y se siembra avena (*Avena sativa*) al voleo empleándola también como abono verde.¹⁶

2.2 Prácticas agroecológicas

Agroecología se define como la ciencia que consiste en la aplicación de los conceptos y principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.¹⁷

Las prácticas agroecológicas buscan la protección de los suelos mediante sistemas de manejo de los cultivos y la cobertura vegetal entre las cuales se mencionan:¹⁸

2.2.1 Ordenación de cultivos

Se refiere a la ordenación territorial de todos los recursos con el fin de que cada uno produzca los mayores beneficios a costa del menor daño posible.¹⁹

2.2.2 Rotación de cultivos

Es la utilización racional del suelo teniendo en cuenta que cada cultivo utiliza elementos diferentes o en distinta proporción, lográndose evitar el agotamiento del suelo al extraerle cada vez más los mismos nutrientes.²⁰

16. SAÑUDO, B. et al. Introducción al manejo técnico de cultivos hortícolas en la zona cerealista de Nariño. Pasto, Universidad de Nariño, 2002. pp. 21-25.

17. HENAO, J. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogota, USTA, 1998. p 231.

18. HENAO, J. Op. Cit., p 231.

19. HENAO, J. Op. Cit., p 236.

20. HENAO, J. Op. Cit., p 236.

2.2.3 Siembras a contorno

Consiste en colocar las plantas en hileras a través de la pendiente siguiendo las curvas de nivel. Así, las plantas forman barreras donde choca el agua lluvia que corre sobre el terreno disminuyendo su velocidad. Al disminuir la velocidad, parte del suelo que arrastra el agua queda en la barrera.²¹

2.2.4 Coberturas vegetales

Consiste en mantener una cubierta densa y permanente de plantas que tengan sistemas radicales superficiales y de poca competencia en el cultivo, o raíces profundas no fasciculadas.²²

2.2.5 Coberturas muertas

Son residuos provenientes de desyerbas, podas, saqueos y desperdicios de cosechas que se esparcen por el suelo con el fin de formar una cubierta protectora contra la erosión (mulch).²³

2.2.6 Barreras vivas

Son hileras de plantas permanentes y de crecimiento tupido, sembradas a través de la pendiente cuyo objeto es disminuir la velocidad del agua que corre sobre el terreno para que no arrastre el suelo.²⁴

2.2.7 Abonos verdes

Cuando se habla de "abonado en verde" se hace referencia a la utilización de cultivos de vegetación rápida, que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con un "humus joven" de evolución rápida además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, que aseguran la renovación del humus estable, acelerando su mineralización y activando la población microbiana del suelo.²⁵

21. HENAO, J. Op. Cit., p 237.

22. HENAO, J. Op. Cit., p 243.

23. HENAO, J. Op. Cit., p 245.

24. HENAO, J. Op. Cit., p 246.

25. CERISOLA, C. Lecciones de agricultura biológica. Chile, Mundi-Prensa, 1989. pp. 27-30.

La incorporación del abono verde al terreno se realiza durante la época inicial de la floración, porque en ese momento es mayor la riqueza nutritiva de los tejidos; además durante esta etapa las plantas alcanzan su máximo desarrollo y tienen un alto contenido de agua, que facilita una rápida descomposición.²⁶

El empleo de abonos verdes es una práctica segura, económica, eficaz y sencilla, para iniciar la reconversión de una fertilización convencional hacia una orgánica, siempre que se haga de una manera técnica.²⁷ Cuando se tiene la oportunidad de observar directamente el manejo de estas prácticas y conversar en su propio idioma con los dueños de las parcelas manejadas, el campesino puede evaluar y considerar el riesgo de aplicar prácticas similares en su propio predio.²⁸

2.2.8 Caldos microbiales

Los caldos microbiales son una mezcla de productos orgánicos y algunos químicos debidamente combinados que mezclados con agua fresca generan procesos de multiplicación de microorganismos benéficos que aceleran la síntesis o transformación de nutrientes, haciéndolos asimilables para las plantas sin dejar residuos tóxicos en el sistema.²⁹

El caldo microbioal aporta los microorganismos *Azospirillum brasilense*, *Azobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* que actúan como biotransformadores de materiales orgánicos.³⁰

2.3 Deterioro de los suelos

La problemática de la degradación de los suelos en la faja tropical del mundo se hace cada día mas grave y aun es mas intensa en las zonas secas de la citada faja. En 1993 se estimaba que existen en el mundo 6.100 millones de hectáreas de tierras áridas, es decir cerca del 42% del territorio mundial, la mayor parte concentrada en África y Asa; en Colombia las zonas desérticas identificadas representan el 15% del territorio nacional, muy bajo si se compara con otros países.³¹

26. TORRES, E. Manual de conservación de suelos de ladera. México, Diana Editores, 1981. pp 124 – 128.

27. SAÑUDO, B. et al. Op. Cit., pp. 25-34.

28. CARLSON, P. Biología de la productividad de cultivos. México, AGT, 1990. 413 p.

29. RAMIRES, G. Agricultura orgánica; fungicidas, abonos y caldos microbiológicos. Buga, Imprimimos, 1998. p. 84.

30. SAÑUDO, B. et al. Op. Cit., p. 37

31. SAAVEDRA, *et al.* Evaluación de los CDS del Informe Nacional de Colombia. Bogotá: CIPE. Universidad Externado de Colombia, 1995. p. 185.

En Colombia un alto porcentaje de la agricultura se encuentra ubicada en las zonas de ladera, además, gran parte de esta agricultura se realiza con prácticas de manejo del suelo inadecuadas, haciendo que gran parte de los agricultores que ocupan estos sectores no conserven el equilibrio necesario dentro de la relación agua – suelo – planta – atmósfera, debido a la naturaleza frágil de estos ecosistemas.³²

Las capas superficiales del suelo normalmente poseen los valores más altos de materia orgánica; a medida que los horizontes se hacen más profundos disminuye. Con el laboreo, la pérdida difusa de la capa arable y el afloramiento del subsuelo trae como consecuencia la disminución de la materia orgánica y sus características afines.³³

2.4 Penetrabilidad del suelo

La degradación del estado estructural del suelo, determina la compactación del mismo y la disminución de su espacio poroso; impidiendo el crecimiento de las raíces y alterando la asimilación normal de los nutrimentos.³⁴

Se puede evaluar la compactación por medio de la resistencia a la penetración, la cual es realizada por medio de un aparato que simula el crecimiento radicular. Valores de resistencia superiores a 2.0MPa (Megapascales) reducen los rendimientos de los cultivos.³⁵ La revista Equipos, presenta un valor de 300 PSI, equivalente a 2.0Mpa como indicador de severidad, a partir del cual se suponen problemas de compactación.³⁶

Para la medición de la penetrabilidad, la humedad del suelo es un factor determinante en la toma de lecturas del penetrógrafo, aunque existe una relación sencilla entre las lecturas y cantidad de agua del suelo; en el proceso de desecación las partículas del suelo se acercan unas a otras lo que ocasiona un aumento en el valor de resistencia del suelo.³⁷

32. RUIZ, H., et al. Dinámica de la erosión del suelo bajo cuatro sistemas de labranza, cuantificada a través del microrelievimetro en suelos paperos del departamento de Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) XIX (1 – 2) 2002

33. CHARRY, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira, Universidad Nacional, 1987. 362 p.

34. ZUCCARDI, R. y FADDA, C. Influencia de la compactación del suelo sobre el desarrollo y rendimiento del trigo. Revista agronómica del noroeste argentino 4 (2): 143 – 153. 1965. Tomado de GUEVARA, L. y ROJAS, H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1976. 61 p.

35. ROMERO, T. E. y VARGAS, S. C. Estudio comparativo de suelo en el cultivo de la Palma africana. Palmas Oleaginosas. Colombia, Bucarelia S.A., 1994. 46 p.

36. REVISTA EQUIPOS. Costos de compactación de suelos. (Colombia) nº 54:22. 1994.

37. RUIZ, H. Efecto de cuatro sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un vertisol cultivado intensivamente en el valle geográfico del río Cauca. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 2001

2.6 Componente agrícola

2.6.1 Frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris*)

2.5.1.1 Generalidades

El cultivo de frijol arbustivo ha sido tradicional en las regiones trigueras bajas del Departamento de Nariño. El agricultor establece sus lotes comerciales sin un manejo técnico adecuado en cuanto a uso de semilla de calidad, utilización de fertilizantes y control oportuno de malezas, plagas y enfermedades limitantes de la producción y calidad del grano. Ello trae como consecuencia, la baja rentabilidad del cultivo. A pesar de esto, se sigue considerando al frijol arbustivo como una importante alternativa de diversificación en la zona triguera de Nariño.³⁸

El frijol arbustivo variedad ICA Bachué pertenece a la familia Fabaceae (leguminosa); es una planta de crecimiento erguido, posee flores blancas, semillas de color rojo oscuro sin estrías, de forma alargada – ovalada y peso de 100 semillas igual a 61 gramos. El ciclo del cultivo va de 140 – 160 días y su rendimiento es de 1500kg/Ha en monocultivo, con 70kg/Ha de semilla. Además, esta variedad es tolerante a antracnosis, roya y oidium, moderadamente resistente a fusarium.³⁹

2.5.1.2 Clima y suelo

El frijol arbustivo es cultivado en regiones entre 2000 y 2400 metros sobre el nivel del mar pero existen regiones aptas hasta los 2600 metros, por cuanto hay variedades que crecen y producen bien en regiones altas. El frijol arbustivo crece bien en terrenos con suelos sueltos, profundos y con buen drenaje, pero también se puede establecer en suelos pesados y superficiales, cuando se establecen prácticas que disminuyen los excesos de humedad.⁴⁰

La época de siembra de frijol debe coincidir con el régimen de lluvias bimodal con mayores precipitaciones en los meses de marzo y mayo para el primer semestre y de septiembre y octubre para el segundo semestre.⁴¹

38. SAÑUDO, B. et al. Op. cit., pp. 25-34.

39. LAGOS, T. y CRIOLLO, H. Evaluación de materiales regionales y mejorados de frijol arbustivo en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) XVI (1 - 2) 1999

39. SAÑUDO, B. et al. Op. cit., pp. 25-34.

40. Ibid.

41. Ibid.

2.5.1.3 Siembra

La siembra se recomienda entre 50 y 75kg de semilla por hectárea. Las distancias entre surcos son de 0,5 a 0,6m. Las distancias entre plantas son de 0,2 a 0,3m depositando 2 a 3 semillas por sitio. El método más común es el de chuzo o chaquín.⁴²

2.6.1.4 Cosecha

La cosecha debe realizarse en tiempo seco y cuando más de 90% de las vainas estén secas. Las plantas se arrancan totalmente y se llevan a un patio cementado, en donde se extienden en pequeños montones para completar su secamiento en días soleados.⁴³

2.5.1.5 Importancia económica del cultivo

El frijol es la leguminosa más cultivada a nivel mundial y participa con el 57% de la oferta mundial de leguminosas. La producción mundial de frijol fue de 25,4 millones de toneladas en 1999, de las cuales el 76,2% corresponde a frijol seco, el 17,4% a frijol verde (desgranado) y el 6,4% a frijol verde en vaina.⁴⁴

Los principales productores de frijol seco son la India, Brasil, China, Estados Unidos, México, Indonesia y Argentina. En 1998 Colombia participó con el 0,7% de la producción mundial de frijol seco, con una producción de 114.503 toneladas y una tasa de crecimiento promedio anual del 1,9% entre 1991 y 1998. Como principal factor explicativo de este comportamiento de la producción se destacan la mejora en el rendimiento, que pasó de 808kg/ha en 1992 a 945kg/ha en 1998, lo que representa una tasa de crecimiento del 2% promedio anual. El área cultivada, a su vez, presentó una tendencia creciente entre 1991 y 1995, al pasar de 133.742 hectáreas a 167.012 hectáreas, pero desde 1996 se han retirado aproximadamente 45.000 hectáreas de la producción.⁴⁵

42. MONTENEGRO, V. Tecnología del frijol común. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1989. 27 p.

43. SAÑUDO, B. et al. Op. cit., 27 p.

44. COLOMBIA. CORPORACION COLOMBIANA INTERNACIONAL. Sistema de Inteligencia de Mercados, Perfil de productos – Frijol. Bogotá, CCI, 2000. v.8. 12p. Consultado el 9 de abril del 2005. Disponible en www.cci.org.co

45. Ibid.

La producción nacional de frijol se concentra en la Región Andina con el 85% de la producción total y en la Costa Atlántica con un 13% de dicha producción, principalmente en los departamentos de Antioquia, Santander, Nariño, Huila, Tolima, Boyacá y Bolívar. 65% de la producción nacional de frijol proviene del cultivo de variedades volubles o de enredadera y el 35% restante de variedades arbustivas.⁴⁶

Las cifras indican que existe espacio en el mercado interno para ampliar el área sembrada destinada a frijoles seco y fresco, con el fin de sustituir las importaciones de estos productos, a condición de que se mejoren los niveles de productividad y se ofrezca el producto a precios que puedan competir con el frijol seco procedente de Ecuador o con el frijol fresco venezolano, especialmente en los meses de baja producción nacional.⁴⁷

2.7 Componente arbóreo

2.7.1 Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*)

2.6.1.1 Generalidades

La acacia japonesa es una especie arbórea perteneciente a la familia Mimosaceae, en Colombia se ha observado entre los 2.000 y 2.800 msnm, es un árbol de 15m de altura aproximadamente, tiene tronco con la corteza agrietada y la ramificación empieza alrededor de los 2m. Posee copa ovalada – piramidal; follaje verde blanuzco, hojas de 6cm, alternas, de borde entero y nerviación paralela. Tiene flores redondas agrupadas de color crema con un diámetro de 1cm; frutos en legumbre pardusca enroscada de 7cm, con múltiples semillas.⁴⁸

Su propagación es por semilla, los frutos se toman cuando se tornan amarillos, se secan al sol durante un día y luego se extraen las semillas; estas se colocan en un recipiente con agua hirviendo, dejándolas allí 24 horas. Posteriormente se siembra en el sitio definitivo, o en semilleros a 1cm de profundidad, a 1cm entre sí, en líneas separadas 10cm. El transplante se efectúa cuando las plántulas alcanzan 20cm. Soporta suelos pobres y arcillosos, es una especie fijadora de nitrógeno, que sirve para recuperación de suelos y control de erosión, proporciona sombrío y es útil como barrera cortavientos y cerca viva.⁴⁹

46. CORPORACION COLOMBIANA INTERNACIONAL. Op. cit.

47. Ibid

48. RODRIGUEZ NIETO, V. M., et al. Manto de la tierra. Bogotá, Lerner, 1990. 34 p.

49. Ibid.

Vergara, citado por Santiago y Piedrahita, afirma que la acacia japonesa es una especie multipropósito que inicialmente se plantó con fines ornamentales, para dar sombra y protección a los animales, en la estabilización de dunas, como cortinas rompevientos o cortafuegos. Esta especie leguminosa es excelente forrajera (16% de proteínas en plantas jóvenes), además ayuda al mejoramiento de los suelos mediante la fijación simbiótica de nitrógeno, lo que le permite tener una alta adaptabilidad, además aporta materia orgánica con alto contenido del mismo. También se ha plantado con fines maderables por la calidad y valor de su madera. Ecológicamente, la acacia es trascendente por su tolerancia a la sombra y a condiciones desfavorables del suelo (cárcavas, pantanos) y por su capacidad de colonizar suelos desprovistos de vegetación.⁵⁰

2.7.2 Pichuelo (*Senna pistasiifolia*)

2.6.2.1 Generalidades

El pichuelo es una especie arbórea perteneciente a la familia Caesalpinaceae, es una especie originaria del centro de América, actualmente se encuentra en el norte de sur América y en América central. En Colombia se han observado entre 0 y 1800 msnm. Presenta un crecimiento de 9m aproximadamente. Posee hojas de color verde brillante con disposición bipinada compuesta, paripinada o simple; tiene flores de color amarillo agrupadas en la parte terminal.⁵¹

Se propaga por semilla y estaca, la semilla se siembra en semillero a 1cm de profundidad, a 3cm entre sí, en líneas separadas 10cm. El transplante se efectúa cuando la plántula ha alcanzado 20cm, es utilizada para sombríos de cultivos. Crece en suelos pobres, erosionados, pedregosos y poco profundos. Es utilizado en la protección de suelos.⁵²

50. SANTIAGO, M. y PIEDRAITA, E. Efecto del peso de semillas en el crecimiento de *Acacia melanoxylon* R. Br. A los seis meses de edad en tres condiciones de suelo. In Revista, Organó Divulgatorio. Vol 47, N° 1 y 2(1994); p 129.

51. RODRIGUEZ NIETO, V.M., et al. Manto de la tierra. Bogotá, Lerner, 1990. 34p.

52. Ibid.

2.7.3 Alcaparro gigante (*Senna viarum*)

2.6.3.1 Generalidades

El Alcaparro gigante es una especie arbórea perteneciente familia Caesalpinaceae, su origen no está definido; actualmente se encuentra en centro y sur América. En Colombia se ha observado entre 1900 y 2900 msnm. Es un árbol de 5m de altura aproximadamente. Tiene un tronco curvo con corteza lisa, cuya ramificación empieza a 1m. Posee copa de forma arqueada con follaje verde con brillo tenue; hojas compuestas de 32cm, alternas. Presenta flores agrupadas de color amarillo fuerte de 4cm de diámetro. El fruto es una legumbre aplanada de color carmelita de 12cm, con varias semillas.⁵³

Se propaga por vía sexual. Las semillas se siembran en semilleros a 2cm, a 3cm entre sí, en líneas separadas 10cm. El transplante se efectúa cuando la planta alcanza 20cm. Exige buenos suelos.⁵⁴

2.7 Factores climáticos

2.7.1 Precipitación

La cantidad de lluvia tiene un efecto inversamente proporcional con la cantidad de agua evapotranspirada, el ciclo diario de la precipitación demuestra claramente la diferente frecuencia de lluvias diurnas en las partes altas de las montañas y un predominio de las nocturnas en los fondos de los valles. En el nivel intermedio se manifiesta las influencias de ambas circulaciones.⁵⁵

2.7.2 Brillo solar

En el trópico la duración del brillo solar varía desde el Ecuador con 12 horas durante casi todo el año, hasta latitudes de 20° con 11 a 13 horas. La duración del brillo solar disminuye generalmente con la altitud y esta es afectada por la topografía que se eleva en los alrededores del lugar.⁵⁶

53. RODRIGUEZ NIETO, V.M., et al. Op cit.. 34p.

54. Ibid.

55. LEGARDA, L y PUENTES, G. Talleres de Agroclimatología. Pasto, Colombia: UNIGRAF, 2001. p 88

56. Ibid.

2.7.3 Temperatura

Este parámetro se considera uno de los factores meteorológicos de mayor influencia sobre el desarrollo y transpiración de las plantas. Se ha comprobado que la evapotranspiración es mayor en climas cálidos y secos que en climas fríos y húmedos. El factor temperatura es un elemento fundamental en la mayoría de las formulas de estimación de la evapotranspiración puesto que sus valores pueden obtenerse con facilidad.⁵⁷

2.8 Aspectos económicos en sistemas agroforestales y cultivo de fríjol arbustivo

Bravo y Sánchez al realizar un estudio en un sistema de zanjas fértiles, afirman que al utilizar zanjas fértiles + abono verde + avena y posterior siembra de arveja, se obtiene una rentabilidad de 137% con respecto al testigo sin remoción que presenta pérdidas del orden de \$32.000 pesos / ha (-2.5% de rentabilidad del capital invertido).⁵⁸

Sánchez, *et al.* Al utilizar el sistema agroforestal pichuelo – lulo – curuba, afirma que este sistema en un periodo de 26 meses obtiene un VAN de \$307.611 con una tasa de retorno del 10% y una relación B/C de 4.4, la producción de cultivos agrícolas inician a los 12 meses por lo que en el primer año hay más egresos que ingresos y a partir de los 14 meses ya empiezan recibir ingresos por concepto de los cultivos agrícolas y hacia el futuro \$4.000/mes por concepto de leña para autoconsumo o venta a los vecinos.⁵⁹

En un estudio realizado por Bravo y García en el año 2001, evaluaron seis variedades de fríjol arbustivo en la localidad de Guaitarilla; donde encontraron que la variedad Andino2 obtuvo un ingreso neto de 1'224.599 pesos, con un costo total de 1'004.400 pesos y un rendimiento de 1114Kg/Ha; comercializado en el mercado a una valor de 2000\$/Kg presentando una rentabilidad de 121.92% en monocultivo.⁶⁰

57. LEGARDA, L y PUENTES, G. Op. cit., p 87

58. BRAVO, C. y SÁNCHEZ, C. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad y la producción de arveja (*Pisum sativum*) V. Santa Isabel, en el corregimiento de Mapachico (Nariño). Pasto, Colombia, 2005. 97p. Trabajo de grado (Ing. Agr.). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

59. SANCHEZ, A. *et al.* Sistemas agroforestales para la zona andina. Santa fe de Bogotá, 1995. p.238.

60. BRAVO, L. y GARCIA, C. Evaluación de tres líneas mejoradas y tres variedades regionales de fríjol arbustivo en el municipio de Guaitarilla, departamento de Nariño. Pasto, Colombia, 2001. 92p. Trabajo de grado (Ing. Agr.). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente trabajo se continuó realizando entre el periodo febrero – octubre de 2004 en el corregimiento de Mapachico, ubicado a 7Km al occidente de la ciudad de Pasto. Presenta una altura sobre el nivel del mar de 2750m, una temperatura media anual de 13 °C, una precipitación promedio anual de 500 a 1000mm, según Holdridge la formación vegetal pertenece a bosque seco montano bajo (bs-M) y tiene una humedad relativa de 70%.⁶¹ Esta zona determinada dentro de la región triguera de Nariño, ha sido caracterizada por el Instituto Colombiano Agropecuario como Zona A o como Conjunto Productivo CP1 – CP2 teniendo como criterio fundamental de clasificación la altura sobre el nivel del mar e indirectamente la pendiente y el grado de fertilidad de los suelos. Las mencionadas zonas se ubican desde los 2800 – 3100 msnm y 2400 – 2800 msnm respectivamente; caracterizadas generalmente por suelos de altiplanicies de topografía plana a ondulada, como también suelos con pendiente variable.⁶²

3.2 Suelos

Los suelos del corregimiento de Mapachico son derivados de cenizas volcánicas, de fertilidad moderada, que cambia de profundidad según las localidades, sus características edáficas no están totalmente definidas. El corregimiento de Mapachico se caracteriza por tener una topografía montañosa, de relieve ondulado, sus suelos van de franco arcillosos, con pH entre 5,5 y 6,5, considerándose ácidos o ligeramente ácidos, con alta fijación de fósforo.⁶³

3.3 Metodología

La presente investigación corresponde a una segunda fase del trabajo adelantado por Bravo y Bravo entre los años 2003 - 2004,⁶⁴ el cual fue realizado en un lote con mas de 30% de pendiente y abandonado para la actividad agropecuaria, el diseño experimental es el mismo expuesto en este proyecto, exceptuando la distribución del componente agrícola – Frijol arbustivo.

61. INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Información Meteorológica. 2000.

62. SAÑUDO, B. *et al.* Op. cit., pp. 206 - 209.

63. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo II. IGAC. Bogotá: 1996. p 570.

64. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

Para el trabajo anteriormente mencionado, se emplearon algunas especies entre las cuales se puede citar: la Vicia (*Vicia sativa*) y la Avena (*Avena sativa*). Las especies arbóreas utilizadas fueron: la Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), el Pichuelo (*Senna pistasiifolia*) y el Alcaparro gigante (*Senna viarum*).

Dicha investigación determinó un incremento en la altura media y en el rendimiento de avena en los dos sistemas de laboreo del suelo, arrojando los siguientes resultados:

Las subparcelas sometidas al sistema de alteración presentaron mayores alturas comprendidas entre 100 a 120cm, mientras que en los lotes sin alteración se presentaron valores inferiores a 40cm de altura; por tanto el crecimiento en general fue mejor en los suelos tratados.

En cuanto al rendimiento, el subtratamiento con mayor producción en promedio de biomasa fue el del laboreo del suelo y de acuerdo con el análisis de varianza se encontró diferencia altamente significativa entre los dos sistemas de laboreo del suelo y no se encontró diferencia significativa entre bloques, entre especies, bloques-especies, y la interacción entre especies-laboreo.

La biomasa obtenida en el cultivo de la avena fue picada e incorporada en las parcelas de recuperación, luego de la descomposición parcial de los tejidos se procedió a la siembra de un cultivo comercial, en este caso el frijol arbustivo, con el fin de determinar el beneficio económico de la práctica, lo cual hasta ese momento no se había comprobado. Las especies arbóreas, en el inicio de la nueva investigación presentaban una edad de dos años aproximadamente.

3.3.1 Diseño experimental

Se trabajó con un diseño experimental de bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro tratamientos, dos subtratamientos y tres repeticiones.

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos corresponden a testigo sin árboles, acacia japonesa, pichuelo y alcaparro gigante, mientras que los subtratamientos son testigo deteriorado o sin alteración del suelo y lote en recuperación o con guachado del suelo. Se distribuyeron de la siguiente manera:

T1= testigo sin árboles
T2= acacia japonesa
T3= alcaparro gigante
T4= pichuelo

Subtratamiento1: testigo sin alteración del suelo.

Subtratamiento2: lote en recuperación, con guachado o surcado profundo del suelo, disposición de tamo de trigo en el fondo, remojo con caldo microbial y posterior siembra de vicia andina (*Vicia sativa*) como abono verde.

3.3.3 Distribución experimental

En un lote de 15 x 84m, con tres bloques de 15 x 28m, con separación de 1m, cada uno con 4 parcelas de 15 x 6m y separadas a 1m, y cada parcela con 2 subparcelas de 15 x 3m (Figura 1).

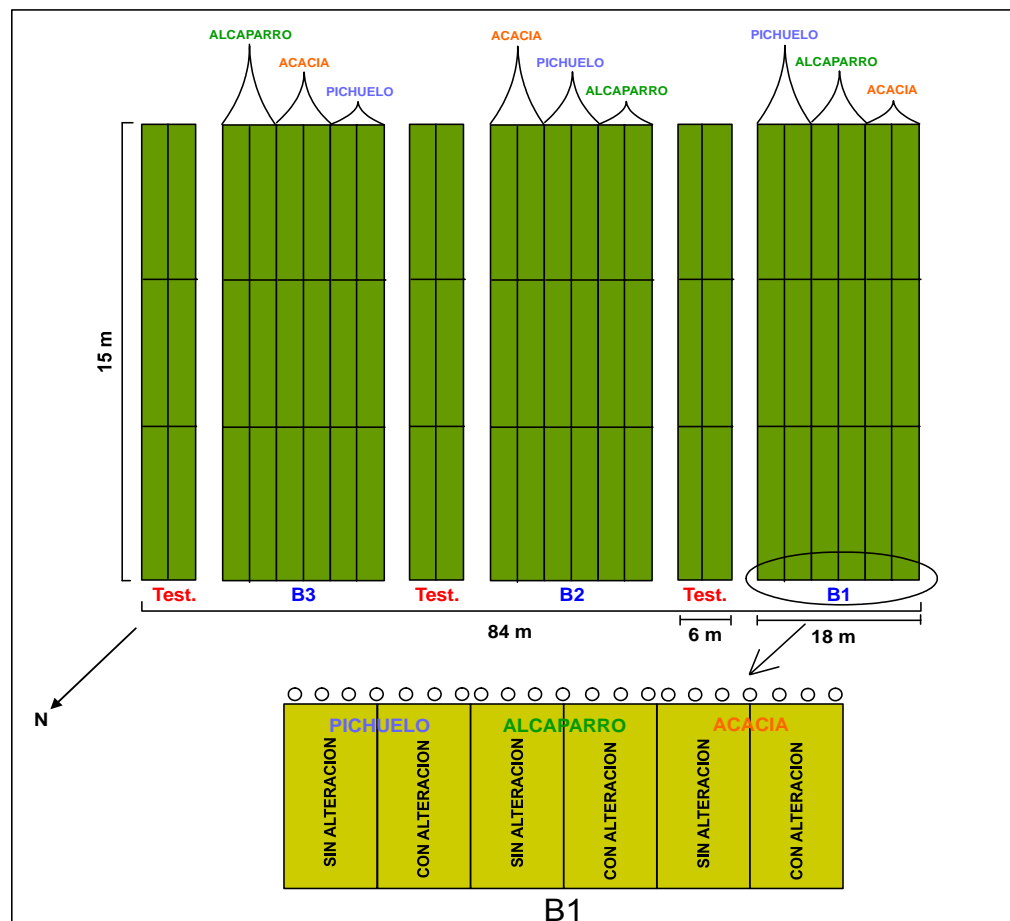


Figura 1. Mapa de campo.

En los tratamientos el área útil fue de 5 x 12m correspondientes a 10 árboles, mientras que en los subtratamientos el área útil fue de 2 x 12m correspondientes a 4 árboles.

De los 6 surcos establecidos en cada subparcela se tomaron 4 surcos centrales, de los cuales se eligieron 5 plantas centrales en cada uno de ellos, para determinar los parámetros evaluados.

3.4 Variables de evaluación del componente agrícola

La siembra del fríjol variedad ICA - Bachué (figura 2) que estaba prevista para el mes de febrero del 2004 (un mes después de incorporar avena forrajera), no se efectuó en esta fecha debido a que se produjo un comportamiento anormal en el régimen de lluvias en relación a lo observado en años anteriores (Anexo 1) lo cual provocó el aplazamiento de esta actividad al mes de mayo donde mejoró en cierta forma la condición ambiental. En consecuencia de lo anterior, cuando el cultivo requería mayor disponibilidad de agua se produjo un descenso de la precipitación obligando a suministrarle agua de manera artificial.



Figura 2. Planta de fríjol arbustivo variedad ICA-BACHUE, en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto.

La semilla se desinfectó con Vitavax en dosis de 1gr por kg de semilla; la siembra de ésta se efectuó a 50cm de distancia entre surcos y a 30cm entre sitios, con tres semillas por sitio.

Se realizaron labores de cultivo tales como el aporque y deshierbas periódicas para disminuir el efecto de malezas. Además se midieron en el cultivo los siguientes aspectos:⁶⁵

- a). Número de vainas por planta. En la cosecha se tomó al azar 20 plantas para contabilizar el número total de vainas
- b). Número de granos por vaina. Se trabajó con 50 vainas para contar el número total de semillas y obtener el promedio.
- c). Peso de 100 granos. De la cosecha de cada subparcela se determinó el peso promedio de 100 granos con 14% de humedad en base a 5 conteos.
- d). Producción de grano seco. Se determinó la producción total de la parcela útil en base grano con 14% de humedad.

La producción en la parcela útil se llevó a nivel de hectárea mediante la siguiente fórmula⁶⁶:

$$RF = \frac{RP \times (100 - HM) \times 10.000m^2}{AC \times 86}$$

Donde:

RF = Rendimiento de frijol arbustivo en Kg/ha al 14% de humedad

RP = Rendimiento de parcela útil (Kg)

AC = Área útil cosechada (m²)

HM = Humedad de la muestra (%)

3.5 Variables de evaluación del componente forestal

También se continuó con la medición de los árboles establecidos de la siguiente manera:

- a). En cada uno de los subtratamientos con los árboles se trabajó con los 4 individuos centrales, para medir mensualmente la altura, diámetro de tallo y diámetro de copa a partir del mes de Febrero cuando se incorporó la biomasa de avena en el suelo hasta la cosecha del frijol aproximadamente de 16 a 18 semanas a partir de la siembra.

65. SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

66. AGUIRRE, Roberto y PESKE, Silmar. Manual para el beneficio de semillas. Segunda edición. Cali: CIAT, 1992. p. 130.

- b). La medición de las alturas se hizo con regla desde el suelo hasta la yema terminal de los individuos seleccionados.
- c). El diámetro de tallo se midió con un pie de rey en la base del árbol.
- d). El diámetro de copa se midió con una regla, haciendo dos mediciones, la primera de sur a norte y la segunda de oriente a occidente. Teniendo en cuenta que esta investigación inició cuando las especies arbóreas tenían una edad aproximada de dos años y sus copas tienen una forma similar a una elipse, se utilizó la fórmula del área de esta figura geométrica para determinar este aspecto⁶⁷:

$$A = \pi r1. r2$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

r1= Radio de mayor longitud

r2= Radio de menor longitud

Para todos los incrementos promedios mensuales de los parámetros evaluados se consideró el comportamiento mes a mes de las especies con datos meteorológicos para establecer su incidencia sobre el desarrollo normal de los individuos en estudio.

3.6 Análisis estadístico

Los datos se interpretaron por medio del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando el programa informático SAS, con el cual se trabajó el modelo estadístico de Parcelas Divididas en diseño de Bloques Completos al Azar, el cual se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = U + B_k + P_i + (B \cdot P)_{ki} + S_j + P_i \cdot S_j + (B \cdot S)_{kj} + (B \cdot P \cdot S)_{kij}$$

Donde:

Y_{ijk} : variable de respuesta para la parcela i, la subparcela j en el bloque k

U : es la media general

B_k: es el efecto del bloque k

P_i : efecto de los tratamientos asignados a las parcelas mayores
(especies leñosas)

67. ORDOÑEZ, H. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

- (B*P)ki: error a
- Sj : efecto de los tratamientos asignados a las parcelas menores
(laboreo del suelo)
- Pi*Sj : efecto de la interacción Parc*Subparc.
- (B*S)kj + (B*P*S)kij : error experimental b.⁶⁸

3.7 Análisis económico

Se trabajó con la metodología de presupuesto total que cuantifica costos fijos y variables permitiendo estimar los resultados económicos que se obtienen al implementar este tipo de asociaciones con las variables con alteración del suelo y sin alteración del mismo. Los datos obtenidos para cada tratamiento en esta investigación fueron llevados a nivel de hectárea obteniendo así presupuestos individuales, con datos técnicos suministrados por FENALCE y la Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente.

En este análisis se tuvieron en cuenta algunos indicadores como el beneficio, costo, ingreso neto, ingreso bruto y rentabilidad de las prácticas implementadas, para lo cual se aplicaron las siguientes fórmulas:

RELACIÓN BENEFICIO COSTO:	$I \text{ total} / C \text{ total}$
INGRESO NETO:	$IN = I \text{ total} - C \text{ total}$
INGRESO BRUTO:	$IB = \text{Ingreso Efectivo} + \text{Ingreso no efectivo}$
COSTO PROMEDIO:	$CP = C \text{ total} / \text{Rendimiento}$
RENTABILIDAD APARENTE:	$Ra = (IN / C \text{ total}) \times 100$
RENTABILIDAD REAL:	$Rr = (IN / \text{Inversión total}) \times 100$
MARGEN BRUTO:	$MB = (I \text{ total} - C \text{ variables})$

Los costos variables estimados fueron preparación del terreno, actividades de siembra, labores culturales, actividades de cosecha, insumos y mano de obra, como costos fijos se tomó el valor de arrendamiento del terreno por un valor de \$ 700.000 anual. Se consideró el valor del jornal diario en \$ 8.000 no gravados. El costo del kilo de semilla de frijol arbustivo variedad ICA – Bachué es de \$ 4.500, utilizando 60Kg/Ha para un total en el costo de semilla de 270.000 \$/Ha. Para la desinfección de la semilla se utilizó Vitavax en dosis de 1gr por kilo de semilla para un total de 60gr de este producto avaluado en 2.880 pesos. El precio estimado del frijol arbustivo vendido a intermediarios es de 3.145 \$/Kg.

68. LAGOS, T. y CRIOLLO, H. Principales aplicaciones del paquete SAS en diseño experimental. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 61 p.

El ingreso total se tomó como la sumatoria de la producción de frijol multiplicada por el valor en el mercado de un kilogramo de grano seco. El costo total se determinó para cada arreglo sumando los costos fijos y variables; el rendimiento se estableció promediando la producción obtenida por tratamiento en los tres bloques.

Para determinar el porcentaje de rentabilidad real se tomó la inversión inicial representada por los costos de las actividades de instalación del sistema agroforestal tales como preparación del terreno, siembra de árboles y material vegetal para abono verde, incorporación del abono verde e insumos utilizados en la investigación realizada por Bravo y Bravo ⁶⁹; sumada a los costos totales resultantes de la presente investigación con frijol arbustivo (cuadro 1); por tratarse de una práctica de recuperación, se deben considerar todos los gastos efectuados desde su implantación como una inversión debido a que esta perdura en ciclos de cultivo posteriores.

Cuadro 1. Inversión total sistema agroforestal en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño.

	ACACIA		PICHUELO		ALCAPARRO		TESTIGO	
	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA
Inversión inicial	632.500	313.000	691.000	285.500	667.500	276.000	388.000	44.000
C. total (frijol)	1'482.880	1'334.880	1'474.880	1'298.880	1'474.880	1'298.880	1'498.880	1'386.880
INVERSION TOTAL	2'115.380	1'647.880	2'165.880	1'584.380	2'142.380	1'574.880	1'886.880	1'430.880

CG = Con alteración

SG = Sin alteración

3.8 Análisis de penetrabilidad del suelo

La prueba de penetrabilidad realizada en el sitio de estudio se efectuó tomando tres puntos al azar por cada bloque dentro del área de siembra del frijol, distribuidos en la parte alta, media y baja; para un total de nueve puntos y un adicional que corresponde al testigo. El procedimiento se realizó con el Penetrógrafo de pistón Eijkelkamp con el cual se graficó la resistencia del suelo expresada en MPa (megapascales) por la profundidad en centímetros del punto tomado. Además se determinó el porcentaje de humedad gravimétrica para complementar los resultados anteriores.

69. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op cit.

Para efectos de interpretación se tuvo en cuenta para la resistencia, la escala descrita en el cuadro 2.⁷⁰

Cuadro 2. Escala de resistencia a la penetración del suelo.

Mpa	RESISTENCIA
1,5 a 2,5	Baja
2,5 a 3,5	Media
3,5 a 4,5	Alta
4,5 en adelante	Extrema

3.8.1 Porcentaje de humedad gravimétrica

De cada punto muestreado en la prueba de penetrabilidad se extrajo una muestra de suelo, inmediatamente después de llevar a cabo la prueba. Las muestras se llevaron al laboratorio especializado de la Universidad de Nariño, en el cual se tomaron 20gr de cada muestra y se determinó el peso en fresco.

Seguidamente se procedió al secado en horno a una temperatura de 105 – 110 °C por espacio de 24 horas. A continuación se procedió de nuevo a pesar las muestras para determinar el porcentaje de humedad gravimétrica mediante la fórmula:⁷¹

$$\% \text{ H. Gravimétrica} = \frac{\text{peso fresco} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

70. MONTENEGRO, Hugo. Interpretación de las propiedades físicas del suelo, textura, estructura, densidad, aireación, etc. En Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá, Colombia: SCCS, 1990. 235 p.

71. RUÍZ, H. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento de las especies arbóreas

4.1.1 Incremento de altura

En el crecimiento de altura a partir del establecimiento del sistema agroforestal en marzo del 2003 efectuado por Bravo y Bravo ⁷², hasta la conclusión de la fase dos que corresponde a la presente investigación, se observó mediante datos recopilados en campo que la especie acacia japonesa alcanzó la mayor altura promedio en los dos tipos de laboreo con 159.5cm para el subtratamiento alterado y 133.3cm para el subtratamiento sin alteración del suelo, seguido por pichuelo con 155.5cm y 97.5cm respectivamente; por último la especie alcaparro presentó el menor desempeño con 134.81cm en lote con alteración del suelo y 84.67cm para el subtratamiento sin alteración (Figura 3).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Juaspuezan y Oñate, en un arreglo agroforestal realizado en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida, utilizando acacia japonesa y nogal cafetero como componente arbóreo, donde esta primera especie mostró un incremento de altura superior al nogal en las diferentes evaluaciones realizadas.⁷³

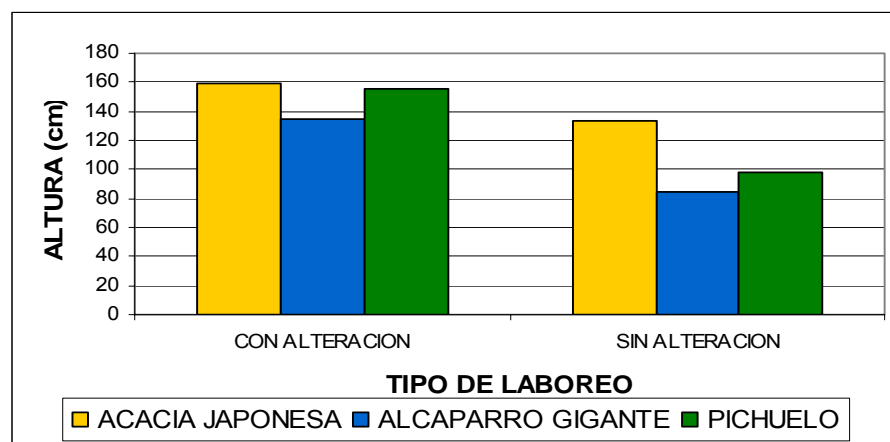


Figura 3. Crecimiento promedio de altura para las especies arbóreas periodo marzo 2003 – septiembre 2004

72. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

73. JUASPUEZAN, J. y OÑATE, C. Evaluación inicial de un arreglo agroforestal lulo *Solanum quitoense* Lam, plátano harton *Musa paradisiaca*-AAB L, nogal cafetero *Cordia alliodora* (Ruiz y Pabón) Oken, acacia japonesa *Acacia melanoxylon* R. Br, en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005. pp.72-74

4.1.1.1 Incremento promedio mensual de altura (cm)

Como se aprecia en la figura 4, la especie que presentó mayor incremento en altura bajo el tratamiento con laboreo del suelo fue el pichuelo, en los periodos comprendidos entre febrero – marzo y abril – mayo con 13,46cm y 12,92cm respectivamente; seguido por alcaparro con 7,85cm y 8,19cm para los mismos meses. Este crecimiento coincide con la época de lluvias presentada en el calendario A de 2004, siendo el mes de mayor precipitación marzo con 82,6mm según datos suministrados por el IDEAM (Anexo 1).

Para el periodo comprendido entre julio y septiembre se presenta un descenso en cuanto a la precipitación, siendo el valor mas bajo para el mes de agosto con 27,0mm, con lo cual se observa que este decrecimiento es directamente proporcional al incremento de la altura de las especies en estudio. Sin embargo, la tendencia tanto del alcaparro como de la acacia no se observa tan afectada por los puntos máximos y mínimos de lluvias como lo fue para el pichuelo.

Legarda y Puentes afirman que la frecuencia de las precipitaciones tiene gran importancia para valorar realmente su aprovechamiento por cuanto la suma mensual suele formar poco para realizar algunos cálculos. En los análisis más precisos se esta usando la lluvia decadal o diaria.⁷⁴

Respecto a las condiciones de temperatura a lo largo del estudio, se determinó que este factor tiene una tendencia homogénea a la precipitación entre los meses febrero – mayo y de igual forma cuando la precipitación disminuyó en los siguientes meses.

El descenso en las lluvias de los últimos meses del estudio ocasionó que las horas de brillo solar aumentaran debido a la disminución de la nubosidad.

Para las especies en el suelo sin alteración (figura 5), se observó que el alcaparro presentó mejor comportamiento a las condiciones del suelo; en cuanto a incremento de altura, para el periodo de mayor precipitación con 4,93cm entre febrero – marzo, seguido por pichuelo con 3,61cm y acacia con 0,873cm.

En el final del periodo de lluvias que corresponde al mes de junio, el incremento de estas tres especies fue similar con 4,38cm para el alcaparro, seguido de acacia con 4,15cm y pichuelo con 3,23cm en el periodo comprendido entre mayo – junio. Para los siguientes meses el comportamiento de las especies disminuyó debido a la reducción de las lluvias, sin presentar diferencias en este aspecto (Anexo 2).

74. LEGARDA, Lucio y PUENTES, Gerardo. Talleres de Agroclimatología. Pasto, Colombia: UNIGRAF, 2001. p 40

4.1.1.2 Incremento total de altura

Para el incremento de altura durante los ocho meses de estudio con las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo (cuadro 3), el análisis de varianza refleja diferencias altamente significativas entre los subtratamientos y las especies arbóreas, la variante encontrada para los dos tipos de laboreo del suelo señalada en el cuadro 4, establece que el laboreo del suelo proporciona mejores posibilidades de crecimiento en altura para las especies establecidas con un incremento promedio de 31,7cm. Este resultado concuerda con lo encontrado por Bravo y Bravo ⁷⁵ donde el sistema con alteración fue mejor en cuanto a crecimiento de las especies arbóreas (74.4cm) con respecto a la practica sin alteración del suelo (52.2cm); como también se comprueba con lo planteado por Pizarro y Saavedra ⁷⁶, quienes encontraron que la altura de los árboles en un sector con zanjas, es un 64% superior con respecto a zonas sin alteración.

Cuadro 3. Andeva incremento total en altura (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	11	1667.510	151.591	8.89	0.0071
BLOQUES	2	69.199	34.599	3.59	0.1280
PARCELAS	2	672.120	336.060	34.88	0.0029**
ERROR A	4	38.539	9.634	0.56	0.6980
SUBPARCELAS	1	877.246	877.246	51.42	0.0004**
ERROR B	6	102.362	17.060		
CORRECTED TOTAL	17	1769.873			
PAR*SUBP	4	38.539	9.634	0.56	0.6980

R2 = 0.942

CV= 16.709

DS= 4.130

PG= 24.718

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

75. BRAVO, M. y BRAVO, F. OP. cit.

76. PIZARRO, R. y SAAVEDRA, J. Análisis comparativo de técnicas de recuperación de suelos en áreas degradadas; efectos en la humedad del suelo, la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus radiata d don*. microcuenca del estero barroso, VII región. Talca, 1999. Consultado el 17 de enero de 2005. Disponible en www.eiao.utralca.cl/utralca2.html.

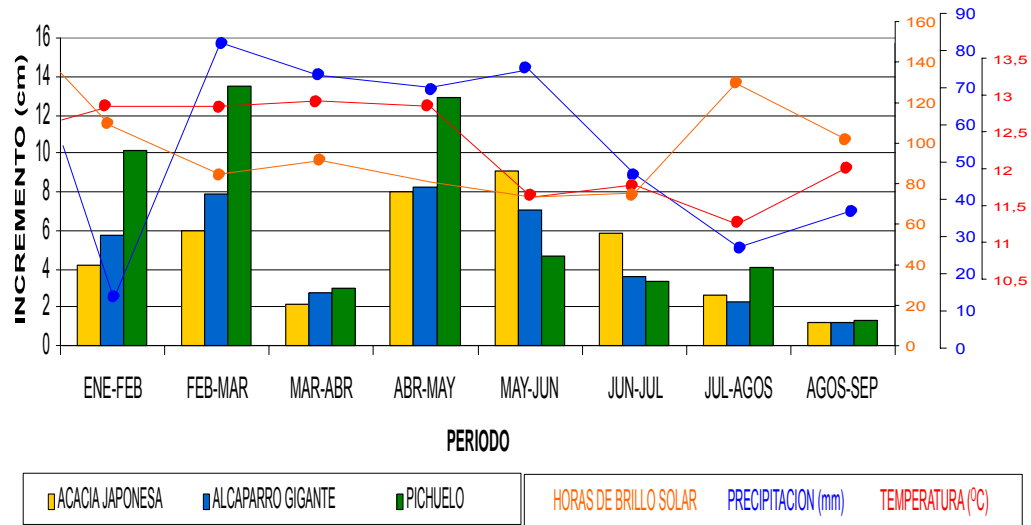


Figura 4. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas con alteración del suelo vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.

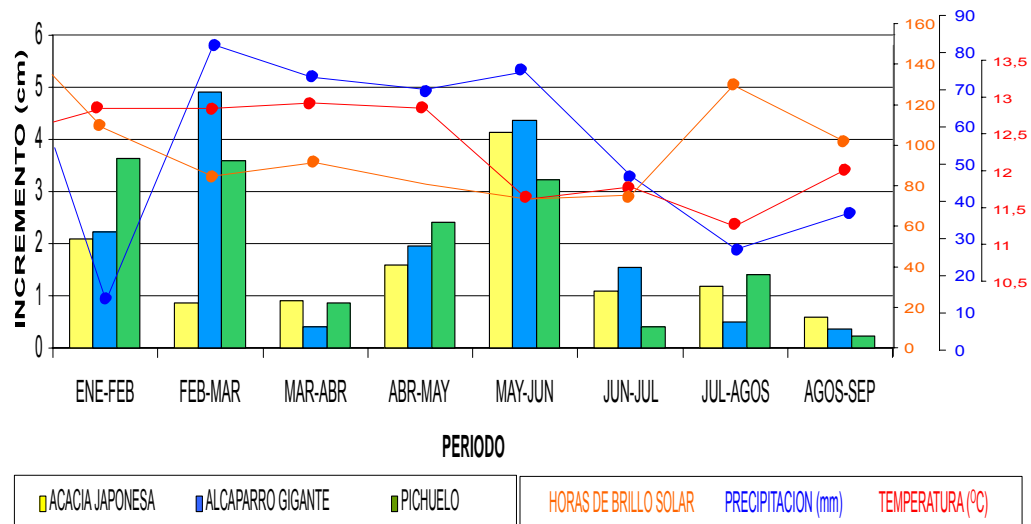


Figura 5. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas sin alteración del suelo vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.

Estadísticamente, la variación entre especies probablemente es debido a las características inherentes de cada una de ellas, de esta manera tanto la acacia como el alcaparro tienden a desarrollar más su altura a lo largo del periodo de estudio con respecto a la especie pichuelo, evidenciando así el efecto positivo que ejerce el laboreo del suelo sobre las especies ahí establecidas representado en valores superiores en cuanto a incremento de altura respecto a los individuos en las subparcelas sin alteración (cuadro 5).

Cuadro 4. Tukey 5% subparcelas. Incremento total en altura (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	31.700	9	Con alteración
B	17.738	9	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Cuadro 5. Tukey 5% parcelas. Incremento total en altura (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	PARCELA
A	29.983	6	ACACIA
A	28.022	6	ALCAPARRO
B	16.152	6	PICHUELO

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

4.1.2 Incremento de diámetro de fuste

4.1.2.1 Incremento promedio mensual de diámetro de fuste (cm)

El incremento de diámetro de fuste para el pichuelo fue el mejor en la época de lluvias con una diferencia notoria con respecto a las demás especies (figura 6); siendo el incremento marzo – abril y abril – mayo los más significativos con 0,68cm y 0,66cm respectivamente. En los meses posteriores a la temporada de lluvias, se presentó una tendencia relativamente uniforme salvo en el periodo agosto – septiembre cuando el alcaparro tiene un desarrollo más sobresaliente que las restantes especies.

Debido a las características del terreno sin laboreo, el incremento de diámetro de fuste en las especies es muy reducido, excepto en el pichuelo que en la temporada de lluvias presentó el incremento más alto con 0,44cm para marzo – abril y 0,46cm para abril – mayo (figura 7), siendo este resultado inferior al obtenido con la misma especie y en el mismo periodo con el sistema de alteración del suelo.

4.1.2.2 Incremento total de diámetro de fuste

Para el periodo de estudio de las especies arbóreas, comprendido entre los meses de febrero – septiembre de 2004 mediante el análisis de varianza, se observaron diferencias altamente significativas entre subparcelas en cuanto a incremento de diámetro de fuste con 88% de variabilidad debido a los subtratamientos con y sin alteración del terreno (cuadro 6).

Mediante la prueba de comparación de medias (cuadro 7) se determinó que el incremento medio de diámetro de fuste para las especies con alteración del suelo presentó un valor superior respecto al encontrado para los individuos en el terreno sin laboreo; este resultado concuerda con lo planteado por Bravo y Bravo ⁷⁷, donde se destacó la misma variable del suelo con 2,02cm sobre la práctica sin alteración (1,62cm).

Este comportamiento posiblemente es debido a que el suelo con alteración y la adición de tamo de cereales, mejora la porosidad del suelo permitiéndole absorber eficazmente el agua lluvia, al respecto Amézquita ⁷⁸, afirma que el incremento de la materia orgánica y cobertura vegetal en el suelo aumenta la capacidad de retención de humedad.

Cuadro 6. Andeva incremento total diámetro de fuste (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	11	4.679	0.425	4.40	0.0408
BLOQUES	2	0.306	0.153	1.44	0.3384
PARCELAS	2	0.825	0.412	3.87	0.1160
ERROR A	4	0.426	0.106	1.10	0.4344
SUBPARCELAS	1	2.920	2.920	30.22	0.0015**
ERROR B	6	0.579	0.096		
CORRECTED TOTAL	17	5.259			
PAR*SUBP	2	0.200	0.100	1.04	0.4105

R2 = 0.889

CV= 32.286

DS= 0.310

PG= 0.962

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

77. BRAVO, M. y BRAVO, F. Evaluación preliminar y difusión de un arreglo agroforestal recuperador en una zona del municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

78. AMEZQUITA, Edgar. Estudios hidrológicos y edafológicos para la conservación del agua y suelos en Turrialva. Costa Rica. 1992, p.21. Tesis de grado (Magister). IICA – CATIE.

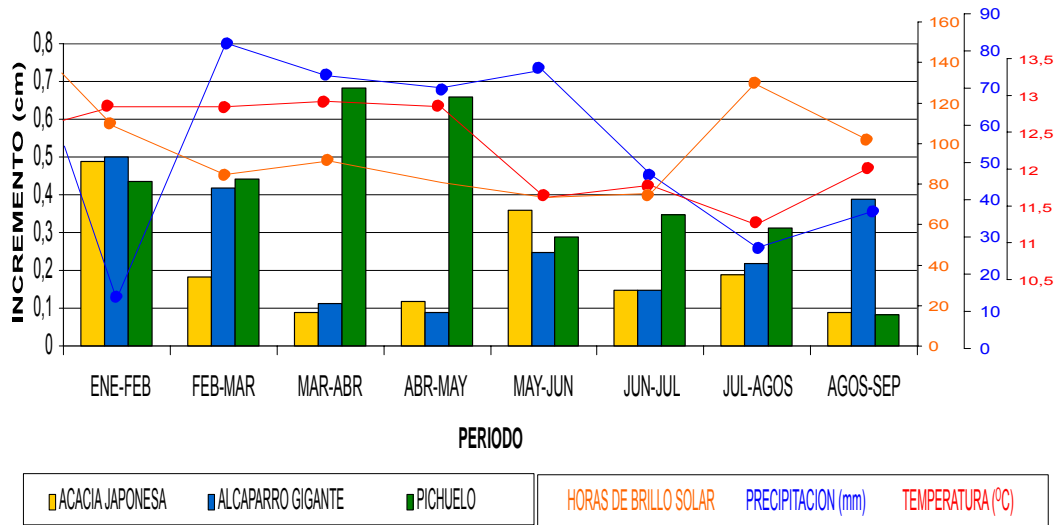


Figura 6. Incremento promedio mensual diámetro de fuste para las especies arbóreas con alteración del suelo vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.

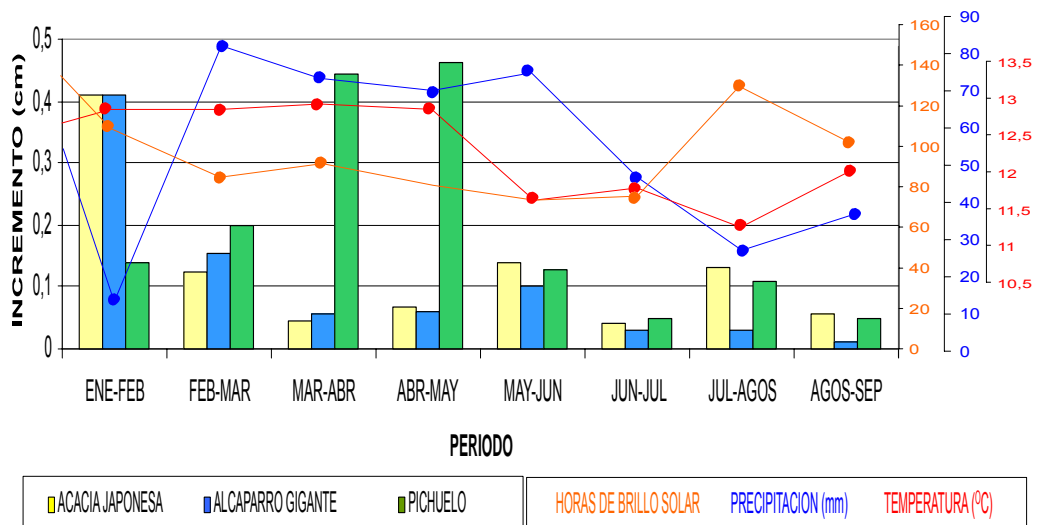


Figura 7. Incremento promedio mensual diámetro de fuste para las especies arbóreas sin alteración del suelo vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.

Cuadro 7. Tukey 5% subparcela. Incremento total diámetro de fuste (cm) de las especies arbóreas periodo febrero-septiembre, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	3.170	9	Con alteración
B	1.773	9	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Mediante observaciones realizadas directamente en campo se estableció para los dos tipos de laboreo, que el pichuelo presentó mejores resultados en cuanto al incremento de diámetro de fuste con 1,53cm para el suelo alterado y 0,67cm sin alteración (figura 8). Además se puede observar una mínima diferencia entre el resultado obtenido entre pichuelo y alcaparro con alteración, este último con un incremento de 1,49cm. La acacia presentó un mejor comportamiento en el suelo sin laboreo con respecto al mostrado en el subtratamiento con alteración con el incremento más bajo de las tres especies (Anexo 3).

De igual manera en el estudio realizado por Juaspuezan y Oñate, en el corregimiento de Matituy, en el municipio de la Florida se encontró que la acacia tuvo un incremento en el diámetro de fuste equivalente a 2,41cm el cual fue superior a la otra especie establecida.⁷⁹

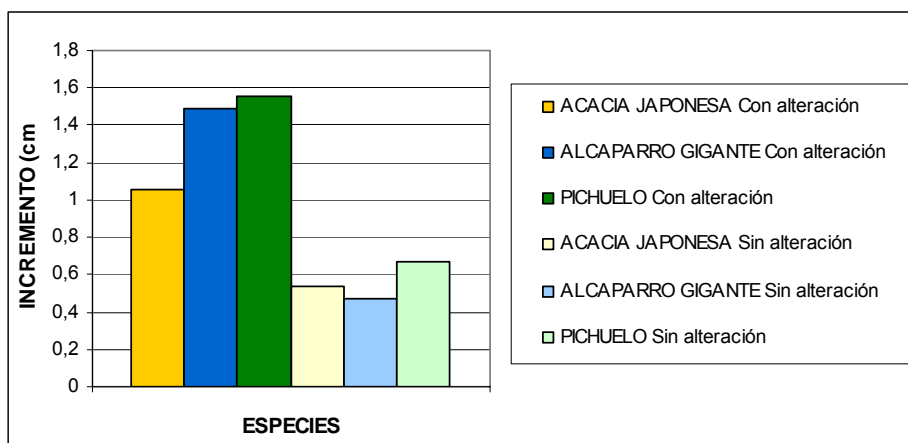


Figura 8. Incremento promedio total diámetro de fuste para las especies arbóreas con y sin alteración, periodo febrero – septiembre, 2004.

79. JUASPUEZAN, J. y OÑATE, C. Op. cit., pp.72-74

4.1.3 Incremento de área de copa

4.1.3.1 Incremento promedio mensual área de copa (m²)

Con la llegada de las lluvias el mejor comportamiento en cuanto a incremento de área de copa para las especies con alteración, lo obtuvo el pichuelo con una tendencia homogénea a lo largo del periodo de estudio, siendo su mayor incremento en el periodo comprendido entre el mes de mayo – junio con 0,28m² y el menor valor fue de 0,04m² en febrero – marzo (figura 9). La misma tendencia se dio con el alcaparro pero con un incremento menor al pichuelo, cuyo incremento más alto fue de 0,17m² para el periodo marzo – abril, donde coincide con uno de los meses de mayor precipitación.

El mayor incremento en cuanto al área de copa bajo el subtratamiento sin alteración, lo obtuvo el alcaparro con incrementos máximos de 0,08m² en el periodo comprendido entre enero – febrero y de 0,07m² para el periodo de mayo – junio. Las especies acacia y pichuelo no presentaron un crecimiento muy notorio en la época de lluvias con respecto a la temporada seca (figura 10).

4.1.3.2 Incremento total área de copa

En cuanto a esta variable se encontraron diferencias altamente significativas entre los tipos de laboreo, lo cual se interpreta con el coeficiente de determinación R²= 0,89 estableciendo que el 89% de la variación en el incremento de área de copa es debida a los subtratamientos (cuadro 8).

Cuadro 8. Andeva incremento total da área de copa (m²) de las especies arbóreas periodo febrero – septiembre, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	11	0.964	0.087	4.86	0.0323
BLOQUES	2	0.021	0.010	0.58	0.6020
PARCELAS	2	0.139	0.069	3.73	0.1216
ERROR A R*P	4	0.074	0.018	1.04	0.4608
SUBPARCELAS	1	0.614	0.614	34.09	0.0011**
ERROR B	6	0.108	0.018		
CORRECTED TOTAL	17	1.073			
PAR*SUBP	2	0.114	0.057	3.16	0.1152

R² = 0.899

CV= 35.223

DS= 0.134

PG= 0.381

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

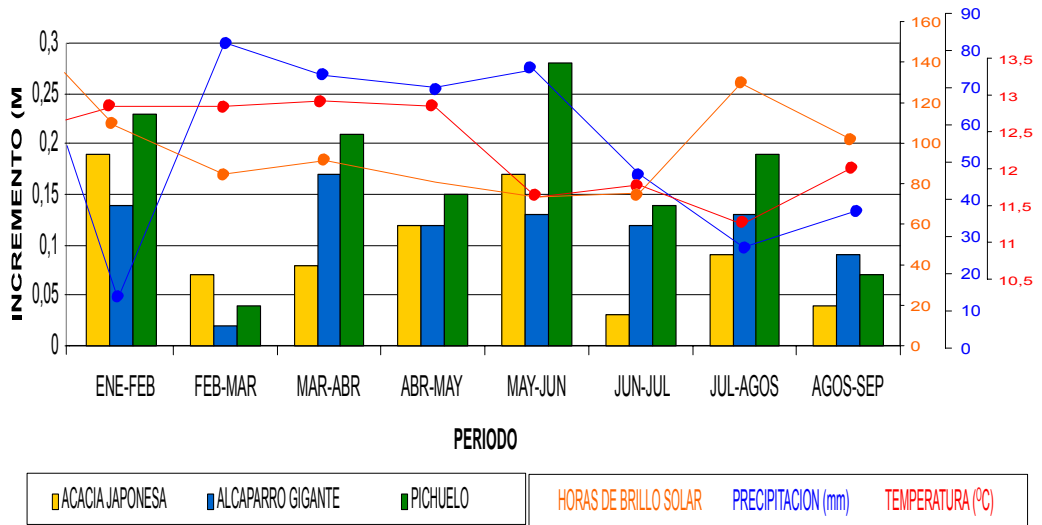


Figura 9. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas con alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.

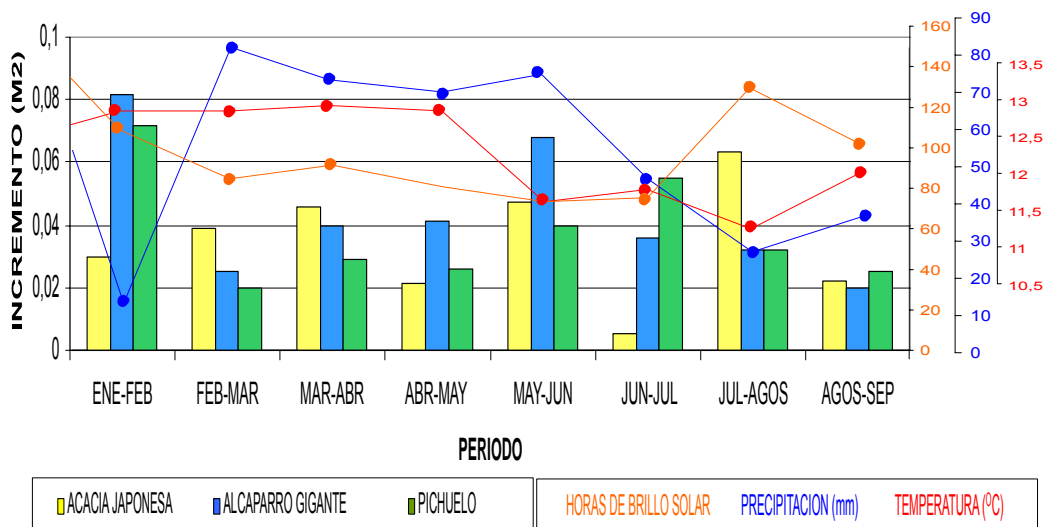


Figura 10. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas sin alteración vs valores totales mensuales de horas de brillo solar, precipitación y temperatura media.

La prueba de comparación de medias (cuadro 9) presenta la diferencia entre los dos tipos de laboreo en cuanto al incremento de área de copa, resultando el subtratamiento con alteración del suelo el de mejor respuesta. Evidenciando así que la adición de materia orgánica con caldos microbiales favorece el desarrollo foliar de las especies; el mismo resultado fue obtenido por Bravo y Bravo⁸⁰, donde las especies con alteración del suelo (0.27m²) se comportaron mejor con respecto al subtratamiento sin alteración (0.13m²).

Al respecto, Donahue *et al* asegura que la materia orgánica aporta a las plantas a través de la descomposición biológica N, S y P. Además mejora las propiedades físicas del suelo, como la agregación, aireación, permeabilidad y capacidad de retención de humedad.⁸¹

Cuadro 9. TUKEY 5% subparcela. Incremento total da área de copa (m²) de las especies arbóreas periodo febrero – septiembre, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	0.566	9	Con alteración
B	0.196	9	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

De acuerdo a datos obtenidos en campo las especies con alteración del suelo que presentaron incrementos más altos son pichuelo y acacia con 0,596m² y 0,598m² respectivamente. El alcaparro con alteración tuvo un incremento de 0,504m² (figura 11). Las mismas especies sin alteración del suelo presentaron valores muy inferiores con respecto a los encontrados en las parcelas alteradas, resultando la acacia con el valor más alto (0,25m²) seguido por alcaparro (0,18m²) y pichuelo con 0,16m² (Anexo 4).

80. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

81. DONAHUE, R. *et al*. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Traducido del inglés por Peña, Jorge. Bogotá: Prentice Hall Internacional, 1981. p. 98.

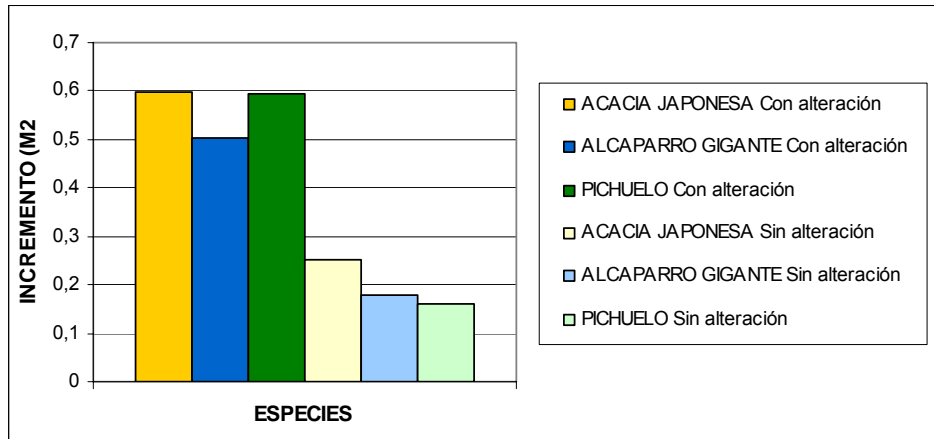


Figura 11. Incremento promedio total de área de copa para las especies arbóreas con y sin alteración, periodo febrero – septiembre 2004.

4.2 Comportamiento del componente agrícola



Figura 12. Cultivo fríjol arbustivo variedad ICA-BACHUE entre hileras de acacia japonesa, alcaparro y pichuelo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto.

4.2.1 Promedio total número de vainas por planta

En el cultivo de frijol (figura 12) se encontraron diferencias altamente significativas entre parcelas evidenciando el efecto que los árboles ejercen en el desarrollo normal de las plantas, y diferencias altamente significativas entre subparcelas, con una variación en el número de vainas por planta del 95%, posiblemente debido al efecto del tipo de laboreo como también a las especies arbóreas utilizadas (cuadro 10).

Cuadro 10. Andeva vainas por planta frijol, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	15	30.697	2.046	10.93	0.0010
BLOQUES	2	0.440	0.220	1.90	0.2297
PARCELAS	3	17.307	5.769	49.76	0.0001**
ERROR A	6	0.695	0.115	0.62	0.7119
SUBPARCELA	1	12.112	12.112	64.71	0.0001**
ERROR B	8	1.497	0.187		
CORRECTED TOTAL	23	32.194			
PAR*SUBP	3	0.141	0.047	0.25	0.8583

R2 = 0.953

CV= 8.901

DS= 0.432

PG= 4.860

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

Cuadro 11. Tukey 5% subparcela. Vainas por planta frijol, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	5.570	12	Con alteración
B	4.150	12	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Cuadro 12. Tukey 5% parcela. Vainas por planta frijol, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	PARCELA
A	6.325	6	TESTIGO
B	4.500	6	ACACIA
B	4.316	6	ALCAPARRO
B	4.300	6	PICHUELO

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Con la prueba de comparación de medias (cuadro 11) se estableció que el número de vainas por planta para el frijol con alteración fue de 5.6, mientras que el frijol sin alteración del suelo presentó en promedio 4.2 vainas por planta, este efecto favorable también se encontró en la investigación realizada por Bravo y Bravo ⁸² en la producción de avena forrajera presentando un mejor comportamiento el laboreo del suelo con 323.7 tallos/m² con respecto a la práctica sin alteración con 158.3 tallos/m², concluyendo así, que la práctica utilizada produjo efectos positivos en la germinación y mantenimiento de la avena lo que conllevó a una mayor cantidad de plantas por área.

Además, en cuanto a los tratamientos el que presentó el mayor número promedio total fue el testigo con 6.3 vainas/planta. El tratamiento acacia presentó el valor más alto con 4.5 vainas/planta entre los tratamientos con árboles (cuadro 12). De igual manera, Bravo y García ⁸³ encontraron para la variedad de frijol arbustivo Andino2 un número de vainas/planta igual a 9.75 en condiciones normales de monocultivo.

De acuerdo a datos recopilados en campo, se establece que los tratamientos con alteración son superiores a los no alterados (figura 13). Sin embargo se debe tener en cuenta que esta información no es suficiente para sugerir un tratamiento en específico debido a que se pueden presentar datos dispersos con una alta variación entre plantas, haciendo necesario el análisis estadístico (Anexo 5).

4.2.2 Promedio total número de granos por vaina

En este promedio se observan diferencias significativas entre parcelas y altamente significativas entre subparcelas con 94% de variación en el número de granos por vaina de frijol debido al tipo de laboreo y a las especies utilizadas, según Yepes, *et al.*, el laboreo del suelo disminuye la pérdida de agua o escorrentía frente a la labranza convencional, lo que representa 15 días más de humedad para las plantas en un ciclo de cultivo ⁸⁴ (cuadro 13).

Según la Comisión Europea de investigación, los árboles tienen un efecto protector sobre los cultivos. Cortan el viento y atenúan las lluvias o la exposición excesiva a los rayos solares ⁸⁵.

82. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

83. BRAVO, L y GARCIA, C. Op. cit.

84. YEPES, B. *et al.* Boletín de la papa. CORPOICA. n° 2:5. 2003. Consultado el 12 de febrero del 2005. Disponible en www.redepapa.org

85. COMISIÓN EUROPEA DE INVESTIGACIÓN. Revista de la investigación. Los árboles y los cultivos. n°43. 2004. Consultado el 20 de marzo del 2005. Disponible en <http://europa.eu.int>

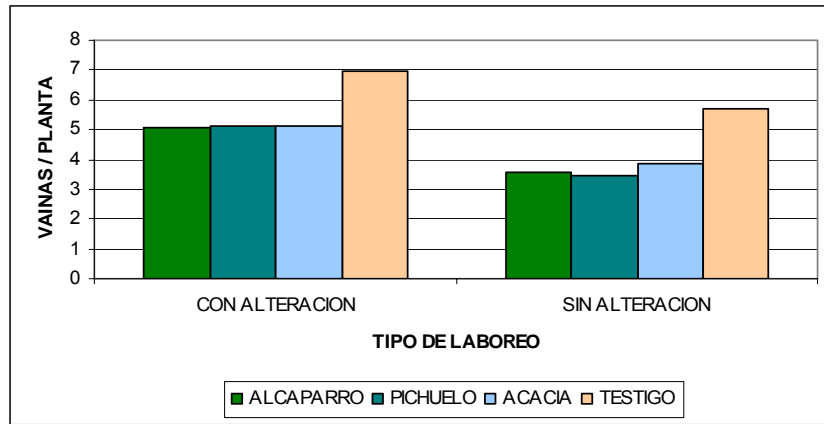


Figura 13. Promedios totales de número de vainas por planta de frijol para los dos tipos de laboreo.

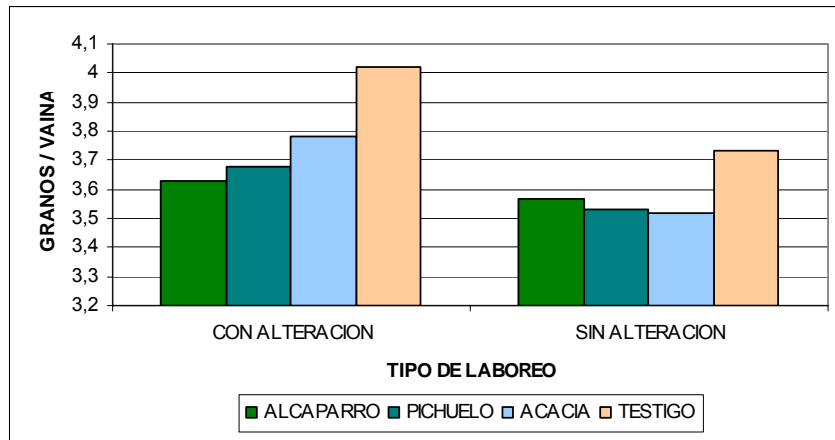


Figura 14. Promedios totales de número de granos por vaina de frijol para los dos tipos de laboreo

Sin embargo lo observado en esta investigación resulta algo contradictorio ya que al parecer los árboles en su estado actual de desarrollo ejercen un efecto negativo hacia el cultivo dados los requerimientos de luz que él necesita para su normal desarrollo. Sin embargo Sosa ⁸⁶, en un estudio realizado en Montecillo, México, donde se evaluó la incidencia de luz y sombra sobre el crecimiento de frijol arbustivo, encontró que la producción de grano seco no se ve afectada por la sombra proporcionada.

Cuadro 13. Andeva granos por vaina de frijol, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	15	0.838	0.055	8.13	0.0027
BLOQUES	2	0.156	0.078	4.20	0.0725
PARCELAS	3	0.302	0.100	5.41	0.0384*
ERROR A	6	0.111	0.018	2.71	0.0965
SUBPARCELA	1	0.220	0.220	32.06	0.0005**
ERROR B	8	0.055	0.006		
CORRECTED TOTAL	23	0.893			
PAR*SUBP	3	0.047	0.015	2.28	0.1560

R2 = 0.938

CV= 2.251

DS= 0.082

PG= 3.683

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

Cuadro 14. Tukey 5% subparcela. Granos por vaina de frijol, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	3.779	12	Con alteración
B	3.587	12	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Cuadro 15. Tukey 5% parcelas. Granos por vaina de frijol, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	PARCELA
A	3.875	6	TESTIGO
B	3.658	6	PICHUELO
B	3.650	6	ACACIA
B	3.600	6	ALCAPARRO

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

86. SOSA, E., et al. *Inclinación de láminas de frijol durante el día*. México, Terra. Vol 18, Nº 2 (2000); pp. 147 – 153, Consultado el 11 de octubre de 2005. Disponible en www.chapingo.mx/terra/contenido/18/2/art147-152.pdf.

El cultivo bajo la influencia del suelo con alteración presenta un número medio de granos por vaina mayor al encontrado en las plantas del terreno sin alteración (cuadro 14). En cuanto al resultado de las parcelas, el mayor promedio de número de granos por vaina lo obtuvo el tratamiento testigo, seguido por el pichuelo, acacia y alcaparro los cuales expresan un valor similar (cuadro 15).

Bravo y García, encontraron para la variedad Tangua48 un número de granos por vaina igual a 4.29 en condiciones normales de monocultivo.⁸⁷

Según datos no estadísticos, el tratamiento testigo en ambas subparcelas obtuvo el mayor valor en este parámetro; aunque es necesario anotar que el testigo con alteración, posee el promedio más representativo de todos (figura 14). En los demás tratamientos, el resultado fue equitativo entre éstos, observándose que la mejor respuesta es para la subparcela anteriormente mencionada (Anexo 5).

4.2.3 Promedios totales de peso de 100 granos

En el análisis de varianza para el peso de 100 granos (cuadro 16) no se encontró diferencias significativas entre los tipos de laboreo, especies y bloques. Mediante la prueba de comparación de medias (tukey) observadas en el cuadro 17, se determinó que el peso logrado en los dos subtratamientos fue similar. El peso de 100 granos según Lagos y Criollo, para la variedad ICA – Bachué es de 61gr,⁶² bajo condiciones normales de monocultivo, por lo tanto se explica la diferencia entre el peso estimado y el encontrado (Figura 15 - Anexo 6). Además se debe tener en cuenta que a lo largo del desarrollo del cultivo se presentó un comportamiento anormal de las lluvias como se mencionó con anterioridad.

Cuadro 16. Andeva peso 100 granos frijol, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	15	16.694	1.112	0.38	0.9472
BLOQUES	2	1.568	0.784	0.77	0.5040
PARCELAS	3	5.048	1.682	1.65	0.2747
ERROR A	6	6.111	1.018	0.35	0.8899
SUBPARCELA	1	1.898	1.898	0.66	0.4413
ERROR B	8	23.142	2.892		
CORRECTED TOTAL	23	39.836			
PAR*SUBP	3	2.067	0.689	0.24	0.8673

87. BRAVO, L y GARCIA, C. Op. cit.

88. LAGOS, T. y CRIOLLO, H. Evaluación de materiales regionales y mejorados de frijol arbustivo en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) XVI (1 - 2) 1999.

R2 = 0.419

CV= 3.825

DS= 1.700

PG= 44.456

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

Cuadro 17. Tukey 5% subparcela. Peso 100 granos frijol, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	44.73	12	Con alteración
A	44.17	12	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

En términos no estadísticos se observó que el tratamiento acacia con alteración mostró el valor más elevado que los demás tratamientos, seguido del tratamiento pichuelo con alteración; inclusive, el testigo con y sin alteración del suelo tuvo una respuesta negativa frente a lo encontrado en otros tratamientos (figura 15).

Bravo y García, determinaron que el peso de 100 granos para el genotipo Tangua 48 fue de 50.67g. en promedio y el menor peso encontrado correspondió a la variedad limonero regional con 38.94g,⁸⁹

CIAT establece que si el peso de 100 semillas es menor de 25g la progenie o variedad se considera de grano pequeño, si pesa entre 25 y 40g se considera de tamaño mediano y si pesa más de 40g será de grano grande.⁹⁰ De acuerdo a esta clasificación se considera que el grano de la variedad ICA-BACHUE es considerada como grano grande.

4.2.4 Producción promedia total de grano seco para los dos tipos de laboreo

El análisis de varianza para la producción de grano seco en Kg/Ha de frijol arbustivo mostró diferencias significativas entre las repeticiones y diferencias altamente significativas entre parcelas y subparcelas correspondientes a las especies arbóreas y tipo de laboreo (cuadro 18).

89. BRAVO, L Y GARCIA, C. Op. cit.

90. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistema estándar para evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia, CIAT, 1989. 56p.

Las variaciones encontradas posiblemente se deban a la diferencia entre las repeticiones, especies arbóreas y el tipo de laboreo; representadas por el 0,95kg/Ha de coeficiente de determinación.

Cuadro 18. Andeva producción grano seco kg/ha, 2004.

FUENTE DE VARIACION	G L	S C	C M	F C	Pr>F
MODELO	15	1179860.494	78657.366	11.83	0.0007
BLOQUES	2	46019.271	23009.635	7.79	0.0215*
PARCELAS	3	597933.818	199311.272	67.49	0.0001**
ERROR A	6	17719.360	2953.226	0.44	0.8308
SUBPARCELA	1	516028.507	516028.507	77.59	0.0001**
ERROR B	8	53205.908	6650.738		
CORRECTED TOTAL	23	1233066.402			
PAR*SUBP	3	2159.536	719.845	0.11	0.9529

R2 = 0.956

CV= 10.059

DS= 81.552

PG= 810.685

* = DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS

** = DIFERENCIAS ALTAMENTE SIGNIFICATIVAS

Cuadro 19. Tukey 5% subparcela. Producción grano seco kg/ha, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	SUBPARCELA
A	957.32	12	Con alteración
B	664.05	12	Sin alteración

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Cuadro 20. Tukey 5% parcelas. Producción grano seco kg/ha, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	PARCELA
A	1081.02	6	TESTIGO
B	759.02	6	ACACIA
B	701.78	6	PICHUELO
B	700.92	6	ALCAPARRO

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Cuadro 21. Tukey 5% bloques. Producción grano seco kg/ha, 2004.

CALIFICACION	VALOR	NUMERO DE DATOS	BLOQUES
A	858.65	8	III
AB	820.63	8	II
B	752.78	8	I

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

En la prueba de comparación de medias para subparcelas se observó que el laboreo del suelo presenta mejores resultados en comparación al suelo sin alteración (cuadro 19). Además, para las parcelas y los bloques la mayor producción de grano seco en Kg/Ha se encontró en el testigo (cuadro 20) y en el bloque III respectivamente (cuadro 21). Dentro de los tratamientos con árboles, el asocio del cultivo con acacia japonesa presentó la producción más alta de grano seco.

Sañudo en un ensayo con zanjas fértiles + tamo de trigo + caldo microbial, se encontró que esta práctica cuadruplica la producción de maíz morocho blanco (2.024 kg/ha) respecto al testigo sin remoción.⁹¹

La inclusión del tamo en las zanjas mas caldo microbial, además de la remoción del suelo se gana una mayor aireación en los sitios intervenidos, se logra posiblemente aumentar la actividad de la biota del suelo que es mayor cuando los residuos se enriquecen con caldo microbial, puesto que se favorece la microbiota heterótrofa, decisiva en los procesos de transformación lo cual contribuye a la mineralización de la materia orgánica siendo esta decisiva en la nutrición de las plantas.⁹²

Según Yepes, *et al* en suelos ubicados alrededor de los 3.000 m.s.n.m., el "guachado" mantiene la porosidad del suelo en niveles adecuados, nivel menor del 65%, a diferencia de la preparación convencional que aumenta los macro poros y el suelo se vuelve muy esponjoso. En estas condiciones se dificulta la toma de agua por las plantas; en invierno se lavan la materia orgánica y algunos nutrientes y en verano, el suelo se seca rápidamente.⁹³

La producción superior en grano seco de fríjol en el tratamiento testigo es debido a la ausencia de las especies arbóreas ya que el espacio ocupado por estas es aproximadamente de dos a tres surcos por línea de árboles, con lo cual el número de plantas en este tratamiento es mayor, representado en una mayor producción de grano (Anexo 6). Además, se tiene en cuenta las labores culturales de mantenimiento de los árboles tales como plateo afecta el área disponible para el cultivo.

91. SAÑUDO, B; RUIZ, H y LEGARDA, L. Las zanjas fértiles una alternativa de suelos degradados en el departamento de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas. No. 2. Pasto: Universidad de Nariño, 2001. 213 p.

92. SAÑUDO, B; RUIZ, H y LEGARDA, L. Op. cit., p. 49

93. YEPES, B. *et al*. Boletín de la papa. CORPOICA. n° 2:5. 2003. Consultado el 12 de febrero del 2005. Disponible en www.redepapa.org

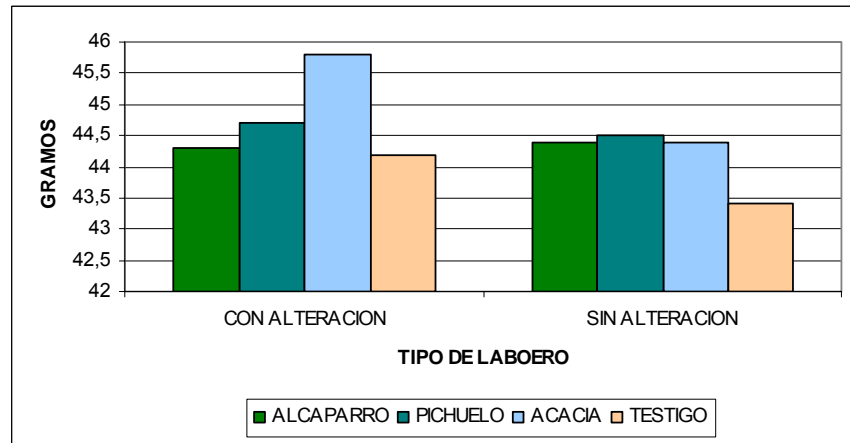


Figura 15. Promedios totales de peso de 100 granos de frijol para los dos tipos de laboreo.

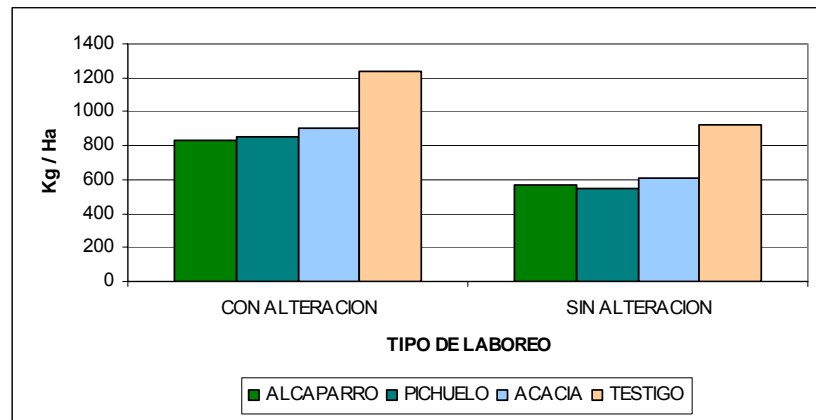


Figura 16. Producción promedia total de grano seco de frijol arbustivo, para los dos tipos de laboreo.

Mediante datos no estadísticos, se observó que la producción promedia total de grano seco de frijol se determinó que los mejores resultados están en el tratamiento testigo con ambos tipos de laboreo del suelo obteniendo un valor cercano y superior a los 1000Kg/Ha de grano seco. De acuerdo a datos no estadísticos. Los tratamientos de las subparcelas con y sin alteración del suelo manifestaron un comportamiento parejo entre ellos destacándose esta primera (figura 16).

Además de lo expuesto anteriormente, se destaca el hecho de que todos los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos con el sistema de alteración presentaron valores muy por encima de los hallados en los tratamientos con suelo sin alteración lo cual se puede comprobar con los resultados obtenidos en los análisis de varianza y pruebas de comparación de medias para número de vainas por planta, número de granos por vaina y producción de grano seco, (cuadros 10 – 15 y 18 – 21).

El tratamiento acacia con actividad recuperadora presentó una conducta algo sobresaliente frente a los demás tratamientos en los que está incluido el componente arbóreo, con lo que se puede afirmar que esta especie en particular se desempeña mejor asociada con el cultivo, además de adaptarse mejor a las condiciones del suelo como se puede apreciar en las figuras 13 – 16 en relación a los parámetros evaluados.

El desarrollo en área de copa y altura de las especies arbóreas constituye un limitante para el normal crecimiento de los surcos de frijol adyacentes a la línea de árboles, posiblemente debido a que el árbol disminuye la luz solar necesaria para esta parte del cultivo. Sin embargo la no presencia de estos implica mayor dificultad para el desarrollo normal del frijol ya que la competencia con el cultivo obliga al árbol a tener raíces más profundas como también beneficios adicionales como incorporación de materia orgánica y aumento de nitrógeno en el suelo por parte de la leguminosa en este ensayo.

Dupraz, explica que los árboles acaban por formar una malla de raíces que pasa bajo las capas superficiales del suelo ocupadas por los cultivos. Esto les permite recuperar el agua y los nutrientes que escapan a estas últimas, lo que explica principalmente la mejora de la productividad desde el punto de vista silvícola. Igualmente, se acelera el crecimiento de cada árbol, con respecto a una parcela que esté enteramente sembrada de árboles, ya que los árboles no están en competencia los unos con los otros. Además, los árboles tienen un efecto protector sobre los cultivos, cortan el viento y atenúan las lluvias o la exposición excesiva a los rayos solares.⁹⁴

94. DUPRAZ, C. Los cultivos y los árboles. Revista de Investigación Europea. (Francia) nº43. Instituto nacional de investigación agronómica de Montpellier, 2004. Consultado 21 de febrero de 2005. Disponible en <http://europa.eu.int>.

4.3 Análisis económico

En el presupuesto total para el sistema agroforestal de las diferentes especies arbóreas con el cultivo de fríjol arbustivo para los dos tipos de laboreo del suelo, se determinaron los costos fijos y costos variables los cuales se encuentran contenidos en el cuadro 22

En el tratamiento testigo con y sin alteración del suelo, se encontraron los costos variables más altos respecto a los tratamientos con especies arbóreas debido a la mayor producción de grano seco por hectárea reflejado en un incremento del número de jornales en actividades como la recolección de grano.

Este resultado corresponde con lo afirmado por Portillo y Obando, donde los costos de producción varían de acuerdo a la zona de producción, al sistema de siembra, periodo vegetativo del cultivo, variedades utilizadas, prácticas agronómicas usadas y el precio de los insumos.⁹⁵

Para obtener el mayor ingreso neto de producción, es recomendable el sistema de cultivo que ofrece mayor margen bruto por hectárea.⁹⁶ En este caso el tratamiento testigo con alteración presenta la mayor utilidad, donde el costo total de producción asciende a \$1'498.880 por hectárea, obteniendo un ingreso total de \$3'896.497 del cual \$ 2'397.617 corresponden al ingreso neto entendido como la ganancia al descontar los costos de producción, con una rentabilidad aparente de 160%, representando una alternativa favorable con respecto a los tratamientos con las diferentes especies arbóreas.

Dentro de los tratamientos con árboles, la mejor alternativa de asociación es fríjol arbustivo en callejones de acacia con alteración del suelo ya que la rentabilidad es de 92% con un ingreso neto de 1'362.716 \$/Ha. Cabe anotar que este tipo de asociación trae consigo beneficios adicionales que no se pueden cuantificar en el presente debido a que estos se obtendrán a largo plazo dentro de los cuales pueden considerarse: la fertilización del suelo con biomasa aportada por los árboles y la protección del suelo contra procesos erosivos.

95. OBANDO, F. y PORTILLO, D. Estudio agroeconómico del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en los municipios de Sibundoy y San Francisco, Departamento del Putumayo. Tesis ing. agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 41 – 95 pp.

96. ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. Economía administración y mercadeo agropecuarios. Bogotá, Terranova Editores 1995. pp. 165,190 – 191

Cuadro 22. Indicadores económicos para el sistema agroforestal frijol arbustivo – especies arbóreas y testigo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño, 2004.

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	FRIJOL – ACACIA		FRIJOL - PICHUELO		FRIJOL - ALCAPARRO		FRIJOL - TESTIGO	
	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA
Rendimiento (Kg/Ha)	904,8	613,24	852,6	550,97	832,92	568,92	1238,95	923,1
Precio de venta (\$/Kg)	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145	3145
Ingreso total (\$)	2'845.596	1'928.639	2'681.427	1'732.800	2'619.533	1'789.253	3'896.497	2'903.149
Costo variable (\$/Ha)	782.880	634.880	774.880	598.880	774.880	598.880	798.880	686.880
Costos fijos (\$/Ha)	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000	700.000
Costo total (\$/Ha)	1'482.880	1'334.880	1'474.880	1'298.880	1'474.880	1'298.880	1'498.880	1'386.880
Ingreso neto (\$/Ha)	1'362.716	593.759	1'202.547	443.920	1'144.653	490.373	2'397.617	1'516.269
Ingreso bruto (\$/Ha)	2'145.596	1'228.639	1'977.427	1'042.800	1'919.533	1'089.253	3'196.497	2'203.149
Costo promedio (\$/Kg)	1.638,90	2.177	1.729,86	2.357,44	1.770,73	2.283,10	1.209,79	1.502,42
Rentabilidad aparente %	91,89	44,48	81,54	34,18	77,61	37,75	159,96	109,33
Rentabilidad real %	64,42	36,03	55,52	28,02	53,43	31,14	127,06	105,97
Mano de obra (jornales/Ha)	48	30	45	28	47	28	50	36
Margen bruto (\$/Ha)	2'062.716	1'293.759	1'906.547	1'133.920	1'844.653	1'190.373	3'097.617	2'216.269
Relación beneficio costo	1,92	1,44	1,82	1,33	1,78	1,38	2,6	2,1

CA = Con alteración

SA = Sin alteración

De esta manera se puede afirmar que los indicadores económicos obtenidos para los tratamientos de especies arbóreas con prácticas de recuperación del suelo constituyen una opción económicamente viable a tenerse en cuenta debido a la diferencia de ingresos establecida para los dos subtratamientos como puede observarse en el cuadro 22. De esta manera Bravo y García⁹⁷ establecieron un ingreso neto de 1'224.599\$/Ha en un monocultivo de frijol arbustivo, representando una rentabilidad de 121.92%.

De igual forma en los demás tratamientos con alteración se obtuvieron resultados económicamente similares, de acuerdo a una caracterización del sistema de siembra de papa en surco o guachado, realizada en fincas de cuatro municipios del sur de Nariño, se describen las ventajas del laboreo de guachado, donde se utilizan 25 jornales más por hectárea en comparación a la labranza convencional, obteniendo rendimientos de 31 toneladas por hectárea.⁹⁸

97. BRAVO, L y GARCIA, C. Op. cit.

98. CORPOICA. YEPES, B. *et al.* Plegable divulgativo N°7. Boletín de la papa (Colombia) n° 2:5. 2003 en www.redepapa.org

4.4 Análisis de penetrabilidad del suelo

El tratamiento testigo presentó una resistencia catalogada como extrema (5MPa) a una profundidad de 16cm y una humedad gravimétrica de 19.5%. En cuanto a la profundidad efectiva observada tras la extracción de algunas plantas es de 5cm en promedio y a partir de esta profundidad la raíz tiende a desarrollarse de forma horizontal. Gardner⁹⁹ afirma que toda resistencia física a la penetración tiende a obstruir el normal crecimiento radical.

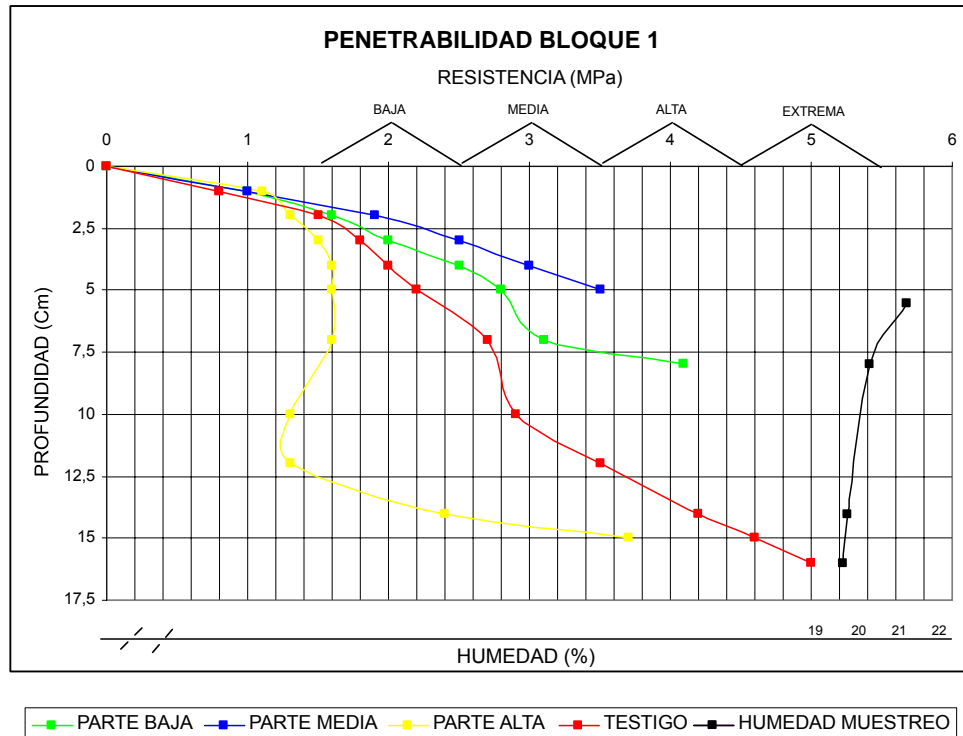


Figura 17. Prueba de penetrabilidad de suelo para el bloque I en el corregimiento de Mapachico, departamento de Nariño, 2004.

Para el bloque I se observó que el suelo en la parte alta presenta una resistencia de 3,7MPa, a una profundidad de 15cm y un porcentaje de humedad gravimétrica de 19,6%; en la parte media la resistencia fue de 3,5MPa a una profundidad de 5cm y una humedad de 21,4% y en la parte baja la resistencia estuvo alrededor de 4,1MPa con profundidad de 8cm y humedad gravimétrica de 20,3% (Anexo 7). Por lo anterior se deduce que el suelo ya presenta una resistencia alta a la penetración a una profundidad de 5cm mientras que el testigo muestra este comportamiento a los 12cm de profundidad (figura 17).

99. GARDNER, Walter. et al.. Física de suelos. México: UTEHA, 1973. 515 p.

Gavande afirma que en suelos húmedos y porosos, las raíces necesitan poca energía y poco oxígeno para su desarrollo, lo contrario ocurre en suelos compactados que oponen gran energía para su penetración.¹⁰⁰

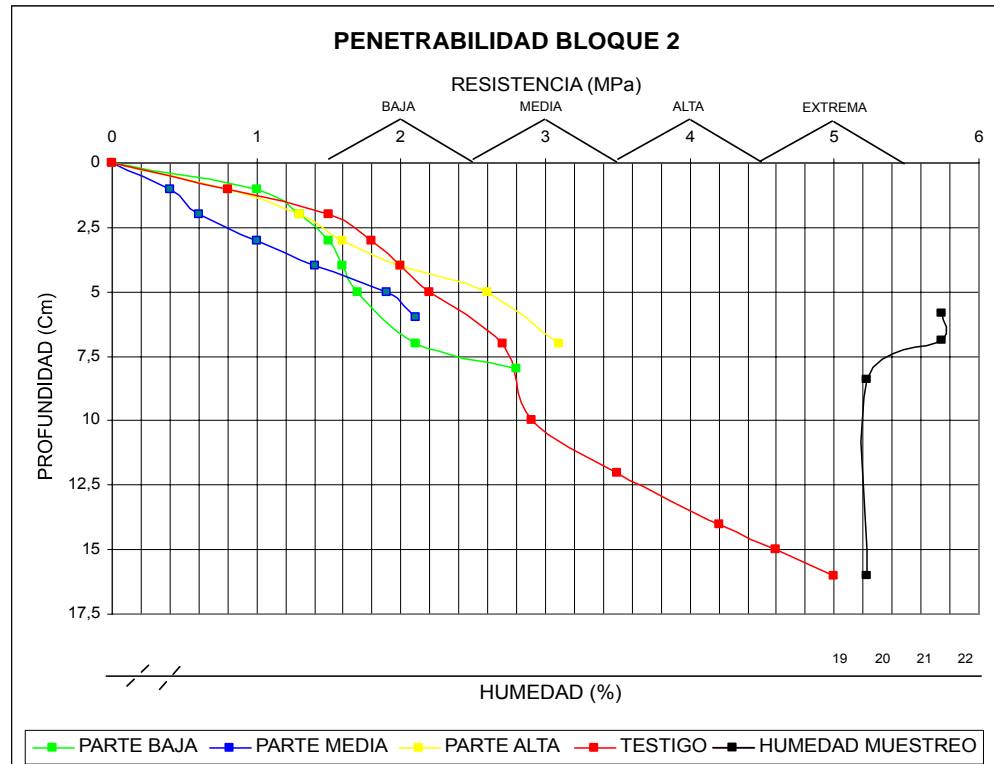


Figura 18. Prueba de penetrabilidad de suelo para el bloque II en el corregimiento de Mapachico, departamento de Nariño, 2004.

En relación al bloque II (figura 18), los resultados indican que los puntos tomados para esta zona presentan una resistencia baja a media de acuerdo a la escala ya mencionada y en comparación al testigo se observó valores favorables en la parte superficial del suelo hasta una profundidad de 8cm con resistencia 2,8MPa (Anexo 7).

Al igual que en el bloque II, en las primeras profundidades del bloque III (figura 19) se presentan características similares a las del testigo hasta una profundidad de 5cm con una resistencia aproximada de 2,1MPa (Anexo 7). Los puntos muestreados para este bloque indicaron una resistencia de media a alta en profundidades superiores a los 7cm.

100. GAVANDE, Sampat. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, LIMUSA, 1972. 350 p.

Al respecto Ruiz *et al* afirma que en suelos degradados y con bajos contenidos de materia orgánica la inclusión de tamo en las zanjias mas caldo microbial se logra una mejor aireación, aceptación de agua en las profundidades removidas y posiblemente se esté creando un microclima nuevo con condiciones que favorecen el desarrollo de la raíz y la productividad de los cultivos, ya que la relación de poros y continuidad en el perfil del suelo sufren una considerable variación.¹⁰¹

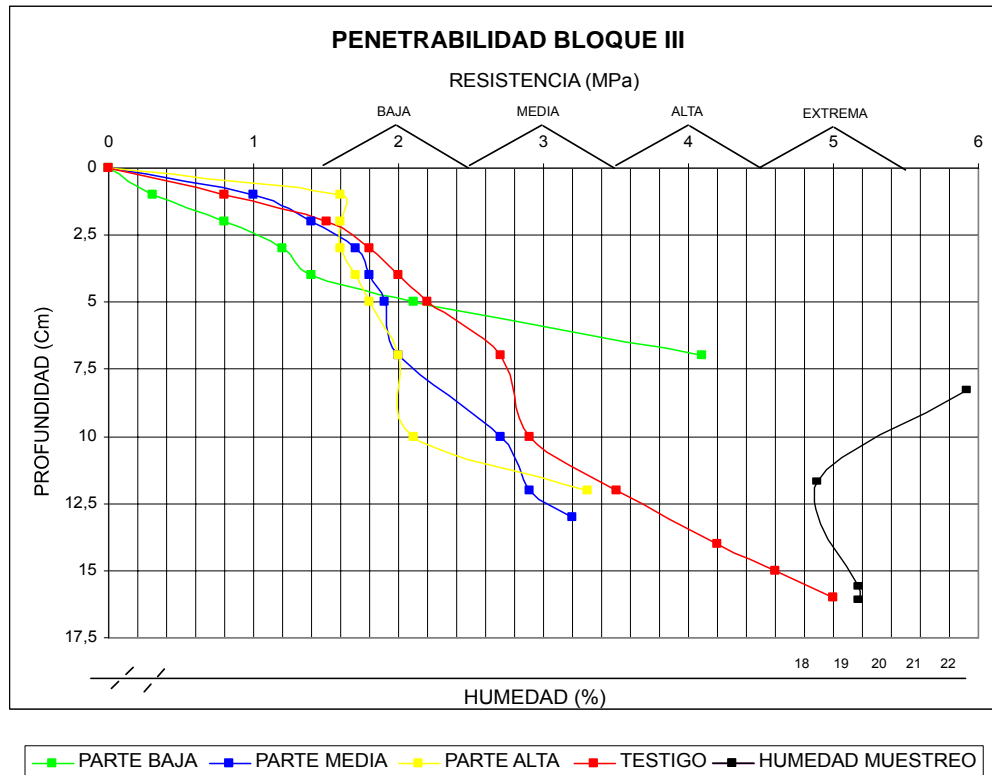


Figura 19. Prueba de penetrabilidad de suelo para el bloque III en el corregimiento de Mapachico, departamento de Nariño, 2004.

Se observó que en los tres bloques hay diferencias significativas en cuanto a profundidad de los puntos muestreados siendo el bloque III el más óptimo en este aspecto, presentando profundidades que van de 12 – 13cm con resistencia de 3.3 – 3.2MPa en la parte alta y media respectivamente (Anexo 7).

Una buena penetrabilidad del suelo permite que las raíces tengan una asimilación normal de los nutrientes que se encuentran en horizontes más profundos a los cuales la planta puede acceder con mayor facilidad.

101. RUIZ, H., et al Op. cit.

La estructura del suelo depende de múltiples factores e influye directamente en la relación suelo – agua – aire. Cuando esta relación es adecuada existen en el suelo buenas condiciones de aireación y humedad, con espacios porosos que regulan los intercambios gaseosos y el equilibrio hídrico del suelo.¹⁰²

La resistencia que opone el suelo constituye uno de los factores físicos que limita el crecimiento y la producción de cultivos y demás plantas. De esta manera es necesario conocer este parámetro para el adecuado y racional manejo de los suelos.

El crecimiento de las raíces tiende a variar inversamente con la resistencia a la penetración y puede detectarse cuando la resistencia del suelo excede la presión disponible del crecimiento de las raíces para vencerla.¹⁰³

Teniendo en cuenta lo anterior se observó que en la mayoría de las plantas de frijol el desarrollo radicular las raíces a partir de los 6 – 7cm de profundidad tuvo una tendencia de crecimiento horizontal de debido a la compactación del suelo.

Los valores de la resistencia mecánica varían considerablemente, tanto de un suelo a otro, como en un mismo suelo, ya que dependen del contenido de humedad, del tamaño de las partículas minerales, del tamaño y de la forma de los agregados y del grado de consolidación alcanzado por el mismo.¹⁰⁴

4.4.1 Relación penetrabilidad – altura en árboles

De esta manera se puede determinar que el incremento total promedio de altura para las especies arbóreas del bloque III fue superior a los promedios encontrados en los demás bloques, resultados que corresponden a las mejores condiciones de penetrabilidad encontradas en el análisis efectuado para este bloque.

Para los bloques I y II se encontraron resistencias similares a las del bloque III pero en profundidades superficiales, reflejando un menor valor en los promedios de altura para las especies en estos bloques. (Anexo 2)

102. ZUCCARDI, R. y FADDA, C. Influencia de la compactación del suelo sobre el desarrollo y rendimiento del trigo. Revista agronómica del noroeste argentino 4 (2): 143 – 153. 1965. Tomado de GUEVARA, L. y ROJAS, H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agrónomo. Pasto, Universidad de Nariño, 1976. 61 p.

103. GUEVARA, L. y ROJAS, H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agrónomo. Pasto, Universidad de Nariño, 1976. 61 p.

104. ASHBURNER, J. y SIMS, B. Elementos de diseño del tractor y elementos de labranza. San José, Costa Rica, IICA., 1984. Tomado de DURÁN GARCÍA, H. M. **Efecto de la humedad en la resistencia mecánica de un suelo franco.** Revista Terra (México) nº 3:20. 2002.

4.4.2 Relación penetrabilidad – área de copa

En cuanto al incremento de área de copa (Anexo 4), las especies con mayor desarrollo en este aspecto fueron acacia y alcaparro gigante en el bloque III. Por otra parte el comportamiento del pichuelo es aceptable en los tres bloques independientemente de los resultados de penetrabilidad.

Los resultados obtenidos en el estudio de penetrabilidad del suelo varían de acuerdo al sitio de muestreo permitiendo dar una aproximación del porque el desarrollo más favorable de algunas especies en los sitios con menor resistencia a la penetrabilidad. Sin embargo se debe tener en cuenta las características inherentes de cada especie como también su interacción con el ambiente.

4.4.3 Relación penetrabilidad - cultivo de frijol

El análisis de varianza y su correspondiente prueba de medias para bloques en la producción de grano seco de frijol determinó que el bloque III presenta el mejor resultado en este aspecto con 858.65Kg/Ha, conforme a lo encontrado en la prueba de penetrabilidad la cual señaló a este bloque con menor resistencia a la penetrabilidad (cuadro 18).

4.4.4 Humedad gravimétrica

Se puede anotar que en todos los puntos de muestreo la humedad gravimétrica no tiene diferencias significativas al igual que en el testigo con valores entre 18 – 23 % de contenido de humedad.

Al respecto White afirma que el agua es tan importante para el crecimiento de cualquier planta, que no sorprende que el crecimiento y el rendimiento final de un cultivo dependan mucho de la disponibilidad de agua. Dentro de los papeles principales del agua se incluyen su uso como reactivo de fotosíntesis, elemento estructural, medio de transporte y regulador de temperatura.¹⁰⁵

La descomposición de la materia orgánica en el suelo, y la mineralización e inmovilización asociada al N inorgánico, son procesos claves en el ciclo del N en el sistema suelo - planta, teniendo el contenido de humedad en el suelo un rol importante en estos procesos.¹⁰⁶

105. JERREY W. WHITE. Conceptos básicos de fisiología del frijol. In Centro Internacional de Investigación Agronómica. Frijol, investigación y producción. Cali, Colombia, CIAT. 1985. Pp 43 – 60

106. VIDELA, X. Efecto del contenido de agua en la mineralización bruta e inmovilización de nitrógeno In Agricultura Técnica. 9° Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago de Chile, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 65(1):74-78 2005. Consultado el 22 de febrero del 2005. Disponible en www.inia.cl

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Se encontró que los árboles en el suelo con alteración tuvieron mejores resultados y se comprueba estadísticamente que éste afectó positivamente las variables evaluadas en la especie; en particular la acacia japonesa presentó el mayor incremento total de altura con 45cm en el transcurso de la investigación.

El fríjol arbustivo con alteración del suelo tuvo mejor respuesta en términos estadísticos. Además, la alteración del suelo es una alternativa económicamente viable, recuperándose la inversión de establecimiento con una producción de 1238,95Kg/Ha respecto al terreno sin alteración con 550,97Kg/Ha.

El testigo con alteración del suelo presentó la mejor utilidad encontrada con un ingreso neto de \$2`397.617/Ha, debido al mayor aprovechamiento del espacio físico del terreno por la ausencia de árboles.

La alteración del suelo y la ejecución de prácticas agroecológicas permiten obtener una recuperación parcial de la fertilidad y de algunas características físicas de los suelos, reflejándose esta condición en el próximo ciclo de cultivo.

La prueba de penetrabilidad mostró que los árboles ejercen una acción positiva sobre el suelo disminuyendo su resistencia en las partes medias y bajas comparadas al testigo.

Los tratamientos con presencia de árboles manifestaron un mayor porcentaje de humedad gravimétrica con respecto al tratamiento testigo.

5.2 Recomendaciones

Evaluar el comportamiento del sistema agroforestal en un segundo ciclo de cultivo para poder estimar si el laboreo del suelo continúa brindando beneficios productivos.

Indicar la influencia del laboreo del suelo y el efecto de los árboles en la calidad nutritiva de los cultivos implantados bajo este sistema.

Determinar otro tipo de indicador de recuperación del suelo, sea de tipo biológico o químico que brinde mayor respaldo a los beneficios de esta práctica agroecológica.

Determinar que tipo de asociación agroforestal es la más conveniente teniendo en cuenta las características de las especies arbóreas utilizadas y el cultivo seleccionado.

Realizar un estudio comparativo entre el efecto del abonado químico tradicional y la respuesta al aporte de biomasa producida por las especies arbóreas en un cultivo comercial con similares condiciones a las presentes en este trabajo.

VI. BIBLIOGRAFIA

AMÉZQUITA, E. C. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Actualidades ICA (Colombia) VI (70) 1992.

AMEZQUITA, Edgar. Estudios hidrológicos y edafológicos para la conservación del agua y suelos en Turrialba. Costa Rica. 1992, p.21. Tesis de grado (Magister). IICA – CATIE.

ASHBURNER, J. y SIMS, B. Elementos de diseño del tractor y elementos de labranza. San José, Costa Rica, IICA., 1984. Tomado de DURÁN GARCÍA, H. M. Efecto de la humedad en la resistencia mecánica de un suelo franco. Revista Terra (México) n° 3:20. 2002. Consultado el 11 de marzo del 2005. Disponible en <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/20/3/tc.html>

BASTIDAS, R. G. Desarrollo, evaluación y uso del germoplasma de frijol común en Colombia. In Progreso en la investigación y producción de frijol común (*Faseolus vulgaris* L.). CIAT, Calí, Colombia, 1989. pp 243 – 261

BRAVO BETANCOURT, Carlos y SÁNCHEZ PORTILLA, Carlos. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad y la producción de arveja (*Pisum sativum*) V. Santa Isabel, en el corregimiento de Mapachico (Nariño). Pasto, Colombia, 2005. 97p. Trabajo de grado (Ing. Agr.). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

BRAVO, L. y GARCIA, C. Evaluación de tres líneas mejoradas y tres variedades regionales de frijol arbustivo en el municipio de Guaitarilla, departamento de Nariño. Pasto, Colombia, 2001. 92p. Trabajo de grado (Ing. Agr.). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

BRAVO, M. y BRAVO, F. Evaluación preliminar y difusión de un arreglo agroforestal recuperador en una zona del municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

CARLSON, P. Biología de la productividad de cultivos. México, AGT, 1990. 413 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Sistema estándar para evaluación de germoplasma de frijol. Cali, Colombia, CIAT, 1989. 56p.

CERISOLA, C. Lecciones de agricultura biológica. Chile, Mundi-Prensa, 1989. pp. 27-30.

CHARRY, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira, Universidad Nacional, 1987. 362 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Gobernación de Nariño, Secretaria de Agricultura y Medio Ambiente. Consolidado Agropecuario 2003. Bogotá, 2003. p 30

COLOMBIA. CORPORACION COLOMBIANA INTERNACIONAL. Sistema de Inteligencia de Mercados, Perfil de productos – Frijol. Bogotá, CCI, 2000. v.8. 12p. Consultado el 9 de abril del 2005. Disponible en www.cci.org.co

COMISIÓN EUROPEA DE INVESTIGACIÓN. Revista de la investigación. Los árboles y los cultivos. nº43. 2004. Consultado el 20 de marzo del 2005. Disponible en <http://europa.eu.int>

CRIOLLO, H y LAGOS, T. Principales aplicaciones del paquete SAS en diseño experimental. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas, 1998. 61 p.

DONAHUE, R. *et al*, Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Traducido del inglés por Peña, Jorge. Bogotá: Prentice Hall Internacional, 1981. p. 98.

DUPRAZ, C. Los cultivos y los árboles. Revista de Investigación Europea. (Francia) nº43. Instituto nacional de investigación agronómica de Montpellier, 2004. Consultado 21 de febrero de 2005. Disponible en <http://europa.eu.int>.

ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA. Economía administración y mercadeo agropecuarios. Bogotá, Terranova Editores 1995. pp. 165,190 – 191

FAO – ICRAF. Informe reunión interregional sobre investigación, educación y desarrollo agroforestal para África, Asia y América Latina. Nairobi, Kenia, 1994. pp. 4 – 8.

FASSBENDER, H. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1993. p 45.

GARDNER, Walter. et al. Física de suelos. México: UTEHA, 1973. 515 p.

GAVANDE, Sampat. Física de suelos; principios y aplicaciones. México, LIMUSA, 1972. 350 p.

GUEVARA, L. y ROJAS, H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agrónomo. Pasto, Universidad de Nariño, 1976. 61 p.

HENAO, J. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogota, USTA, 1998. p 231.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Información Meteorológica. 2000.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI – INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá, 1988.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo II. IGAC. Bogotá: 1996. p 570.

JERREY W. WHITE. Conceptos básicos de fisiología del frijol. In Centro Internacional de Investigación Agronómica. Frijol, investigación y producción. Cali, Colombia, CIAT, 1985. Pp 43 - 60

JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. Introducción a la agroforestería. In Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 2001. pp 1-6.

JUASPUEZAN, J. y OÑATE, C. Evaluación inicial de un arreglo agroforestal lulo *Solanum quitoense* Lam, plátano harton *Musa paradisiaca*-AAB L, nogal cafetero *Cordia alliodora* (Ruiz y Pabón) Oken, acacia japonesa *Acacia melanoxylon* R. Br, en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005. pp.72-74

KRISHNAMURTHY y AVILA. Bases de agroforesteria. México, Trillas, 1999. p. 10.

LAGOS, T. y CRIOLLO, H. Evaluación de materiales regionales y mejorados de frijol arbustivo en el departamento de Nariño. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) XVI (1 - 2) 1999

_____ Principales aplicaciones del paquete SAS en diseño experimental. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 61 p.

LEGARDA, L y PUENTES, G. Talleres de Agroclimatología. Pasto, Colombia: UNIGRAF, 2001. p 88

MONTENEGRO, Hugo. Interpretación de las propiedades físicas del suelo, textura, estructura, densidad, aireación, etc. In Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá, Colombia: SCCS, 1990. 235 p.

MONTENEGRO, V. Tecnología del frijol común. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1989. 27 p.

NAIR, R. Agroforestería. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. 543 p.

OBANDO, F. y PORTILLO, D. Estudio agroeconómico del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en los municipios de Sibundoy y San Francisco, Departamento del Putumayo. Tesis ing. agrónomo, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 41 – 95 pp.

ORDOÑEZ, H. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

PIZARRO, R. y SAAVEDRA, J. Análisis comparativo de técnicas de recuperación de suelos en áreas degradadas; efectos en la humedad del suelo, la sobrevivencia y crecimiento de *Pinus radiata d don*. microcuenca del estero barroso, VII región. Talca, 1999. Consultado el 17 de enero de 2005. Disponible en www.eiao.otalca.cl/otalca2.html.

REVISTA EQUIPOS. Costos de compactación de suelos. (Colombia) nº 54:22. 1994.

RODRIGUEZ NIETO, V.M., et al. Manto de la tierra. Bogotá, Lerner, 1990.

ROMERO, T. E. y VARGAS, S. C. Estudio comparativo de suelo en el cultivo de la Palma africana. Palmas Oleaginosas. Colombia, Bucarelia S.A., 1994. 46 p.
RUÍZ, H. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

RUÍZ, H. Efecto de cuatro sistemas de labranza en el mejoramiento de algunas propiedades físicas de un vertisol cultivado intensivamente en el valle geográfico del río Cauca. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 2001

RUIZ, H., et al. Dinámica de la erosión del suelo bajo cuatro sistemas de labranza, cuantificada a través del microrelievimetro en suelos paperos del departamento de Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) XIX (1 – 2) 2002

SAAVEDRA, *et al.* Evaluación de los CDS del Informe Nacional de Colombia. Bogotá: CIPE. Universidad Externado de Colombia, 1995. p. 185.

SANCHEZ, A. *et al.* Sistemas agroforestales para la zona andina. Santa fe de Bogotá, 1995. p.238.

SANTIAGO, M. y PIEDRAITA, E. Efecto del peso de semillas en el crecimiento de *Acacia melanoxylon* R. Br. A los seis meses de edad en tres condiciones de suelo. In Revista, Órgano Divulgatorio. Vol 47, N° 1 y 2(1994); p 129.

SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

SAÑUDO, B. *et al.* Introducción al manejo técnico de cultivos hortícolas en la zona cerealista de Nariño. Pasto, Universidad de Nariño, 2002. pp. 21-25.

_____ Perspectivas para el desarrollo agrícola en la zona triguera de Nariño. Pasto, Universidad de Nariño, 2001. pp. 25-34, 206 - 209.

SAÑUDO, Benjamín; RUIZ, Hugo y LEGARDA, Lucio. Las zanjas fértiles una alternativa de suelos degradados en el departamento de Nariño. En: Revista de Ciencias Agrícolas. No. 2. Pasto: Universidad de Nariño, 2001. 213 p.

SOSA, E., *et al.* Inclinación de láminas de frijol durante el día. México, Terra. Vol 18, N° 2 (2000); pp. 147 – 153, Consultado el 11 de octubre de 2005. Disponible en www.chapingo.mx/terra/contenido/18/2/art147-152.pdf.

TORRES, E. Manual de conservación de suelos de ladera. México, Diana Editores, 1981. pp 124 – 128.

VIDELA, X. Efecto del contenido de agua en la mineralización bruta e inmovilización de nitrógeno In 9° Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago de Chile, Chile, Agricultura Técnica 65(1):74-78 2005. Consultado el 22 de febrero del 2005. Disponible en www.inia.cl

YEPES, B. *et al.* Boletín de la papa. CORPOICA. n° 2:5. 2003. Consultado el 12 de febrero del 2005. Disponible en www.redepapa.org

ZUCCARDI, R. y FADDA, C. Influencia de la compactación del suelo sobre el desarrollo y rendimiento del trigo. Revista agronómica del noroeste argentino 4 (2): 143 – 153. 1965. Tomado de GUEVARA, L. y ROJAS, H. Determinación de la penetrabilidad en algunos suelos del altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1976. 61 p.

ANEXOS

ANEXO 1

VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR, PRECIPITACIÓN Y VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA.

VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (horas)

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
AÑO												
2000	89,5	101,1	64,8	61,2	76,1	76,3	99	105,1	106,6	116,4	114,4	95,8
2001	123,2	89,5	75	93,8	90,6	125,2	122,3	140,3	118,7	184,5	91,8	71,8
2002	118,1	95,1	78,3	93,5	72,7	93,3	121	131,1	131,6	114,1	78,8	85,3
2003	124,6	82,7	85,6	78,1	68,5	69,6	118	142,4	103,6	116,4	109,6	39,3
2004	155,1	116,3	83,9	89,6	80,7	72,7	76,7	132,8	102,8	86,5	83,1	-

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mm)

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
AÑO												
2000	122,8	182,8	52,7	143,5	184,5	90,7	47	47,1	71,4	50,7	65,6	61,7
2001	77,1	68,5	50,4	69,9	48,4	71,8	53,2	25,1	48,1	26,1	86,3	105,4
2002	75,2	50	70,4	97,2	78,1	64,6	57,5	30,1	59,9	110,5	116,3	83,1
2003	9,8	35,6	103	107,8	62,3	56,2	61,2	10,3	74,1	82,8	96,2	68,7
2004	57	12,5	82,6	74,3	70,1	75,2	47	27	37,4	127,3	111,8	-

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
AÑO												
2000	11,5	11,7	12,2	12,3	12,4	12,3	11,7	11,5	11,9	12,5	12,3	12,1
2001	11,7	11,9	12,3	12,3	12,7	11,9	11,8	11,3	12,1	13,2	12,7	13,0
2002	12,5	12,8	12,9	12,5	12,7	11,8	12,2	11,7	12,4	12,5	12,2	13,1
2003	12,9	13,1	12,5	13	13	12,4	11,8	12,2	12,6	12,8	12,8	12,3
2004	12,5	12,8	12,8	12,9	12,8	11,6	11,7	11,3	12	12,4	12,5	-

ANEXO 2

INCREMENTO PROMEDIO MENSUAL Y TOTAL EN ALTURA PARA LAS ESPECIES ACACIA JAPONESA, ALCAPARRO GIGANTE Y PICHUELO

INCREMENTO MENSUAL ALTURA (cm)																	
ESPECIES	REP	ENE-FEB		FEB-MAR		MAR-ABR		ABR-MAY		MAY-JUN		JUN-JUL		JUL-AGO		AGO-SEPT	
		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO			
		CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA		
ACACIA JAPONESA	I	3,33	2,8	6,83	1,5	2,5	2	7,3	1,5	12,5	7,5	4,36	1	3,07	1,5	1,07	0
	II	4,7	2,9	7,4	5,8	2,7	0,5	8	4,5	11,5	8,5	5,75	2,3	3	0,48	1,13	0,3
	III	19	6,6	18,75	4,25	2,12	0,32	13	5,13	6,63	4,75	3,5	0,5	3,25	2	0,75	0,43
ALCAPARRO GIGANTE	I	3,07	0,83	7,38	0,62	2,55	0,5	10,7	2,2	8,5	4	9,75	0,5	3	2	1,25	1
	II	4	1,5	12,42	7,62	1,18	0,5	13,45	1,13	5,5	3,5	2,55	1,5	2,92	0,6	0,77	0,53
	III	9,2	3,9	13,12	5,07	3,75	1,88	16,4	1,85	5,35	3,53	1,88	0,13	4,62	0,87	1,38	0,18
PICHUELO	I	6,23	2,6	3,69	0,5	1,25	0,27	5,88	1,02	6,25	0,96	3,5	1,75	1,75	0	1,25	0,75
	II	8,65	2,31	3,74	1,37	4,37	0,23	3,13	0,27	4,05	1,13	2,5	0,85	1	0,35	1,75	0,25
	III	2,16	0,4	8,5	1,51	3,12	0,38	9,37	0,25	1,87	1,41	4,75	0,64	4,39	1,33	1,87	0,13

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

INCREMENTO TOTAL ALTURA (cm)			
ESPECIES	REPETICIONES	LABOREO	
		CA	SA
ACACIA JAPONESA	I	32,66	20
	II	35,98	25,88
	III	45	20,38
ALCAPARRO GIGANTE	I	30,62	23,33
	II	36,55	17,62
	III	37,93	22,08
PICHUELO	I	23,57	8,83
	II	18,24	6,75
	III	24,75	14,77

ANEXO 3

INCREMENTOS MENSUALES Y TOTAL DE DIAMETRO DE FUSTE PARA LAS ESPECIES ACACIA JAPONESA, ALCAPARRO GIGANTE Y PICHUELO

INCREMENTO MENSUAL DIAMETRO DE FUSTE (cm)																	
ESPECIES	REP	ENE-FEB		FEB-MAR		MAR-ABR		ABR-MAY		MAY-JUN		JUN-JUL		JUL-AGO		AGO-SEP	
		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO			
		CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA		
ACACIA JAPONESA	I	0,3	0,2	0,24	0,13	0,15	0,07	0,11	0,06	0,38	0,27	0,12	0	0,2	0,2	0,06	0,03
	II	0,23	0,02	0,09	0,09	0,11	0,06	0,13	0,11	0,19	0,19	0,16	0,06	0,31	0	1	0,03
	III	0,4	0,26	0,71	0,3	0,05	0,03	0,15	0,15	0,34	0,25	0,54	0,08	0,35	0,09	0,09	0,05
ALCAPARRO GIGANTE	I	0,57	0,2	0,16	0,13	0,08	0,05	0,21	0,13	0,3	0,07	0,07	0,05	0,11	0,01	0,11	0,1
	II	0,21	0,2	0,23	0,12	0,07	0,03	0,03	0,02	0,21	0,11	0,21	0,01	0,13	0,06	0,05	0
	III	0,64	0,02	0,49	0,24	0,15	0,07	0,06	0,06	0,19	0,09	0,31	0,05	0,14	0,05	0,07	0,04
PICHUELO	I	0,6	0,02	0,14	0,11	0,04	0,02	0,04	0,01	0,41	0,08	0,27	0,07	0,25	0,19	0,1	0,04
	II	1,05	1	0,95	0,25	0,14	0,08	0,12	0,05	0,36	0,01	0,09	0,02	0,22	0,03	0,13	0
	III	0,24	0,13	0,12	0,06	1,85	1,23	1,76	1,18	0,34	0,04	0,2	0,01	0,43	0,19	0,09	0,06

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

INCREMENTO TOTAL FUSTE (cm)			
ESPECIES	REPETICIONES	LABOREO	
		CA	SA
ACACIA JAPONESA	I	1,12	0,76
	II	1,58	0,94
	III	2,1	1,08
ALCAPARRO GIGANTE	I	1,04	0,46
	II	0,88	0,33
	III	1,38	0,59
PICHUELO	I	1	0,39
	II	2,01	0,14
	III	1,18	0,35

ANEXO 4

INCREMENTOS MENSUALES Y TOTAL AREA DE COPA PARA LAS ESPECIES ACACIA JAPONESA, ALCAPARRO GIGANTE Y PICHUELO

INCREMENTO MENSUAL AREA DE COPA (m ²)																	
ESPECIES	REP	ENE-FEB		FEB-MAR		MAR-ABR		ABR-MAY		MAY-JUN		JUN-JUL		JUL-AGO		AGO-SEP	
		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO		LABOREO	
		CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA	CA	SA
ACACIA JAPONESA	I	0,069	0,003	0,078	0,039	0,081	0	0,074	0,02	0,235	0,025	0,001	0,002	0,018	0,043	0,013	0,008
	II	0,026	0,066	0,04	0,027	0,028	0,029	0,035	0,009	0,039	0,038	0,042	0,05	0,031	0,034	0,023	0,009
	III	0,224	0,061	0,025	0,01	0,066	0,009	0,076	0,019	0,067	0,014	0,051	0,006	0,22	0,051	0,044	0,02
ALCAPARRO GIGANTE	I	0,025	0,077	0,073	0,052	0,138	0,128	0,142	0,018	0,113	0,09	0,016	0,012	0,064	0,035	0,04	0,024
	II	0,086	0,145	0,015	0,03	0,226	0,076	0,156	0,062	0,199	0,105	0,232	0,033	0,17	0,021	0,131	0,019
	III	0,329	0,076	0,092	0,027	0,344	0,045	0,199	0,051	0,42	0,035	0,323	0,11	0,24	0,029	0,132	0,03
PICHUELO	I	0,475	0,011	0,048	0,028	0,011	0,011	0,13	0,025	0,158	0,027	0,061	0	0,2	0,11	0,061	0,033
	II	0,32	0,036	0,001	0,018	0,243	0,015	0,18	0,052	0,157	0,061	0,091	0,024	0,2	0,04	0,12	0,032
	III	0,134	0,08	0,014	0,023	0,205	0,035	0,179	0,008	0,355	0,072	0,041	0,05	0,115	0,016	0,047	0,024

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

INCREMENTO TOTAL AREA DE COPA (m ²)			
ESPECIES	REPETICIONES	LABOREO	
		CA	SA
ACACIA JAPONESA	I	0,366	0,167
	II	0,194	0,223
	III	0,441	0,176
ALCAPARRO GIGANTE	I	0,586	0,365
	II	0,624	0,156
	III	0,901	0,186
PICHUELO	I	0,843	0,223
	II	0,694	0,151
	III	0,446	0,121

ANEXO 5

NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA Y NÚMERO DE GRANOS POR VAINA DE FRÍJOL ARBUSTIVO VARIEDAD ICA-BACHUE

NÚMERO DE VAINAS POR PLANTA			
ESPECIE	BLOQUE	CON ALTERACION	SIN ALTERACION
ALCAPARRO	I	4,65	3,55
	II	4,95	3,45
	II	5,6	3,7
PICHUELO	I	5,55	3,4
	II	5,3	3,25
	III	4,5	3,8
ACACIA	I	4,9	3,65
	II	5,1	3,8
	III	5,4	4,15
TESTIGO	I	7,05	4,85
	II	7	5,95
	III	6,85	6,25

NÚMERO DE GRANOS POR VAINA			
ESPECIE	BLOQUE	CON ALTERACION	SIN ALTERACION
ALCAPARRO	I	3,55	3,6
	II	3,6	3,5
	II	3,75	3,6
PICHUELO	I	3,4	3,3
	II	3,8	3,65
	III	3,85	3,65
ACACIA	I	3,75	3,4
	II	3,7	3,55
	III	3,9	3,6
TESTIGO	I	3,95	3,65
	II	4,15	3,7
	III	3,95	3,85

ANEXO 6

PESO DE 100 GRANOS Y Kg/Ha DE GRANO SECO DE FRÍJOL ARBUSTIVO VARIEDAD ICA-BACHUE

PESO DE 100 GRANOS			
ESPECIE	BLOQUE	CON ALTERACION	SIN ALTERACION
ALCAPARRO	I	42,7	43,5
	II	45,45	43,95
	II	44,75	45,8
PICHUELO	I	42,85	46,55
	II	44,95	43,1
	III	46,2	43,9
ACACIA	I	44,8	45,75
	II	45,8	44,85
	III	46,7	42,55
TESTIGO	I	43,65	43
	II	45,65	42,9
	III	43,35	44,25

Kg/Ha DE GRANO SECO			
ESPECIE	BLOQUE	CON ALTERACION	SIN ALTERACION
ALCAPARRO	I	718,03	558,23
	II	826,37	539,04
	II	954,35	609,48
PICHUELO	I	823,43	526,84
	II	920,51	515,67
	III	813,86	610,39
ACACIA	I	851,33	569,81
	II	881,13	607,13
	III	981,94	662,77
TESTIGO	I	1213,63	760,91
	II	1331,03	944,16
	III	1172,17	1064,18

ANEXO 7

RESISTENCIA DEL SUELO A LA PENETRABILIDAD EN EL CORREGIMIENTO DE MAPACHICO, MUNICIPIO DE PASTO, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

PARTE	PROFUNDIDAD (cm)	RESISTENCIA (MPa)			
		BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	TESTIGO
BAJA	0	0	0	0	-
	1	1	1	0,3	-
	2	1,6	1,3	0,8	-
	3	2	1,5	1,2	-
	4	2,5	1,6	1,4	-
	5	2,8	1,7	2,1	-
	7	3,1	2,1	4,1	-
	8	4,1	2,8	-	-
MEDIA	0	0	0	0	0
	1	1	0,4	1	0,8
	2	1,9	0,6	1,4	1,5
	3	2,5	1	1,7	1,8
	4	3	1,4	1,8	2
	5	3,5	1,9	1,9	2,2
	6	-	2,1	-	-
	7	-	-	2	2,7
	10	-	-	2,7	2,9
	12	-	-	2,9	3,5
	13	-	-	3,2	-
	14	-	-	-	4,2
	15	-	-	-	4,6
16	-	-	-	5	
ALTA	0	0	0	0	-
	1	1,1	0,8	1,6	-
	2	1,3	1,3	1,6	-
	3	1,5	1,6	1,6	-
	4	1,6	2	1,7	-
	5	1,6	2,6	1,8	-
	7	1,6	3,1	2	-
	10	1,3	-	2,1	-
	12	1,3	-	3,3	-
	14	2,4	-	-	-
	15	3,7	-	-	-