

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

FREDDY ANDRÉS ARTEAGA TULCÁN

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2008

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

FREDDY ANDRÉS ARTEAGA TULCÁN

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

Presidente de tesis
CARLOS BETANCOURTH GARCIA I.A., M.Sc

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2008

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor”

“Artículo 1º del acuerdo número 324 del 11 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Superior de la Universidad de Nariño”

Nota de aceptación:

Carlos Betancourth García I.A., M.Sc
Presidente de Tesis

Jesús Castillo Franco I.A., Ph.D
Asesor delegado

Amanda Silva Parra I.A., M. Sc
Jurado

Jorge Vélez Lozano I. AF., M.Sc
Jurado

San Juan de Pasto, Marzo 2008

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su más sincero agradecimiento 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.

Carlos Betancourt García. I. A., M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración en el proceso de investigación y como Presidente de Tesis.

Carlos Mosquera Quijano I. A., Mg. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración y constante apoyo como profesional.

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

Amanda Silva Parra. I. A., M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como jurado.

Jorge Vélez Lozano. I. AF., M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. Por su colaboración como jurado.

Álvaro Castillo Marín. Ingeniero Agrónomo. Esp. Secretario Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

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

DEDICO A:

Mi hijo, mis padres, Lorena,
Mi hermano,
a toda mi familia
y en memoria de
Mi abuela Marina

FREDDY ANDRÉS ARTEAGA T.

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.

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.

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.

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.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	18
II. REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1 Generalidades	21
2.2 Sistemas Agroforestales	23
2.2.1 Sistema agroforestal de cultivo en callejones	23
2.3 Prácticas agroecológicas	24
2.3.1 Ordenamiento de cultivos	24
2.3.2 Rotación de cultivos	24
2.3.3 Siembras a contorno	25
2.3.4 Coberturas vegetales	25
2.3.5 Coberturas muertas	25
2.3.6 Barreras vivas	25
2.3.7 Abonos verdes	25
2.3.8 Caldos microbiales	26
2.4 Componente agrícola papa <i>Solanum tuberosum</i>	26
2.4.1 Generalidades	26
2.4.1.1 Suelo	27
2.4.1.2 Siembra	27
2.4.1.3 Aporque	27
2.4.1.4 Cosecha	27
2.5 Componente arbóreo	28
2.5.1 Acacia japonesa <i>Acacia melanoxylon</i>	28
2.5.2 Pichuelo <i>Senna pistasiifolia</i>	28
2.5.3 Alcaparro gigante <i>Senna viarum</i>	29
2.6 Aspectos económicos en sistemas agroforestales	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS	32
3.1 Localización	32
3.2 Suelos	32
3.3 Metodología	32
3.3.1 Diseño experimental	33
3.3.2 Tratamientos	33
3.3.3 Distribución Experimental	33
3.4 Labores del cultivo	33
3.5 Variables de evaluación del componente agrícola	34
3.6 Variables de evaluación del componente forestal	35
3.7 Análisis estadístico	36

	Pág.
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 Comportamiento de las especies arbóreas	37
4.1.1.1 Diferencia de altura	38
4.1.1.2 Incremento total de altura	42
4.1.2 Incremento de diámetro de fuste	44
4.1.2.1 Promedio diámetro de fuste	44
4.1.2.2 Incremento promedio total de diámetro de fuste	46
4.1.3 Incremento de área de copa	48
4.1.3.1 Promedio área de copa	48
4.1.3.2 Incremento total área de copa	52
4.2 Comportamiento del componente agrícola papa Diacol capiro	54
4.2.1 Promedio total de número de tallos por planta	54
4.2.2 Altura en las plantas de papa	57
4.2.3 Número de tubérculos por planta	59
4.2.3.1 Número de tubérculos de primera	59
4.2.3.2 Número de tubérculos de segunda	61
4.2.3.3 Número de tubérculos de tercera	63
4.2.4 Peso de tubérculos por planta	65
4.2.4.1 Peso de tubérculos de primera	65
4.2.4.2 Peso de tubérculos de segunda	67
4.2.4.3 Peso de tubérculos de tercera	68
4.2.5 Producción de papa comercial en t/ha	72
V. CONCLUSIONES	76
VI. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	83

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable Crecimiento en altura (cm) de las especies arbóreas	38
Cuadro 2. Prueba de comparación de medias para subtratamientos Crecimiento en altura (cm.) especies arbóreas	38
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable diferencia altura (cm) de las especies arbóreas	38
Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para tratamientos diferencia de Altura especies arbóreas	40
Cuadro 5. Prueba de comparación de medias Subtratamientos diferencia de Altura especies arbóreas	40
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable incremento promedio total altura (cm) de las especies arbóreas	42
Cuadro 7. Prueba de comparación de medias para tratamientos Incremento total de altura (cm) especies arbóreas	43
Cuadro 8. Prueba de comparación de medias para subtratamientos Incremento total de altura (cm) especies arbóreas	43
Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable promedio diámetro fuste (cm) de las especies arbóreas	44
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias para subtratamientos Incremento total de altura (cm) especies arbóreas	45
Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable incremento total diámetro fuste (cm) de las especies arbóreas	47
Cuadro 12. Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos Incremento total de diámetro de fuste (cm) especies arbóreas	47
Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable: promedio área de copa (m ² .) de las especies arbóreas	49

Pág.

Cuadro 14. Prueba de comparación de medias para Subtratamientos promedio área de copa (m ²) especies arbóreas	50
Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable: incremento total área de copa (m ² .) de las especies arbóreas	52
Cuadro 16. Prueba de comparación de medias para Subtratamientos incremento total área de copa (m ²) especies arbóreas	53
Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable: número de tallos por planta cultivo de papa	54
Cuadro 18. Prueba de comparación de medias para tratamientos número de tallos por planta	55
Cuadro 19. Prueba de comparación de medias para subtratamientos número de tallos por planta	55
Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable altura de plantas, cultivo de papa	58
Cuadro 21 Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos altura de plantas, cultivo de papa	58
Cuadro 22 Análisis de varianza para la variable: Número de tubérculos de primera, cultivo de papa	60
Cuadro 23. Prueba de comparación de medias para tratamientos número de tubérculos de primera, cultivo de papa	60
Cuadro 24. Prueba de comparación de medias para % subtratamientos número de tubérculos primera, cultivo de papa	61
Cuadro 25. Análisis de varianza para la variable: Número de tubérculos de segunda, cultivo de papa	62
Cuadro 26. Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos número de tubérculos de segunda, cultivo de papa.	62
	Pág.
Cuadro 27 Análisis de varianza para la variable: Número de tubérculos de tercera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005	63

Cuadro 28. Prueba de comparación de medias para tratamientos número de tubérculos de tercera, cultivo de papa	63
Cuadro 29. Análisis de varianza para la variable: Peso de tubérculos de primera, cultivo de papa	66
Cuadro 30. Prueba de comparación de medias para tratamientos peso de tubérculos de primera	66
Cuadro 31. Prueba de comparación de medias para Subtratamientos peso de tubérculos de primera, cultivo de papa	66
Cuadro 32. Análisis de varianza para la variable: Peso de tubérculos de segunda, cultivo de papa	68
Cuadro 33. Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos peso de tubérculos de segunda, cultivo de papa	68
Cuadro 34. Análisis de varianza para la variable: Peso de tubérculos de tercera, cultivo de papa periodo	69
Cuadro 35. Prueba de comparación de medias para tratamientos peso de tubérculos de tercera, cultivo de papa	69
Cuadro 36. Análisis de varianza para la variable: Producción de papa comercial en t/ha	72
Cuadro 37. Prueba de comparación de medias para tratamientos producción de papa comercial en t/ha	72
Cuadro 38. Prueba de comparación de medias para subtratamientos producción de papa comercial en t/ha	73

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Mapa de campo.	34
Gráfica 2. Crecimiento en altura de las especies arbóreas bajo dos sistemas de manejo agronómico del suelo periodo, Octubre 2004 – Abril 2005	37
Gráfica 3. Incremento promedio total de altura para las especies arbóreas con y sin manejo agronómico, periodo octubre 2004 abril 2005	41
Gráfica 4. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas con manejo agronómico del suelo	41
Gráfica 5. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas con manejo agronómico del suelo	44
Gráfica 6. Incremento promedio mensual de diámetro de fuste para las especies arbóreas con manejo agronómico del suelo	46
Gráfica 7. Incremento promedio mensual de diámetro de fuste para las especies arbóreas sin manejo agronómico del suelo	46
Gráfica 8. Incremento promedio total de diámetro de fuste para las especies arbóreas con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005	48
Gráfica 9. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas con manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005	51
Gráfica 10. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas sin manejo agronómico, periodo octubre 2004 abril 2005	51

Pág.

Gráfica 11. Incremento promedio total de área de copa para las especies arbóreas con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005	53
---	----

Gráfica 12. Promedio total número de tallos por planta de papa capiro, con y sin manejo agronómico del suelo,	57
Gráfica 13. Altura de plantas, cultivo de papa, con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 – abril 2005	59
Gráfica 14. Número promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, con manejo agronómico del suelo	64
Gráfica 15. Número promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, sin manejo agronómico del suelo	64
Gráfica 16. Número promedio total de tubérculos de papa capiro, con y sin manejo agronómico del suelo	65
Gráfica 17. Peso promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, con manejo agronómico del suelo	70
Gráfica 18. Peso promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, sin manejo agronómico del suelo	70
Gráfica 19. Número promedio total de tubérculos de papa capiro, con y sin manejo agronómico del suelo	71
Gráfica 20. Producción promedia total de papa capiro, con y sin, manejo agronómico del suelo	75

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Altura para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo	84
ANEXO 2. Incremento promedio mensual y total en altura para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo	85
ANEXO 3. Incrementos mensuales y total de diámetro de fuste para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo	86
ANEXO 4. Incrementos mensuales y total área de copa para las especies acacia japonesa, alcaparro gigante y pichuelo	87
ANEXO 5. Número de tallos por planta y altura de plantas de papa capiro	88
ANEXO 6. Número de tubérculos por planta de primera, segunda y tercera categoría	89
ANEXO 7. Peso de tubérculos por planta de primera, segunda y tercera categoría	90
ANEXO 8. Producción de papa comercial diacol capiro	91

RESUMEN

Esta investigación consistió en analizar el efecto de las prácticas de recuperación de suelos utilizadas mediante la implantación del cultivo de papa para evaluar la producción dentro de un sistema agroforestal ubicado en el corregimiento de Mapachico al occidente de la ciudad de San Juan de Pasto.

Se realizó la siembra de papa diacol capiro 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 número de tallos por planta, altura de plantas, peso de los tubérculos de primera, segunda y tercera categoría y producción de papa.

La alteración del suelo y la ejecución de prácticas agroecológicas permiten obtener mejores resultados y afectó positivamente las variables evaluadas en las especies arbóreas; en particular el alcaparro gigante presentó un mejor comportamiento en el transcurso de la investigación.

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 papa, con una producción de 32t/ha, obteniendo un mejor rendimiento que el suelo sin alteración.

Palabras claves: Sistema agroforestal, recuperación de suelos, alteración del suelo, *Acacia melanoxylon*, *Senna pistasiifolia*, *Senna viarum*, *solanum tuberosum*.

ABSTRACT

The research consisted on analyze the effect of soil recovery practices used through the implementation of potato cultivation to evaluate the production inside of agroforestral system located in the locality of Mapachico, on the west of the city of San Juan of Pasto.

The sowing of potatoes capiro diacol (*Solanum tuberosum*) was made into alleys which were previously altered as well as the addition of green manures and microbial broth and no alteration of soil was used as control. These both were under the influence of tree component: japanese acacia (*Acacia melanoxylon*), pichuelo (*Senna pistasiifolia*) and gigant 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 stalk counting per plant, height of plants, weight of the tubers of first, second and third category and production of potato.

To furrow for sowing soil and the execution of agroforestral system to allow obtine better results and fond positivng the variables to evaluate in the tree component in particular gigant caper (*Senna viarum*) to presented a better condut in the passing of the investigation.

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 potato. with a production of 32t/ha, obting a better yield that the ground, without alteration.

Key words: agroforestral system, soils recovery, soil furrowinf, deepness, ***Acacia melanoxylon***, ***Senna pistasiifolia***, ***Senna viarum***, ***solanum tuberosum***.

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.

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, sin que hasta el momento se tengan soluciones reales para solucionar la problemática; según el IGAC la erosión afecta el 52% del territorio nacional y 86% de la zona andina presenta algún grado de la misma.¹

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

No obstante a la problemática presente, el agricultor puede implementar prácticas de restitución física, química y biológica de la fertilidad de los suelos deteriorados, así sea de manera parcial para obtener rendimientos significativos en las cosechas de sus cultivos. Dichas prácticas están al alcance de las comunidades rurales, por el bajo costo y el empleo de elementos de fácil ejecución como es el caso del guachado que consiste en efectuar un surcado a poca profundidad evitando que se mezclen las capas profundas con las superficiales, a la vez que se incorpora materia orgánica al suelo. Además está la práctica incorporación de abonos verdes que consiste en la utilización de cultivos de crecimiento rápido como por ejemplo leguminosas, crucíferas y gramíneas que luego de ser cortados son incorporados en el mismo suelo donde fueron establecidos; también es importante la utilización de caldos microbiales que consisten en hacer una mezcla de agua con estiércol, residuos de cosecha descompuestos, melaza, leche y agua oxigenada, para someter el conjunto a fermentación, para posterior aplicación.³

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.⁴

¹. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá, 1988.

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

³. SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

Para esta investigación como indicador de la posible recuperación de la productividad del suelo, se tomó como referencia la rentabilidad del cultivo de papa Diacol capiro en cada uno de los tratamientos y subtratamientos del sistema agroforestal ya establecido.

El trabajo realizado es continuación de la investigación adelantada por Bravo y Bravo ⁵ entre el año 2003 y 2004, denominado “*Evaluación preliminar y difusión de un arreglo agroforestal recuperador en una zona del municipio de Pasto, Nariño*”, y Peña y Portilla ⁶ en el año 2004 denominado “*Efecto de prácticas de recuperación de un suelo de ladera sobre la capacidad productiva de frijol arbustivo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de 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, buscando además un beneficio mayor con la implantación del componente forestal.

Por lo tanto la presente investigación implica que se tengan fundamentos reales sobre las bondades de las medidas aplicadas y su incidencia en la producción de un cultivo comercial, en este caso papa capiro; 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 realizó el presente trabajo, con el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de prácticas agroecológicas de recuperación de suelos en interacción con el componente arbóreo en un suelo de ladera, sobre la capacidad productiva de papa Diacol capiro en un arreglo agroforestal con tres especies arbóreas.
- Evaluar los componentes de producción de tubérculos comerciales de papa y rendimiento por hectárea en un arreglo agroforestal en callejones con la implementación de prácticas agroecológicas.

⁴ . JIMÉNEZ, F. y MUSCHLER, R. Introducción a la agroforestería. In Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 2001. pp. 1-6.

⁵ . 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.

⁶ . PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Efecto de prácticas de recuperación de un suelo de ladera sobre la capacidad productiva de frijol arbustivo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

- Determinar el efecto acumulado de la práctica de guachado, - residuos de cosecha, - abonos verdes y rotación de cultivos en el crecimiento de las especies arbóreas pichuelo, alcaparro gigante y acacia japonesa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades

La problemática de la degradación de los suelos en la faja tropical del mundo se hace cada día más grave y aun es más 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 Asia; en Colombia las zonas desérticas identificadas representan el 15% del territorio nacional, muy bajo si se compara con otros países.⁷

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 la mayoría 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.⁸

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.⁹

Desde hace treinta años han llamado la atención los suelos de ladera los cuales están erosionados y superpoblados. Desafortunadamente tal panorama no parece haber mejorado, y por el contrario el sector agrícola de subsistencia se caracteriza por escasez de tierras, carencia de tecnología o dificultad para asimilar por su analfabetismo, desnutrición y bajo nivel de ingresos.¹⁰

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.¹¹

⁷ . SAAVEDRA, *et al.* Evaluación de los CDS del Informe Nacional de Colombia. Bogotá: CIPE. Universidad Externado de Colombia, 1995. p. 185.

⁸ . RUÍZ, H., *et al.* Dinámica de la erosión del suelo bajo cuatro sistemas de labranza, cuantificada a través del microrelievimetro en suelos papeiros del departamento de Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia) XIX (1 – 2) 2002

⁹ . CHARRY, J. Naturaleza y propiedades físicas de los suelos. Palmira, Universidad Nacional, 1987. 362 p.

¹⁰ . MONTENEGRO, V. Tecnología del frijol común. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1999 27p.

¹¹ . CHARRY, J. Op Cit. 362p

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.¹²

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.¹³

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.¹⁴

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.¹⁵

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.¹⁶

¹². FAO – ICRAF. Informe reunión interregional sobre investigación, educación y desarrollo agroforestal para África, Asia y América Latina. Nairobi, Kenia, 1994. pp. 4 – 8.

¹³. FASSBENDER, H. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1993. p 45.

¹⁴. JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. Op. cit., pp 1-6.

¹⁵. Ibid.

2.2 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).¹⁷

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 multiestratos.¹⁸

2.2.1 Sistema agroforestal de cultivo en callejones

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

Este arreglo agroforestal con cultivos en callejones 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.¹⁹

¹⁶ . FAO – ICRAF. Informe reunión interregional sobre investigación, educación y desarrollo agroforestal para África, Asia y América Latina. Nairobi, Kenia, 1994. pp. 4 – 8

¹⁷ . NAIR, R. Agroforestería. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1997. 543 p.

¹⁸ . KRISHNAMURTHY y ÁVILA. Bases de Agroforestería. México, Trillas, 1999. p. 10.

¹⁹ . JIMENEZ, F. y MUSCHLER, R. Op. cit., pp 1-6.

Para trabajarse en terrenos deteriorados, 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 suelo se rotura totalmente para sembrar avena *Avena sativa* al voleo empleándola también como abono verde.²⁰

Según Sánchez actualmente se establece el cultivo de papa a manera de intercalado entre huertos frutales, en el primer y segundo año de establecido; el huerto se siembra tres surcos de papa entre los surcos de árboles frutales y a un metro entre surcos de papa y en el tercer año desaparece como intercalado, con este sistema se obtiene una densidad de 12500 plantas por hectárea²¹.

2.3 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.²²

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:²³

2.3.1 Ordenamiento 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.²⁴

2.3.2 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.²⁵

²⁰ . 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.

²¹ . SANCHEZ, A. et al. Sistemas Agroforestales para la zona Andina. Bogotá, DC, 1995. 238 p.

²² . HENAO, J. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá, USTA, 1998. p 231.

²³ . HENAO, J. Op. Cit., p 231.

²⁴ . HENAO, J. Op. Cit., p 236.

²⁵ . HENAO, J. Op. Cit., p 236.

2.3.3 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.²⁶

2.3.4 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.²⁷

2.3.5 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).²⁸

2.3.6 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.²⁹

2.3.7 Abonos verdes

El término "abonado en verde" 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.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.³¹

²⁶ . HENAO, J. Op. Cit., p 237.

²⁷ . HENAO, J. Op. Cit., p 243.

²⁸ . HENAO, J. Op. Cit., p 245.

²⁹ . HENAO, J. Op. Cit., p 246.

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

³¹ . TORRES, E. Manual de conservación de suelos de ladera. México, Diana Editores, 1981. pp 124 – 128.

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.³² 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.³³

2.3.8 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.³⁴

El caldo microbial aporta los microorganismos *Azospirillum brasilense*, *Azobacter chroococcum*, *Lactobacillus acidophilus* y *Saccharomyces cerevisiae* que actúan como biotransformadores de materiales orgánicos.³⁵

2.4 Componente agrícola papa *Solanum tuberosum*

2.4.1. Generalidades

El cultivo de la papa ha sido tradicional en el 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 tubérculo. Ello trae como consecuencia, la baja rentabilidad del cultivo. La papa al igual que la mayoría de los cultivos requiere de suelos adecuados al enraizamiento y posterior crecimiento. Además necesita de condiciones sanitarias óptimas para evitar problemas productivos, generalmente la papa se cultiva en suelos orgánicos ácidos (pH 5 - 6) de origen volcánico, los suelos varían en textura poder de retención del agua, grado de aireación y proporción de nutrientes.³⁶

La variedad Diacol capiro precede del cruzamiento de una variedad de origen Escocesa *Solanum tuberosum* L. x Tuquerreña. Híbrido 53-110-3.con una adaptación a altitudes entre 2.500 y 3.200 metros.

³² . SAÑUDO, B. et al. Op. Cit., pp. 25-34.

³³ . CARLSON, P. Biología de la productividad de cultivos. México, AGT, 1990. 413 p.

³⁴ . RAMIRES, G. Agricultura orgánica; fungicidas, abonos y caldos microbiológicos. Buga, Imprimimos,1998. p. 84.

³⁵ . SAÑUDO, B. et al. Op. Cit., p. 37

³⁶ . LUJÁN, L. El cultivo de la papa en Colombia. En: Revista Agronomía Tropical vol. XXVI No. 6. 1999. p.12

Tiene un ciclo de vida de 5 a 6 meses, de acuerdo a la altitud; es una planta de porte bajo y follaje relativamente escaso, su rendimiento promedio es de 25 t/ha. bajo condiciones adecuadas, produce un tubérculo de forma redonda con una muy buena calidad para la industria.³⁷

2.4.1.1 Suelo. La papa presenta un sistema radical muy ramificado con innumerables raicillas que pueden llegar hasta 90 centímetros de profundidad que fácilmente ocupan 40 centímetros de cobertura horizontal. Por ello, para que este sistema radical se desarrolle adecuadamente requiere un suelo profundo orgánico, mullido, con buena retención de humedad.³⁸

2.4.1.2 Siembra. La correcta siembra permite el éxito del cultivo de papa; la semilla debe sembrarse en estado de brotación múltiple, 4 o más brotes por tubérculo, de preferencia verdeada, para la siembra se requieren surcos profundos (25 cm), la distancia entre estos varía de 0.80 a 1.5 metros, se requieren por hectárea 1000 a 1250 kg por hectárea, en cuanto a la profundidad varía de 5 a 20 centímetros de acuerdo al tipo de suelo.³⁹

2.4.1.3 Aporque. El aporque consiste en arrimar la tierra a lo largo del surco a la base de la planta, cuyo objetivo es favorecer a la formación de tubérculos, evitar que los estolones se queden en la superficie, conservar la humedad de las raíces proteger los tubérculos de la luz y de los insectos y facilitar la aireación y el drenaje.⁴⁰

2.4.1.4 Cosecha. La cosecha debe realizarse tan pronto los tubérculos llegan a su maduración fisiológica normal. Es decir cuando la translocación de carbohidratos se interrumpe por vejez y muerte natural del follaje (cuando en el cultivo se inicie el amarillamiento del follaje). El tubérculo maduro tiene la piel súberizada que no se desprende al ejercer presión con los dedos.⁴¹

³⁷ . ALVARADO, L. Descripción de las principales variedades de papa cultivadas en Nariño. Cartilla divulgativa No. 58. Pasto, ICA, 1992. p. 11

³⁸ . LUJÁN, L. Op. Cit p. 12

³⁹ . LUJÁN, L. Op. Cit p. 12

⁴⁰ . LUJÁN, L. Op. Cit p. 12

⁴¹ . GRANADOS GÓMEZ, L. F y FAJARDO RAMÍREZ, J. M. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa *Solanum tuberosum*. America: Fudesco, 1999. p. 38

2.5 Componente arbóreo

2.5.1 Acacia japonesa *Acacia melanoxylon*

La acacia japonesa es una especie arbórea perteneciente a la familia Mimosacea, 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 blanquizco, 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 parduzca enroscada de 7cm, con múltiples semillas.⁴²

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; éstas 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.⁴³

Vergara, citado por Santiago y Piedrahita, afirman 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.⁴⁴

2.5.2 Pichuelo *Senna pistasiifolia*

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.

⁴² . RODRIGUEZ NIETO, V. M., *et al.* Manto de la tierra. Bogotá, Lerner, 1990. 34 p

⁴³ . Ibid.

⁴⁴ . SANTIAGO, M. y PIEDRAHÍTA, 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.

Presenta un crecimiento de 9 m aproximadamente. Posee hojas de color verde brillante con disposición bipinada compuesta, paripinada o simple; tiene flores de color amarillo agrupadas en la parte terminal.⁴⁵

Se propaga por semilla y estaca, la semilla se siembra en semillero a 1cm de profundidad, a 3 cm entre sí, en líneas separadas 10 cm. El transplante se efectúa cuando la plántula ha alcanzado 20 cm, es utilizada para sombríos de cultivos. Crece en suelos pobres, erosionados, pedregosos y poco profundos. Es utilizado en la protección de suelos.⁴⁶

2.5.3 Alcaparro gigante *Senna viarum*

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 5 m 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 32 cm, alternas. Presenta flores agrupadas de color amarillo fuerte de 4cm de diámetro. El fruto es una legumbre aplanada de color carmelita de 12 cm, con varias semillas.⁴⁷

Se propaga por vía sexual. Las semillas se siembran en semilleros de 2 cm, a 3cm entre sí, en líneas separadas 10 cm. El transplante se efectúa cuando la planta alcanza 20cm. Exige buenos suelos.⁴⁸

2.6 Aspectos económicos en sistemas agroforestales

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).⁴⁹

En sistemas silvoagrícolas (árboles asociados a cultivos) se muestran beneficios directos e indirectos (incorporación de materia orgánica, aumento de contenido de nitrógeno en el suelo, etc.) de dichas asociaciones (Fuentes, Jiménez y Martínez, 1979. citados por Pereira y Montoya, 1991)

⁴⁵ . RODRÍGUEZ NIETO, V.M., et al. Manto de la tierra. Bogotá, Lerner, 1990. 34p

⁴⁶ . RODRÍGUEZ NIETO, V.M., et al. Manto de la tierra. Bogotá, Lerner, 1990. 34p

⁴⁷ . RODRÍGUEZ NIETO, V.M., et al. Op cit.. 34p.

⁴⁸ . Ibid.

⁴⁹ . 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.

Para el trabajo realizado por Bravo y Bravo 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 120 cm, mientras que en los lotes sin alteración se presentaron valores inferiores a 40 cm 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.

Para el trabajo realizado por Peña y Portilla anteriormente mencionado, se emplearon las mismas especies arbóreas: la Acacia japonesa (*Acacia melanoxylon*), el Pichuelo (*Senna pistasiifolia*) y el Alcaparro gigante (*Senna viarum*) y la especie frijol arbustivo variedad ICA -BACHUE

Dicha investigación determinó la producción de grano seco en los dos sistemas de laboreo del suelo, arrojando los siguientes resultados:

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 manejo agronómico 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.

Se encontró que los árboles en el suelo con manejo agronómico 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 frijol arbustivo con manejo agronómico 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.

En el trabajo realizado por Gaviria y Villarreal ⁵⁰ en la recuperación de dos lotes con la utilización de zanjas de fertilidad encontraron que el mayor rendimiento de papa se presentó en el tratamiento zanja fértil – abono verde - avena con 26 tn/ha.

El mayor rendimiento de arveja *Pisum sativum* se presentó en las zanjas fértiles – abono verde *Lupinus mutabilis* y *Avena sativa*, con 2139.5 kg/ha de grano seco y el mas bajo lo obtuvo el testigo con 447kg/ha. En el trabajo realizado por Betancourth y Sánchez. ⁵¹

⁵⁰ . GAVIRIA, P. Y VILLARREAL EDWIN. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla amarilla *Solanum phureja*. En dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agronómica. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

⁵¹ . BETANCOURTH, C. Y SÁNCHEZ, C. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad, y la productividad de arveja *pisum sativum* v. santa Isabel, en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agronómica. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

El presente trabajo se realizó entre el periodo octubre de 2004 - abril de 2005 en el corregimiento de Mapachico, ubicado a 7 km al occidente de la ciudad de Pasto. Presenta una altura sobre el nivel del mar de 2750 m, una temperatura media anual de 13 °C, una precipitación promedio anual de 500 a 1000 mm, según Holdridge la formación vegetal pertenece a bosque seco montano bajo (bs-MB) y tiene una humedad relativa de 70%.⁵² 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.⁵³

3.2 Suelos

Los suelos del corregimiento de Mapachico son derivados de cenizas volcánicas, de fertilidad moderada, 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.⁵⁴

3.3 Metodología

La presente investigación corresponde a una tercera fase del trabajo adelantado por Bravo y Bravo,⁵⁵ y Peña y Portilla⁵⁶ entre los años 2003 - 2004 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 los anteriores proyectos, exceptuando la distribución del componente agrícola – papa Capiro. El diseño fue de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro tratamientos, dos subtratamientos y tres repeticiones.

⁵². INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Información Meteorológica. 2000.

⁵³. SAÑUDO, B. *et al.* Op. cit., pp. 206 - 209.

⁵⁴. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo II. IGAC. Bogotá: 1996. p 570.

⁵⁵. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

⁵⁶. PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit.

Después de la cosecha de frijol, se procedió a la siembra de papa Diacol capiro con el fin de determinar el efecto acumulado de las prácticas agroecológicas, lo cual hasta ese momento no se había comprobado. Las especies arbóreas, en el inicio de la nueva investigación presentaban una edad de tres 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 ***Acacia melanoxylon***, pichuelo ***Senna pistasiifolia*** y alcaparro gigante ***Senna varium***, mientras que los subtratamientos son testigo deteriorado o sin manejo agronómico del suelo y lote en recuperación con guachado del suelo o manejo agronómico. Se distribuyeron de la siguiente manera:

T1= testigo sin árboles

T2= acacia japonesa

T3= alcaparro gigante

T4= pichuelo

En cada tratamiento se trazaron 4 surcos a 5 metros entre ellos y en cada uno se sembró 7 árboles en curvas a nivel de las especies correspondientes a distancia de 1 metro entre sitios, para un total de 28 árboles por tratamiento.

Subtratamiento1: testigo sin manejo agronómico.

Subtratamiento2: lote en recuperación, con manejo agronómico 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 m x 84 m, con tres bloques de 15 m x 28 m, con separación de 1 m, cada uno con 4 tratamientos de 15 m x 6 m y separados a 1 m, y cada tratamiento con 2 subtratamientos de 15 m x 3 m (gráfica 1).

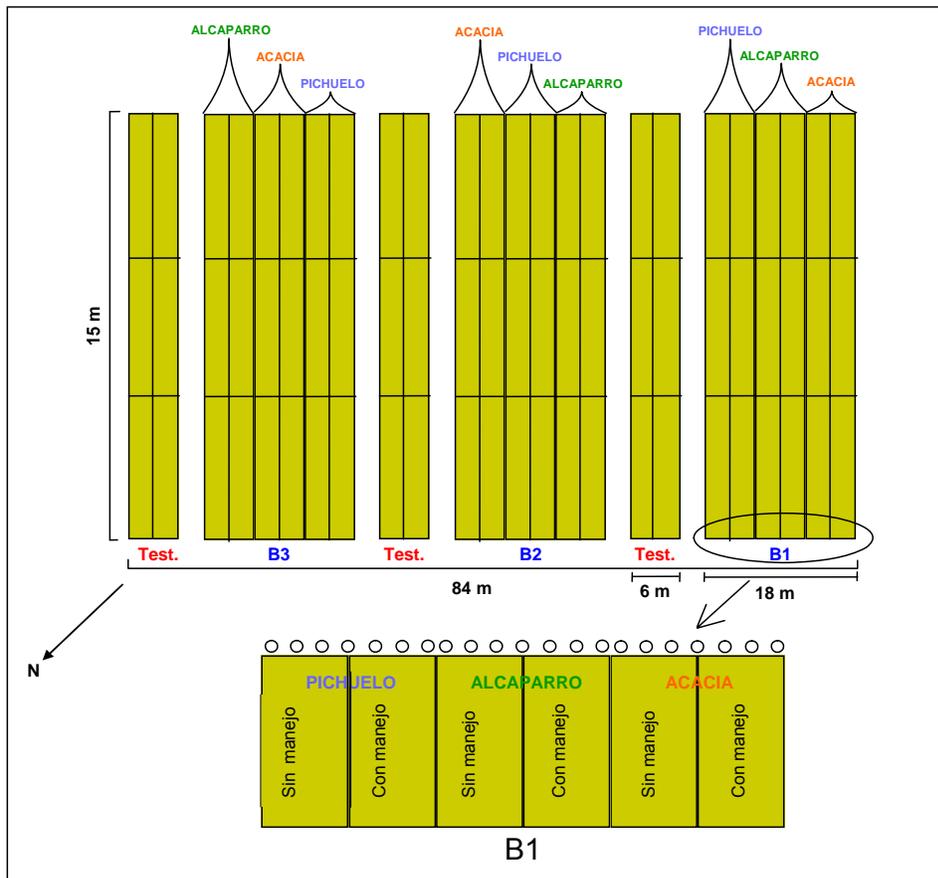
En los tratamientos se tomó los dos surcos centrales correspondientes a 10 árboles para cada tratamiento y para los subtratamientos se tomó 4 árboles centrales para su respectiva evaluación.

3.4 Labores del cultivo

Después de la cosecha de frijol, se procedió a hacer un guachado a 1 m de distancia, dejando los guachos extremos a 1 m de los árboles, para sembrar papa Diacol capiro a 30cm de distancia con una semilla por sitio; realizando la

fertilización con 400 kg/ha de 10 – 30 – 10, teniendo en cuenta que esta es la cantidad mínima requerida por el cultivo.⁵⁷

Se realizaron labores de cultivo tales como el aporque y deshierbas periódicas para disminuir el efecto de malezas.



Gráfica 1. Mapa de campo.

3.5 Variables de evaluación del componente agrícola

Se midieron en el cultivo los siguientes aspectos:⁵⁸

a). Número de tallos por planta. En la época de total tuberización se tomaron al azar 10 plantas de cada uno de los subtratamientos; dichas plantas se marcaron para contabilizar el número total de tallos de cada planta.

b). La medición de las alturas se hizo con regla desde el suelo hasta la yema terminal de los individuos seleccionados en la época de total tuberización aproximadamente 18 semanas.

⁵⁷. SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004 Comunicación Personal.

⁵⁸. SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2005 Comunicación Personal.

c). Número de tubérculos por planta. Se tomó 10 plantas al azar de cada uno de los subtratamientos, en la época total de tuberización dichas plantas se marcaron y en la época de cosecha, se arrancaron realizando una clasificación de los tubérculos de acuerdo a la categoría, primera, segunda y tercera para posteriormente contabilizar el número de los tubérculos por categoría.

d). Peso de tubérculos por planta. El peso de tubérculos se analizaron con una balanza tipo reloj con capacidad de 0.25 a 50 libras; el peso se tomó de acuerdo al número de tubérculos por planta, posteriormente de la clasificación y contabilización de éstos.

f). Producción. Para la producción de papa capiro se tomó las categorías primera y segunda que son las comerciales. Se determinó la producción de papa comercial de la parcela útil y se llevó a t/ha.

3.6 Variables de evaluación del componente forestal

Se continuó con las mediciones mensuales en los árboles establecidos, tomando cuatro de los surcos centrales, determinando:

a). La medición de las alturas se hizo con regla desde el suelo hasta la yema terminal de los individuos seleccionados.

b). El diámetro de tallo se midió con un pie de rey en la base del árbol.

c). 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 aspecto⁵⁹:

$$A = \pi r_1 \cdot r_2$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

r_1 = Radio de mayor longitud

r_2 = Radio de menor longitud

⁵⁹. ORDOÑEZ, H. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2006. Comunicación Personal.

3.7 Análisis estadístico

Los diferentes datos se interpretaron estadísticamente por medio del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando el programa SAS, el modelo estadístico correspondió a 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:

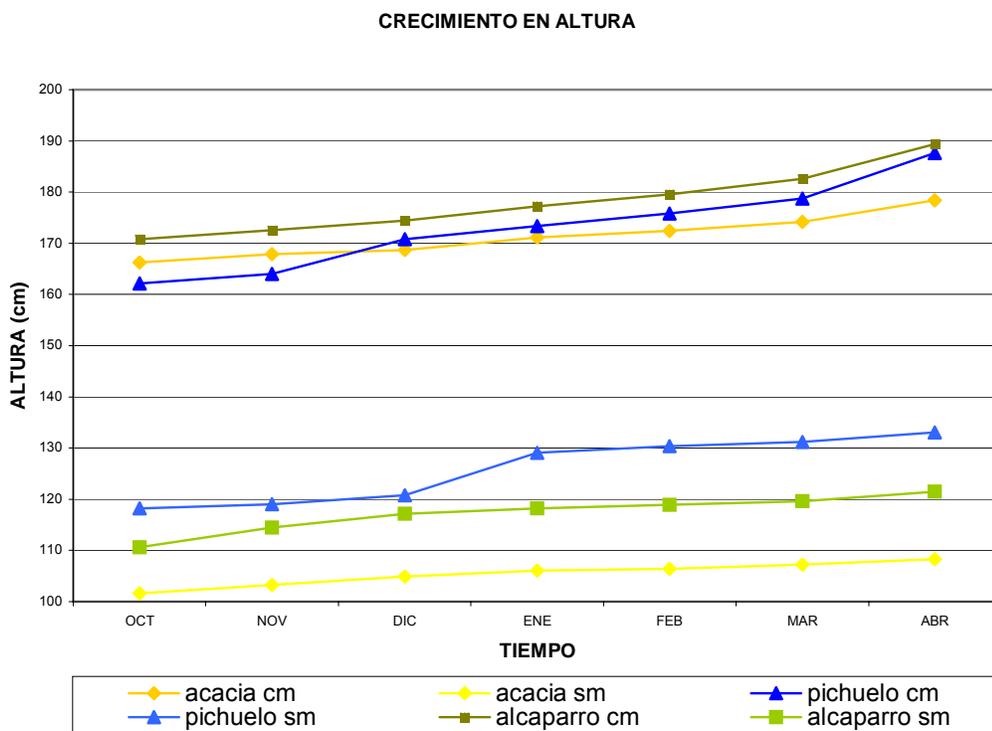
- Y_{ijk} : variable de respuesta para la parcela i, la subparcela j en el bloque k
U : es la media general
B_k : es el efecto del bloque k
P_i : efecto de los tratamientos asignados a los tratamientos (especies leñosas)
(B·P)_{ki}: error a
S_j : efecto de los tratamientos asignados a los subtratamientos (laboreo del suelo)
P_i·S_j : efecto de la interacción trat*Subtrat.
(B·S)_{kj} + (B·P·S)_{kij} : error experimental b.⁶⁰

⁶⁰. LAGOS, T. y CRIOLLO, H. Principales aplicaciones del paquete SAS en diseño experimental. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1998. 61 p.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento de las especies arbóreas

Crecimiento en altura (cm). En la gráfica 2 se describe el comportamiento de las especies arbóreas durante el periodo de estudio.



Gráfica 2. Crecimiento en altura de las especies arbóreas bajo dos sistemas de laboreo del suelo periodo, Octubre 2004 – Abril 2005

En el análisis de varianza se encuentran diferencias altamente significativas en el crecimiento de altura, entre subtratamientos, determinándose que en el suelo con manejo agronómico, práctica de guachado – incorporación de residuos y aplicación de caldo microbial, el promedio 174,19 cm., superó de manera significativa al subtratamiento no intervenido, con 116,19 cm., debido a que en esas condiciones físicas, químicas y biológicas para favorecer un desarrollo radical adecuado, que permite un buen comportamiento del Pichuelo, el Alcaparro Gigante y Acacia Japonesa. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Bravo y Bravo⁶¹ y la evaluación realizada por Peña y Portilla⁶² donde el suelo con manejo agronómico mostró un incremento de altura superior al suelo sin alteración en las diferentes evaluaciones realizadas.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable Crecimiento en altura (cm) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
TRATAMIENTOS	2	433.2740111	216.6370056	1.43	0.3393ns

⁶¹ BRAVO, M. y BRAVO, F. OP. cit.

⁶² PEÑA, R. Y PORTILLA, D Op. cit

SUBTRATAMIENTOS	1	15138.58001	15138.58001	57.02	0.0003**
TRAT*SUBTRA	2	278.63314	139.31657	0.52	0.6166ns
BLOQUES	2	6.2084778	3.1042389	0.02	0.9798
TRATAM*BLOQUES	4	604.54356	151.13589	0.57	0.6953
ERROR	6	1593.09030	265.51505		
CORRECTED TOTAL	17	18054.32949			

R² = 0.911761

CV = 11.22301

DS = 16.29463

PG = 145.1894

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias para crecimiento en altura (cm.) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	174.190	9	CON MANEJO
b	116.189	9	SIN MANEJO

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

4.1.1.1 Diferencia de altura (altura final – altura inicial)

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable diferencia altura (cm) (altura final – altura inicial) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
TRATAMIENTOS	2	348.6352000	174.3176000	12.53	0.0189*
SUBTRATAMIENTOS	1	282.4272222	282.4272222	28.68	0.0017**
TRAT*SUBTRA	2	8.9469778	9.4734889	0.96	0.4342ns
BLOQUES	2	16.8700000	8.4350000	0.61	0.5888
TRATAM*BLOQUES	4	5.6347000	13.908675	1.41	0.3354
ERROR	6	59.0925000	9.8487500		
CORRECTED TOTAL	17	781.6066000			

R² = 0.924396

CV = 21.23802

DS = 3.138272

PG = 14.77667

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

En el análisis de varianza de diferencia de altura se encontraron diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas entre subtratamientos; el Pichuelo con 20,18 cm presentó diferencias significativas con respecto a la Acacia Japonesa con 9,20 cm, pero no difirió en relación con el alcaparro con 14,74 cm. No se encontraron diferencias significativas entre el Alcaparro y la Acacia.

En cuanto al laboreo del suelo se observó que el mejor comportamiento lo obtuvo el subtratamiento con la práctica de guachado - incorporación de residuos y la aplicación de caldo microbial se obtuvo un incremento de altura de 18,74 cm, con respecto al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 10,82 cm, para diferencias significativas, lo que indica que las prácticas de recuperación de suelos afectan positivamente el crecimiento de los árboles mejorando las condiciones tanto físicas como químicas del suelo, facilitando la penetración de las raíces, con una alta disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Arévalo considera que, con el uso de caldos microbiales enriquecidos con materias primas de bajo costo y fácil consecución se puede acelerar el proceso de descomposición, ya que son de baja relación carbono nitrógeno, con la participación de microorganismos, facilitan los procesos de mineralización, principalmente aeróbicos y producir un sustrato de buena calidad para las actividades de fertilización agrícola, sin la producción de lixiviados en cantidades altas o sin ser foco de cría de moscas⁶³.

Al respecto Castro y Amézquita citados por García y Durán afirman que: “con el uso de labranza profunda en suelos con limitaciones físicas se presentó disminución de la densidad aparente, aumento en el porcentaje de porosidad total, almacenamiento de humedad y espacio aéreo con relación al uso de labranza convencional”⁶⁴, aspectos que pudieron verse influenciados con el tratamiento recuperador del suelo.

Del mismo modo Pizarro y Saavedra⁶⁵ afirman que el contenido de humedad del suelo en las zonas con zanjas es de 41% a 37% mayor que en las zonas aledañas.

Cuadro 4. Prueba de comparación de medias para diferencia de Altura (altura final – altura inicial) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

⁶³. ARÉVALO FIGUEROA, R. Uso de caldos microbiales enriquecidos para la descomposición de residuos sólidos domésticos y la producción de bioabonos de calidad. Pasto, 2003. p. 80. Trabajo de grado (Ing. Agf.). Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.

⁶⁴. GARCÍA, J. y DURA, R. Evaluación de sistemas de labranza sobre la producción de cultivos en suelos algodoneros del Valle del Cesar. En: Suelos ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias del Suelo. Vol.30. No.1., 2000. p. 76.

⁶⁵. 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 junio de 2006. Disponible en www.eiao.otalca.cl/otalca2.html.

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	20.183	6	PICHUELO
b a	14.743	6	ALCAPARRO
b	9.403	6	ACACIA

Letras iguales indican diferencias no significativas

Cuadro 5. Prueba de comparación de medias para subtratamientos diferencia de Altura (altura final – altura inicial) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMAPRADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	18.738	9	CON MANEJO
b	10.816	9	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

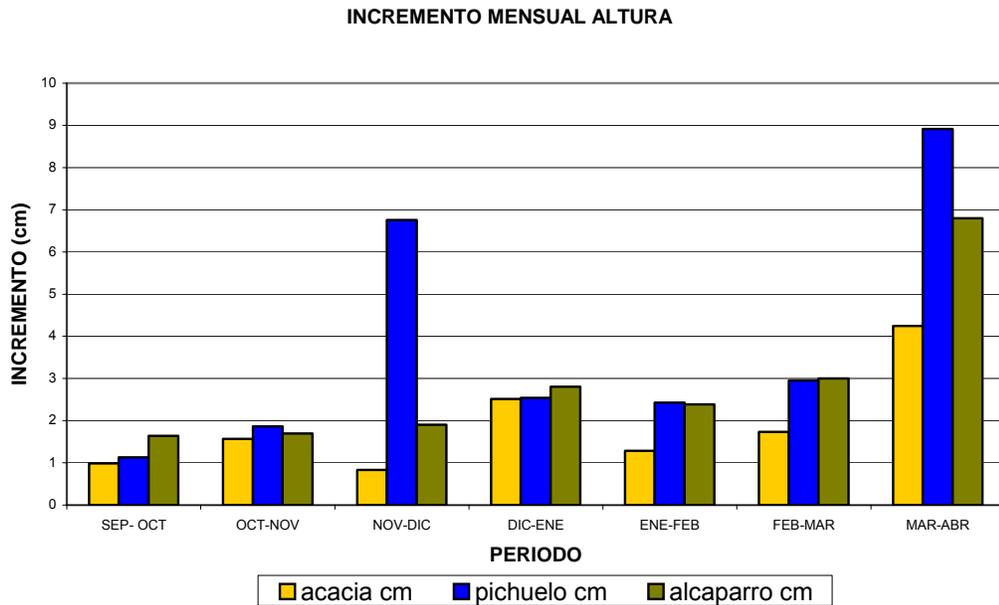
Como se aprecia en la gráfica 3, la especie que presentó mayor incremento en altura bajo el subtratamiento con manejo agronómico del suelo fue el pichuelo, en los periodos comprendidos entre noviembre – diciembre con 6,75 cm y marzo - abril con 8,91 cm respectivamente; seguido por alcaparro y para los periodos comprendidos entre diciembre – enero con 2,80 cm y marzo - abril con 6,80 cm respectivamente, estos datos concuerdan con el estudio realizado por Peña y Portilla⁶⁶ donde el pichuelo tuvo mejor comportamiento en el subtratamiento con manejo agronómico del suelo.

Siendo para los periodos entre septiembre – octubre con 1,13 cm y octubre – noviembre con 1,87 cm, para el pichuelo respectivamente el incremento mas bajo en altura, y el alcaparro con 1.64 cm y 1,69 cm para los mismos meses.

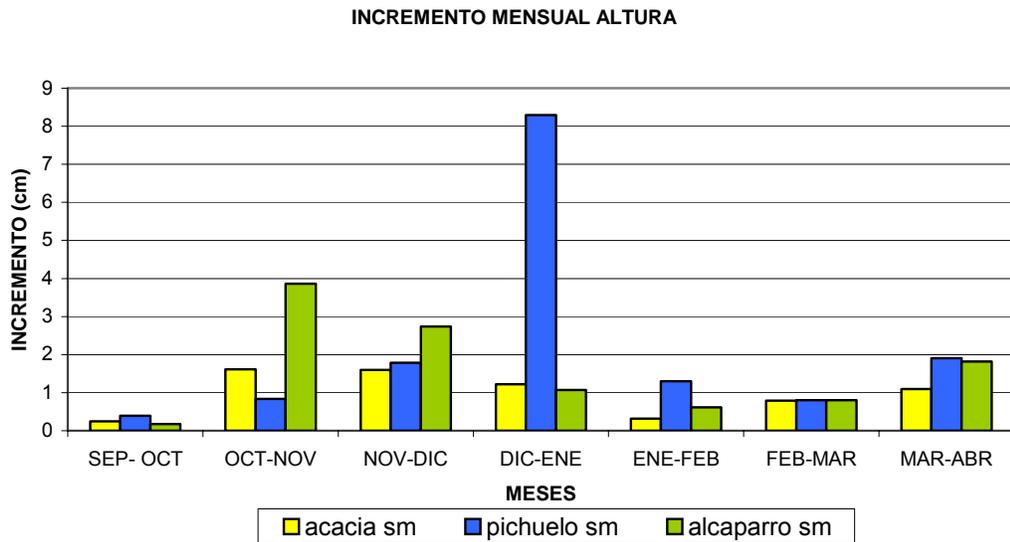
Para las especies en el suelo sin manejo agronómico (gráfica 4), se observó que el incremento de estas tres especies fue similar con 2,74 cm para el alcaparro, seguido del pichuelo con 1,78 cm y acacia con 1,60 cm en el periodo comprendido entre noviembre - diciembre; con excepción del pichuelo que en el periodo comprendido entre diciembre – enero tuvo su mayor incremento con 8,29 cm, siendo éste el que mejor se adaptó a las condiciones del suelo.

Los resultados encontrados en el subtratamiento con manejo agronómico del suelo, en los trabajos realizados por Bravo y Bravo y Peña y Portilla, en cuanto a los crecimientos en altura de las diferentes especies tuvieron un mejor comportamiento, en relación al suelo sin manejo agronómico.

⁶⁶ . PEÑA, R. Y PORTILLA, D Op. cit



Gráfica 3. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas con alteración del suelo



Gráfica 4. Incremento promedio mensual de altura para las especies arbóreas con alteración del suelo

4.1.1.2 Incremento total de altura

Para el incremento de altura durante los siete meses de estudio con las especies acacia japonesa, pichuelo y alcaparro gigante (cuadro 6), el análisis de varianza refleja diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas entre subtratamientos, la variante encontrada para los dos tipos

de laboreo del suelo señalada en el cuadro 8, establece que el laboreo del suelo proporciona mejores posibilidades de crecimiento en altura para las especies establecidas con un incremento promedio de 19,99cm.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable incremento promedio total altura (cm) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

CV	GL	SC	CM	FC	Ft
TRATAMIENTOS	2	358.3998778	179.1999389	12.76	0.0184*
SUBTRATAMIENTOS	1	356.3560056	356.3560056	40.15	0.0007**
TRAT*SUBTRA	2	18.8417444	9.4208722	1.06	0.4030ns
BLOQUES	2	19.3308111	9.6654056	0.69	0.5536
TRATAM*BLOQUES	4	56.1947222	14.0486806	1.58	0.2926
ERROR	6	53.2528000	8.8754667		
CORRECTED TOTAL	17	862.3759611			

$$R^2 = 0.938249$$

$$CV = 19.17442$$

$$DS = 2.979172$$

$$PG = 15.53722$$

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

Este resultado concuerda con lo encontrado por Bravo y Bravo⁶⁷ donde el sistema con manejo agronómico fue mejor en cuanto a crecimiento de las especies arbóreas (74.4 cm) con respecto a la práctica sin manejo agronómico del suelo (52.2 cm); como también se comprueba con lo planteado por Peña y Portilla⁶⁸ donde el sistema con manejo agronómico fue mejor en cuanto a crecimiento de las especies arbóreas con un incremento promedio de 31,70 cm, con respecto a la práctica sin manejo agronómico del suelo 17,74 cm.

Este resultado también se comprueba con Pizarro y Saavedra⁶⁹, quienes encontraron que la altura de los árboles en un sector con zanjas, es un 64% superior con respecto a zonas sin alteración.

⁶⁷. BRAVO, M. y BRAVO, F. OP. cit.

⁶⁸. PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit.

⁶⁹. 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*. microcuencia del estero barroso, VII región. Talca, 1999. Consultado el 17 de junio de 2006. Disponible en www.eiao.utalca.cl/utalca2.html.

El pichuelo con 20,95 cm de incremento, difirió de manera significativa respecto a la del alcaparro con 15,65cm y acacia 10,02 cm, determinándose también diferencias significativas entre las dos últimas especies (cuadro7).

Cuadro 7. Prueba de comparación de medias para tratamientos Incremento total de altura (cm) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	20.945	6	PICHUELO
b	15.650	6	ALCAPARRO
c	10.017	6	ACACIA

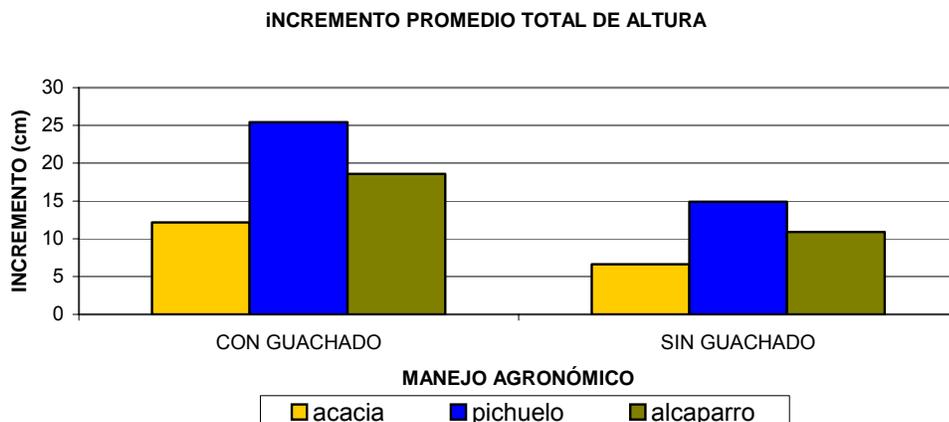
Letras iguales indican diferencias no significativas

Cuadro 8. Prueba de comparación de medias para subtratamientos Incremento total de altura (cm) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	19.987	9	CON MANEJO
b	11.088	9	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

El subtratamiento con manejo agronómico guachado – residuos – caldo microbial permitió un incremento total de 19,99 cm para diferencias significativas en relación al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 11,09 cm. De esta manera se evidencia 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 los subtratamientos sin alteración (cuadro 8).



Gráfica 5. Incremento promedio total de altura para las especies arbóreas con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005

4.1.2 Incremento de diámetro de fuste

4.1.2.1 Promedio diámetro de fuste. En el análisis de varianza (cuadro 9) únicamente se determinaron diferencias altamente significativas entre subtratamientos, observándose que aquel con guachado – residuos – caldo microbial, tuvo 5.59 cm para diferencias significativas respecto al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 3,08 cm, esto comprueba que las practicas de resuperación mejoran las condiciones de fertilidad de los suelos (cuadro 10). Este resultado concuerda con lo planteado por Bravo y Bravo⁷⁰, donde se destacó la misma variable en el suelo con manejo agronómico con 2,02 cm sobre la práctica sin manejo agronómico 1,62 cm. Demostrando que las practicas de recuperación ejercen un efecto a largo plazo mejorando las condiciones tanto físicas como químicas del suelo.

Como también se comprueba con lo planteado por Peña y Portilla⁷¹ donde se determinó que el incremento medio de diámetro de fuste para las especies con manejo agronómico del suelo presentó un valor superior respecto al encontrado para los individuos en el terreno sin manejo agronómico del suelo observando diferencias altamente significativas entre los subtratamientos con 3,17cm y 1,77cm respectivamente.

Gaviria y Villareal manifiestan que: “el tratamiento con zanjas fértiles y abono verde produjo un efecto favorable sobre las propiedades físicas del suelo especialmente al disminuir la resistencia a la penetración, la densidad aparente y aumentar la porosidad total del suelo”⁷²

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable promedio diámetro fuste (cm) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	F C	FT
TRATAMIENTOS	2	1.91634444	0.95817222	1.41	0.3446ns
SUBTRATAMIENTOS	1	28.25013889	28.25013889	90.22	<.0001**
TRAT*SUBTRA	2	1.18407778	0.59203889	1.89	0.2308ns
BLOQUES	2	0.56194444	0.28097222	0.41	0.6873
TRATAM*BLOQUES	4	2.72442222	0.68110556	2.18	0.1887

⁷⁰ BRAVO, M. y BRAVO, F. OP. cit.

⁷¹ PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit.

⁷² GAVIRIA, Pedro y VÍLLA REAL, Edwin. Efectos de zanjas fértiles y siembra de abono verde sobre propiedades físicas y productivas de dos suelos de baja fertilidad del municipio de Pasto. Pasto: Colombia, 2003. 123 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

ERROR	6	1.87883333	0.31313889		
CORRECTED TOTAL	17	36.51576111			

R² = 0.948547

CV = 12.90199

DS = 0.559588

PG = 4.337222

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

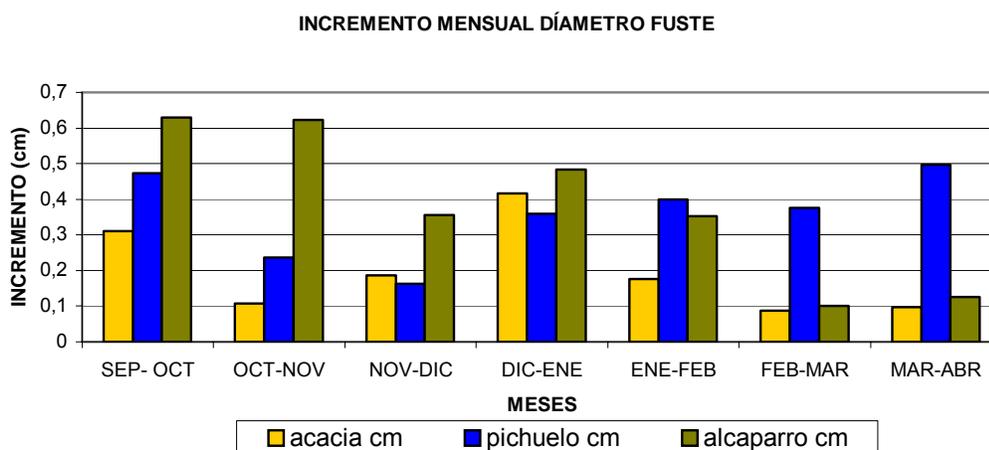
Cuadro 10. Prueba de comparación de medias para subtratamientos Incremento total de altura (cm) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	5.5900	9	CON MANEJO
b	3.0844	9	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

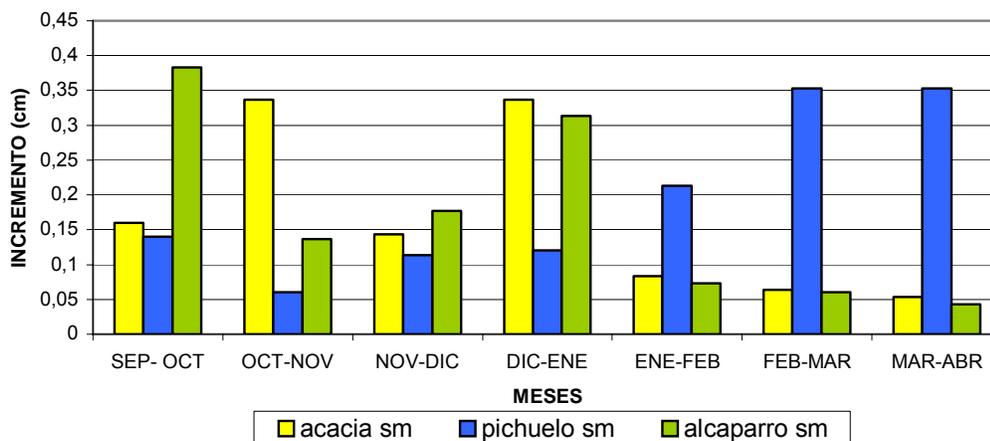
El incremento de promedio mensual del diámetro de fuste fue el mejor para el subtratamiento con manejo agronómico del suelo donde el alcaparro tuvo un mejor comportamiento con respecto a las demás especies (gráfica 6); siendo el incremento septiembre - octubre y octubre - noviembre los más altos con 0,63 cm y 0,62 cm respectivamente.

Debido a las características del terreno sin manejo agronómico, el incremento de diámetro de fuste en las especies es más uniforme, el alcaparro presenta mayores incrementos en los periodos septiembre – octubre y diciembre con 0,38 cm y 0,31 cm, el pichuelo en los periodos febrero – marzo y marzo – abril con 0,35cm para cada periodo, la acacia japonesa con 0,34 cm para los periodos octubre – noviembre y diciembre – enero respectivamente (gráfica 7).



Gráfica 6. Incremento promedio mensual de diámetro de fuste para las especies arbóreas con manejo agronómico del suelo.

INCREMENTO MENSUAL DIÁMETRO DE FUSTE



Gráfica 7. Incremento promedio mensual de diámetro de fuste para las especies arbóreas sin manejo agronómico del suelo.

4.1.2.2 Incremento promedio total de diámetro de fuste. Para el periodo de estudio de las especies arbóreas, comprendido entre los meses de octubre 2004 – abril 2005 mediante el análisis de varianza, se observaron diferencias altamente significativas entre subtratamientos y significativas para la interacción tratamientos por subtratamientos en cuanto a incremento de diámetro de fuste (cuadro 11).

Al examinar la interacción cuadro 12, se determinaron que para acacia y no existen diferencias significativas entre subtratamientos pero para el alcaparro y el pichuelo, el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos – caldo microbial, con 2,67 cm y 2,51 cm difieren significativamente respecto al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 1,19 cm y 1,35 cm en cuanto al incremento de diámetro de fuste.

Pizarro y Saavedra⁷³, encontraron que en un sector con zanjas el diámetro de fuste resulta ser un 50% superior en comparación con un testigo sin manejo agronómico. Este comportamiento posiblemente es debido a que el suelo con manejo agronómico y la adición de tamo de cereales, mejora la porosidad del suelo permitiéndole retener eficazmente el agua lluvia, al respecto Amézquita⁷⁴, afirma que el incremento de la materia orgánica y cobertura vegetal en el suelo aumenta la capacidad de retención de humedad con un mayor reciclaje de nutrientes.

Cuadro 11. Análisis de varianza para la variable: incremento total diámetro fuste (cm) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

--	--	--	--	--	--

⁷³ PIZARRO, R. y SAAVEDRA, J. Op. Cit.

⁷⁴ AMÉZQUITA, Edgar. Op. cit.

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	2	1.69867778	0.84933889	2.88	0.1681ns
SUBTRATAMIENTOS	1	4.04227222	4.04227222	51.63	0.0004**
TRAT*SUBTRA	2	1.33027778	0.66513889	8.49	0.0178*
BLOQUES	2	0.73607778	0.36803889	1.25	0.3794
TRATAM*BLOQUES	4	1.18045556	0.29511389	3.77	0.0726
ERROR	6	0.46980000	0.07830000		
CORRECTED TOTAL	17	9.45756111			

R² = 0.950325

CV = 16.33728

DS = 0.279821

PG = 1.712778

* Diferencias significativas

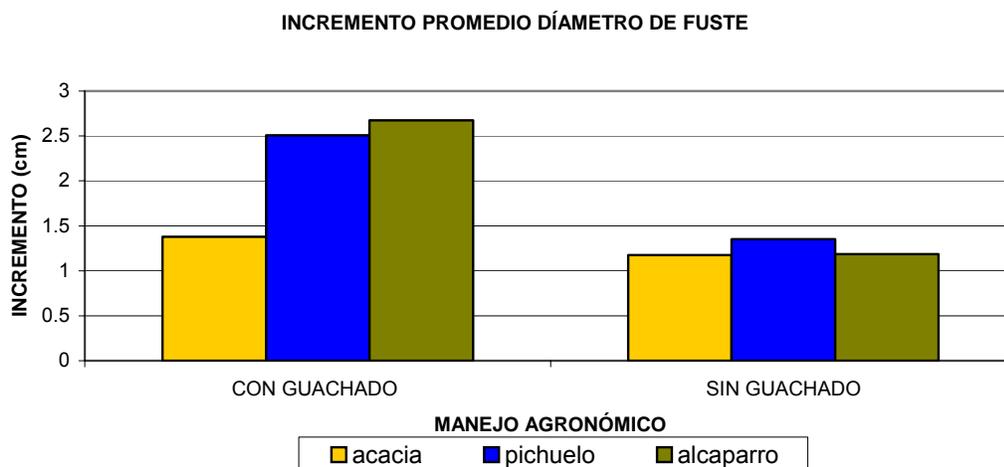
** Diferencias altamente significativas

Cuadro 12. Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos Incremento total de diámetro de fuste (cm) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

Tratamientos	Comparador	Media	No. Datos	Subtratamientos
acacia	a	1.3800	3	Con manejo
	a	1.1767	3	Sin manejo
alcaparro	a	2.6733	3	Con manejo
	b	1.1867	3	Sin manejo
pichuelo	a	2.5067	3	Con manejo
	b	1.3533	3	Sin manejo

Letras iguales indican diferencias no significativas

Mediante observaciones realizadas directamente en campo se estableció para los dos tipos de manejo agronómico, que el alcaparro presentó mejores resultados en cuanto al incremento de diámetro de fuste con 2,67 cm para el suelo con manejo agronómico y 1,19 cm sin manejo agronómico (gráfica 8). Además se puede observar una mínima diferencia entre el resultado obtenido entre alcaparro y pichuelo en el suelo con manejo agronómico, este último con un incremento de 2,51cm. La acacia presentó un mejor comportamiento en el suelo con manejo agronómico con respecto al mostrado en el subtratamiento sin manejo agronómico con el incremento más bajo de las tres especies.



Gráfica 8. Incremento promedio total de diámetro de fuste para las especies arbóreas con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005

4.1.3 Incremento de área de copa

4.1.3.1 Promedio área de copa (m^2). En el cuadro 13, de análisis de varianza, se encontraron diferencias altamente significativas entre subtratamientos, determinándose que para el subtratamiento con manejo agronómico del suelo, guachado – residuos - caldo microbial con $1,39 m^2$ difiere significativamente en cuanto al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con $0,51 m^2$ (cuadro 14) 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 Bravo⁷⁵, donde las especies con manejo agronómico del suelo $0.27 m^2$ se comportaron mejor con respecto al subtratamiento sin manejo agronómico $0.13 m^2$ y los mismos resultados fueron obtenidos por Peña y Portilla⁷⁶ donde el mejor incremento se presentó en el subtratamiento con manejo agronómico del suelo con $0,57 m^2$ y $0,19 m^2$ para el suelo sin manejo agronómico.

En suelos degradados y con bajos contenidos de materia orgánica la inclusión de tamo en las zanjias más caldo microbial logra una mejor aireación, movimiento y conservación de agua en las profundidades removidas y posiblemente crea un microclima nuevo con condiciones que favorecen el desarrollo de la raíz y la productividad, ya que la relación de poros y continuidad en el perfil del suelo sufren una considerable variación⁷⁷. Teniendo en cuenta que el tamo de cereales tiene una relación carbono – nitrógeno alta que favorece en el aumento en los contenidos materia orgánica en los suelos

⁷⁵. BRAVO, M. y BRAVO, F. OP. cit.

⁷⁶. PEÑA, RD Y PORTILLA, D. Op. cit.

⁷⁷. RUÍZ, Hugo; SAÑUDO, Benjamín y LEGARDA, Lucio. Op. cit.

que acompañados con caldos microbiales ricos en microorganismos que favorecen la descomposición.

De igual manera Gómez afirma: “un recurso orgánico es capaz de proporcionar cantidades notables de nutrientes, principalmente N, P y K al suelo ó a las plantas, trayendo consigo una mayor producción”⁷⁸.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable: promedio área de copa (m².) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
TRATAMIENTOS	2	1044.089211	522.044606	3.12	0.1523ns
SUBTRATAMIENTOS	1	4804.01389	34804.01389	62.02	0.0002**
TRAT*SUBTRA	2	279.37368	139.68684	0.25	0.7873ns
BLOQUES	2	142.474678	71.237339	0.43	0.6794
TRATAM*BLOQUES	4	668.23889	167.05972	0.30	0.8695
ERROR	6	3367.23223	561.20537		
CORRECTED TOTAL	17	40305.42258			

R² = 0.916457

CV = 24.87405

DS = 23.68977

PG = 95.23889

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

Cuadro 14. Prueba de comparación de medias para subtratamientos promedio área de copa (m²) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	1,392	9	CON MANEJO
b	0,513	9	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

⁷⁸ . GOMEZ ZAMBRANO, Jairo. Abonos orgánicos. Cali, Universidad Nacional de Colombia, 2000. 107 p.

El mejor comportamiento en cuanto a incremento promedio mensual de área de copa para las especies con manejo agronómico del suelo, lo obtuvo el alcaparro con una tendencia homogénea a lo largo del periodo de estudio, siendo su mayor incremento en el periodo comprendido entre el mes de marzo – abril con $0,16 \text{ m}^2$ y el menor valor fue de $0,008 \text{ m}^2$ en enero – febrero (gráfica 9). La misma tendencia se dio con el pichuelo pero con un incremento menor al alcaparro, cuyo incremento más alto fue de $0,20 \text{ m}^2$ para el periodo marzo – abril.

El mayor incremento en cuanto al área de copa bajo el subtratamiento sin manejo agronómico del suelo, lo obtuvo el pichuelo con incrementos máximos de $0,083 \text{ m}^2$ en el periodo comprendido entre marzo – abril y el incremento más bajo de $0,0007 \text{ m}^2$ para el periodo de diciembre -enero. Las especies acacia y pichuelo presentaron un crecimiento similar en el periodo de estudio (gráfica 10).

Según Bravo y Bravo se determinó un mejor desempeño bajo la práctica de recuperación, oscilando entre $0,0123 \text{ m}^2$ para el mes de Octubre y $0,0546 \text{ m}^2$ para el mes de Mayo con respecto al subtratamiento sin alteración que osciló entre $0,0072 \text{ m}^2$ para Marzo y $0,0188 \text{ m}^2$ para Mayo. Según Peña y Portilla de acuerdo a datos obtenidos en campo las especies con manejo agronómico del suelo que presentaron incrementos más altos son pichuelo y acacia con $0,596 \text{ m}^2$ y $0,598 \text{ m}^2$ respectivamente.

El efecto positivo de la práctica de recuperación, está indicando que el guachado del suelo + los residuos de cosecha + caldos microbiales, posiblemente activa la descomposición de la materia orgánica por parte de los microorganismos, mejora la fertilidad y se ve reflejada en un aumento foliar, con un promedio de $1,39 \text{ m}^2$ para el suelo tratado y $0,51 \text{ m}^2$ para el suelo sin manejo agronómico.

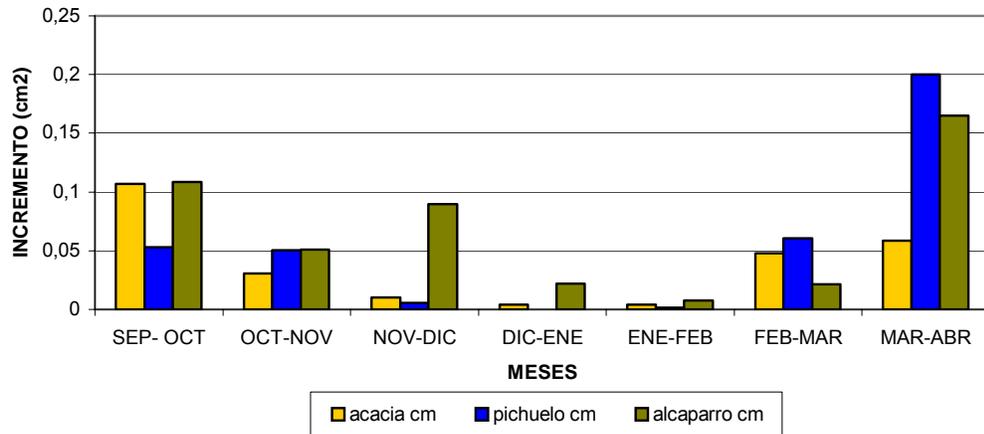
Lo anterior concuerda con Pizarro y Saavedra, quienes afirman: “las zanjas trazadas entre especies arbóreas, conllevan a un mejor establecimiento, ya que se mejora el enraizamiento debido a la descomposición en el suelo, ayudando a una mayor absorción de nutrientes”⁷⁹.

Arévalo, al emplear caldos microbiales para mejorar residuos orgánicos afirma que: Se acelera el proceso de transformación a menos de un mes en comparación con los métodos convencionales que duran más de tres meses y que aumentan los contenidos de nitrógeno. Además encontró que en los caldos existen poblaciones microbiales capaces de solubilizar el fósforo insoluble contenido en las rocas fosfóricas a fuentes solubles, lo que favorecen la acción fertilizante y como consecuencia un aumento en la productividad de los cultivos⁸⁰.

⁷⁹ . PIZARRO, R y SAAVEDRA, J. Op. cit.

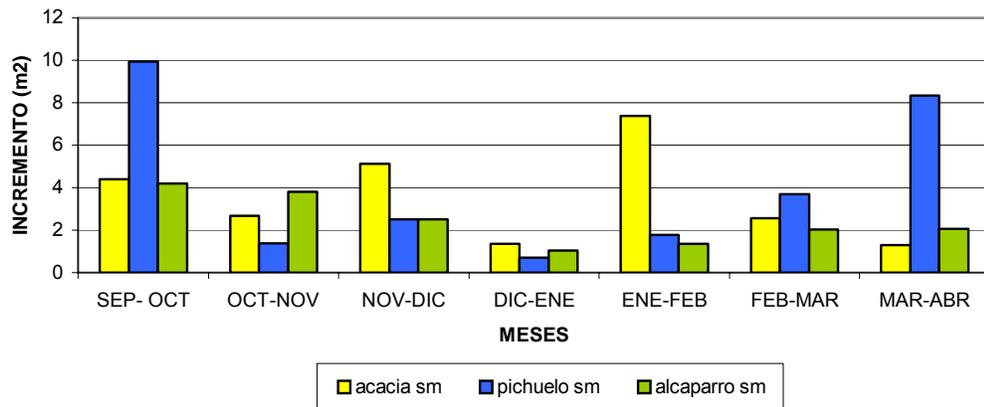
⁸⁰ . ARÉVALO FIGUEROA, R. Op. Cit., p. 80.

INCREMENTO MENSUAL ÁREA DE COPA



Gráfica 9. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas con manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005

INCREMENTO MENSUAL ÁREA DE COPA



Gráfica 10. Incremento promedio mensual de área de copa para las especies arbóreas sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005

4.1.3.2 Incremento total área de copa (m²). En cuanto a esta variable, en el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas entre los tipos de laboreo, lo cual se interpreta que el incremento de área de copa es debida a los subtratamientos (cuadro 15). Se determina que en el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos vegetales – caldo microbial, permitió un incremento de 0,36 m² demostrando diferencias significativas respecto al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 0,23 m² (cuadro 16).

En el cuadro16 presenta la diferencia entre los dos tipos de laboreo en cuanto al incremento de área de copa, resultando el subtratamiento con manejo

agronómico del suelo el de mejor respuesta. Evidenciando así que la adición de materia orgánica con guachado – residuos - caldos microbiales favorece el desarrollo foliar de las especies; el mismo resultado fue obtenido por Bravo y Bravo⁸¹ donde las especies con manejo agronómico del suelo (0,27 m²) se comportaron mejor con respecto al subtratamiento sin manejo agronómico (0,13 m²); también se comprueba con lo planteado por Peña y Portilla⁸² donde los resultados obtenidos fueron 0.56 m² para el manejo agronómico guachado – residuos vegetales – caldos microbiales y 0,19 m² para el subtratamiento testigo.

Cuadro 15. Análisis de varianza para la variable: incremento total área de copa (m².) de las especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	Ft
TRATAMIENTOS	2	181.9868778	90.9934389	3.21	0.1473ns
SUBTRATAMIENTOS	1	788.5744222	788.5744222	9.43	0.0219*
TRAT*SUBTRA	2	632.5046778	316.2523389	3.78	0.0865ns
BLOQUES	2	255.8874778	127.9437389	4.52	0.0942
TRATAM*BLOQUES	4	113.3390222	28.3347556	0.34	0.8428
ERROR	6	501.533700	83.588950		
CORRECTED TOTAL	17	2473.826178			

R² = 0.797264
 CV = 30.49713
 DS = 9.142699
 PG = 29.97889

* Diferencias significativas
 ** Diferencias altamente significativas

Cuadro 16. Prueba de comparación de medias para subtratamientos incremento total área de copa (m²) especies arbóreas periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	0,365	9	CON MANEJO
b	0,233	9	SIN MANEJO

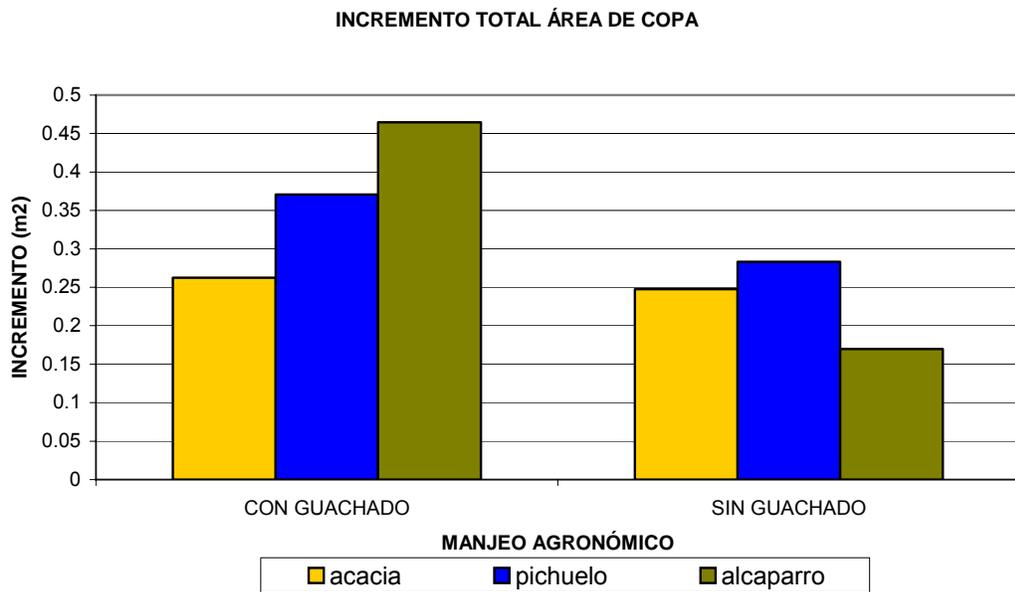
Letras iguales indican diferencias no significativas

De acuerdo a datos obtenidos en campo las especies con manejo agronómico del suelo que presentaron incrementos más altos son el alcaparro y el pichuelo

⁸¹. BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

⁸². PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit.

con 0,46 m² y 0,37 m² respectivamente. La acacia con manejo agronómico tuvo un incremento de 0,26 m² (figura 11). Las mismas especies sin manejo agronómico del suelo presentaron valores muy inferiores con respecto a los encontrados en las parcelas alteradas, resultando el pichuelo con el valor más alto (0,28 m²) seguido por la acacia (0,28 m²) y alcaparro con (0,24 m²). Estos resultados concuerdan con lo planteado por Bravo y Bravo⁸³ donde el alcaparro tuvo un mejor comportamiento en el subtratamiento con manejo agronómico con 0,37 m² sobre las otras especies.



Gráfica 11. Incremento promedio total de área de copa para las especies arbóreas con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 abril 2005

Los resultados anteriores permiten opcinar como especie adecuada el alcaparro, siempre que se maneje entre sus callejones, el guachado, incorporación de materia orgánica y remojo con caldo microbial, ya que esta especie es encontrada mas frecuentemente en esta zona y posiblemente se ha adaptado mejor a estas condiciones, observándose además un mejor efecto con el componente orgánico, lo que concuerda con la CAR⁸⁴ quien afirma que esta especie crece bien en suelos con buen contenido de materia orgánica.

⁸³ BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit

⁸⁴ CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. Guía práctica; como hacer y manejar un vivero agroforestal. Nariño, CORPONARIÑO, 1994. p.10.

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 humedad⁸⁵.

4.2 Comportamiento del componente agrícola papa Diacol capiro.

4.2.1 Promedio total de número de tallos por planta.

En el análisis de varianza en el cultivo de papa obtuvo diferencias altamente significativas entre tratamientos evidenciando el efecto que los árboles ejercen en el desarrollo normal de las plantas, y diferencias altamente significativas entre subtratamientos, con una variación en el número de tallos por planta del 85%, posiblemente debido al efecto del tipo de manejo agronómico como también a las especies arbóreas utilizadas (cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de varianza para la variable: número de tallos por planta cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	10.66458333	3.55486111	32.36	0.0004**
SUBTRATAMIENTOS	1	10.80041667	10.80041667	20.08	0.0021**
TRAT*SUBTRA	3	2.49125000	0.83041667	1.54	0.2767ns
BLOQUES	2	0.19750000	0.09875000	0.90	0.4556
TRATAM*BLOQUES	6	0.65916667	0.10986111	0.20	0.9657
ERROR	8	4.30333333	0.53791667		
CORRECTED TOTAL	23	29.11625000			

R2 = 0.852202
 CV= 18.05361
 DS= 0.733428
 PG= 4.062500

* = Diferencias significativas
 ** = Diferencias altamente significativas

Cuadro 18. Prueba de comparación de medias para tratamientos, número de tallos por planta periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARDOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	5.2167	6	TESTIGO
b	3.7000	6	PICHUELO

⁸⁵ . 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.

b	3.6833	6	ACACIA
b	3.6500	6	ALCAPARRO

Letras iguales indican diferencias no significativas

Cuadro 19. Prueba de comparación de medias para subtratamientos numero de tallos por planta periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	4.7333	12	CON MANEJO
b	3.3917	12	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

Al analizar los tratamientos (cuadro 18) el que presentó el mayor número promedio total fue el testigo con 5,22 tallos/planta difirió de manera significativa con los tratamientos alcaparro con 3,65 tallos/planta, acacia 3,68 tallos/planta y pichuelo 3,70 tallos/planta.

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, además de su sistema radical, ya que, las raíces de los árboles invaden en profundidad en el callejón, compitiendo por agua y nutrientes. Sin embargo Sosa⁸⁶, 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.

Según Méndez, existen pocos estudios sobre los efectos competitivos de los cultivos o pastos sobre el desarrollo de los árboles en línea. Los árboles tienen una evidente ventaja sobre los cultivos cuando alcanzan una altura superior a estos, lo cual se esperó lograr en el primero o segundo año después de su siembra⁸⁷.

De igual manera Peña y Portilla⁸⁸ encontraron que el mejor comportamiento lo tuvo el tratamiento testigo sin árboles con 6,3 vainas/planta, determinándose que los sistemas radicales de los árboles que se extienden en los callejones interfieren con el normal desarrollo del cultivo⁸⁹.

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 2006. Disponible en www.chapingo.mx/terra/contenido/18/2/art147-152.pdf.

⁸⁷. MÉNDEZ, E. *Plantación de árboles en línea*. 2ª ed. Costa Rica. Proyecto Agroforestal CATIE – GTZ 2000. 130p.

⁸⁸. PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit.

⁸⁹. SAÑUDO, B. *Pasto*, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2005 Comunicación Personal.

El subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos caldo microbial se obtuvo el mayor número de tallos por planta y por consiguiente la probabilidad de obtener mayores rendimientos por unidad de área en comparación con el sistema tradicional.

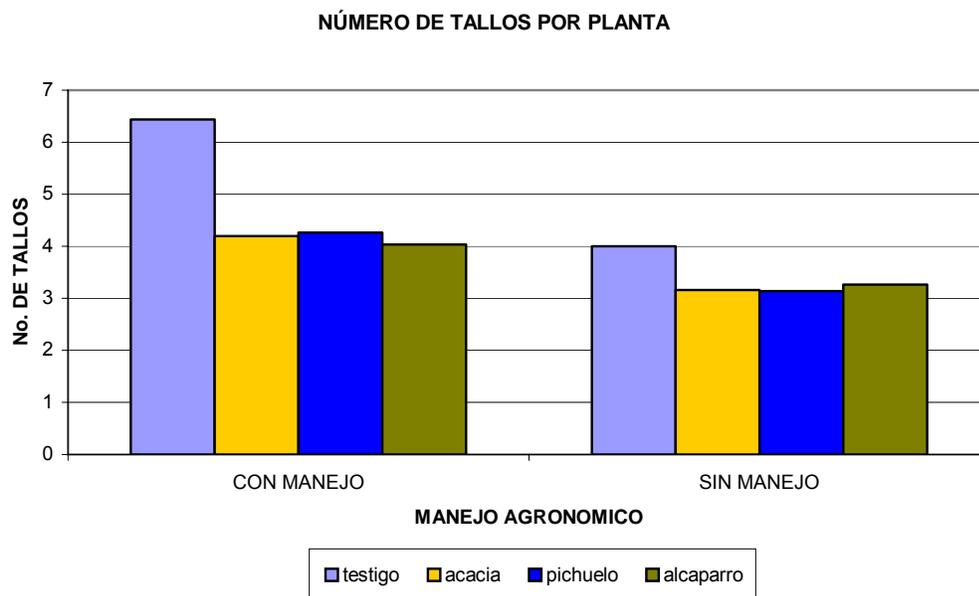
Con la prueba de comparación de medias (cuadro 19) se estableció que el número tallos por planta para la papa en el subtratamiento con manejo agronómico guachado – residuos vegetales – caldo microbial fue de 4,73 tallos/planta, difiere con en el subtratamiento sin manejo agronómico del suelo que presentó 3,39 tallos/planta, este efecto favorable también se encontró en la investigación realizada por Bravo y Bravo⁹⁰ en la producción de avena forrajera y Peña y Portilla⁹¹ en el cultivo de frijol respectivamente presentando un mejor comportamiento el manejo agronómico del suelo con 323.7 tallos/m² y 5,6 vainas /planta con respecto a la práctica sin manejo agronómico con 158.3 tallos/m² y 4,2 vainas/planta, concluyendo así, que la práctica utilizada produjo efectos positivos en la germinación y mantenimiento de los cultivos lo que conllevó a un mejor desarrollo de éstos. De acuerdo a datos recopilados en campo, se establece que los tratamientos con manejo agronómico son superiores a los no alterados (grafica 12).

Peña manifiesta que la densidad de tallos afecta el rendimiento, al existir menor competencia entre tallos, cuando hay menor densidad, se obtienen un número grande de tubérculos por unidad de área. Por otro lado cuando hay aumento en la densidad de tallos aumenta la competencia, disminuye el número de tubérculos por tallo, pero aumenta generalmente, el número de tubérculos por unidad de área⁹².

⁹⁰ . BRAVO, M. y BRAVO, F. Op. cit.

⁹¹ . PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit

⁹² . PEÑA, L. Fisiología y manejo de tubérculos. Semilla de papa. [documento en línea]. CORPOICA. – Obonuco. Pasto, 2006. Disponible en www.redepapa.org/fisiologired.html



Gráfica 12. Promedio total número de tallos por planta de papa capiro, con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 – abril 2005

4.2.2 Altura en las plantas de papa (cm).

Como se indica en el cuadro 20 de análisis de varianza se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos, altamente significativos entre subtratamientos y significativos para la interacción tratamientos por subtratamientos, con 94% de variación.

Con acacia y pichuelo, no se encuentran diferencias significativas entre subtratamientos, determinándose posiblemente que la extensión de raíces compensa el efecto positivo del subtratamiento. Con el pichuelo y el testigo del subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos vegetales – caldo microbial, con 35,87 cm y 52,43 cm respectivamente, obteniéndose diferencias significativas respecto al subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 33,40cm para el pichuelo y 36,87cm para el testigo sin árboles (cuadro 21).

Los resultados anteriores se deben posiblemente a que estas prácticas de recuperación, proporcionaron mejores condiciones para el enraizamiento y toma de nutrientes, viéndose reflejadas en mayor longitud de tallo (gráfica 13). Ello está de acuerdo con lo expuesto por Arévalo⁹³, quien encontró que el empleo del abono orgánico enriquecido con caldos microbiales permite mayor longitud de la parte aérea.

⁹³. ARÉVALO FIGUEROA, R. Uso de caldos microbiales enriquecidos para la descomposición de residuos sólidos domésticos y la producción de bioabonos de calidad. Pasto, 2003. 90 p. Trabajo de grado (Ms) Tesis Sc. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2003.

Cuadro 20. Análisis de varianza para la variable altura de plantas, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	369.3745833	123.1248611	8.07	0.0158*
SUBTRATAMIENTOS	1	407.5504167	407.5504167	50.87	<.0001**
TRAT*SUBTRA	3	140.9812500	46.9937500	5.87	0.0203*
BLOQUES	2	50.0033333	25.0016667	1.64	0.2705
TRATAM*BLOQUES	6	91.5366667	15.2561111	1.90	0.1960
ERROR	8	64.0933333	8.011667		
CORRECTED TOTAL	23	1123.539583			

R² = 0.942954
 CV = 7.457650
 DS = 2.830489
 PG = 37.95417

* Diferencias significativas
 ** Diferencias altamente significativas

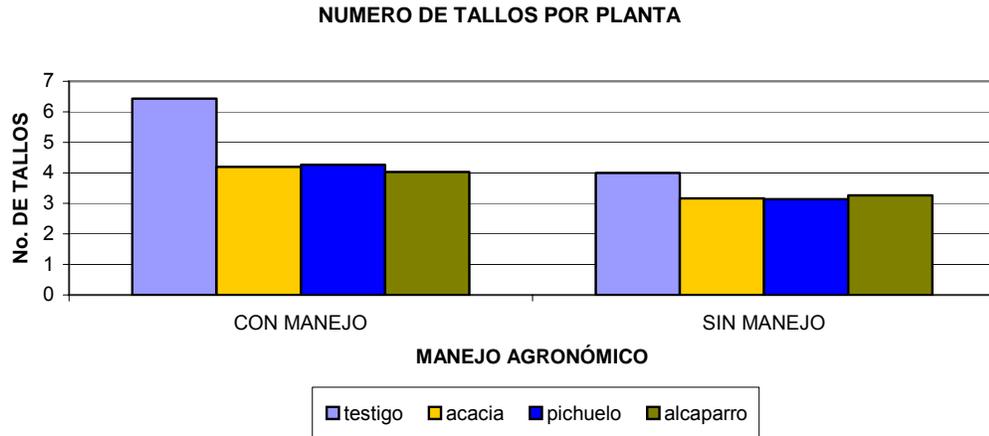
Cuadro 21 Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos altura de plantas, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

Tratamientos	Comparador	Media	No. Datos	Subtratamientos
acacia	a	39.200	3	Con manejo
	a	33.433	3	Sin manejo
alcaparro	a	40.800	3	Con manejo
	b	31.633	3	Sin manejo
pichuelo	b	35.867	3	Con manejo
	a	33.400	3	Sin manejo
testigo	a	52.433	3	Con manejo
	b	36.867	3	Sin manejo

Letras iguales indican Diferencias No Significativas

Según datos obtenidos en campo, el tratamiento testigo en ambos subtratamientos obtuvo el mayor valor en este parámetro; aunque es necesario anotar que el testigo con alteración guachado – residuos – caldo microbial, posee el promedio más representativo de todos (gráfica 13). En los demás tratamientos, el resultado fue equitativo entre éstos, observándose que la mejor respuesta es para el subtratamiento anteriormente mencionado. Estos resultados evidencian que algunos árboles afectan negativamente al cultivo, con su sistema radical, el área de copa y su altura, esto posiblemente porque el efecto del árbol hacia el cultivo a esta edad ya que empieza una mayor

competencia, o puede haber una incompatibilidad entre especies. Al respecto Rocheleau (1998), citado por Ospina⁹⁴, en un trabajo realizado con cultivo de maíz en callejones, utilizando árboles de los géneros *Acacia*, *Gliricidia*, *Casuarina*, *Adenanthera* y otras especies, encontró un efecto negativo sobre el cultivo después de tres años.



Gráfica 13. Altura de plantas, cultivo de papa, con y sin manejo agronómico del suelo, periodo octubre 2004 – abril 2005

4.2.3 Número de tubérculos por planta.

4.2.3.1 Número de tubérculos de primera. En el análisis de varianza para el número de tubérculos de primera como lo muestra el cuadro 22 se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas entre subtratamientos.

Mediante la prueba de comparación de medias de Tukey observadas en el cuadro 23 se determinó que el testigo con un promedio de 4,48 tubérculos por planta y el alcaparro con 3,93 tubérculos por planta, no difieren estadísticamente entre sí, pero el tratamiento testigo tuvo diferencias significativas respecto al pichuelo y acacia con 3,22 y 3,08 tubérculos por planta. Para los tratamientos pichuelo, acacia y alcaparro no hay diferencias estadísticas. La producción lograda fue aproximadamente del 10 por 1, siendo una producción baja, siendo afectada por las condiciones medioambientales⁹⁵. Lo observado en esta investigación resulta algo contradictorio ya que al parecer algunos árboles como el pichuelo y acacia en su estado actual de desarrollo ejercen un efecto negativo hacia el cultivo dados los requerimientos nutricionales, posiblemente habiendo una competencia por agua y nutrientes debido a su sistema radical que invade el callejón en profundidad, además de los requerimientos de luz que él necesita para su normal desarrollo.

⁹⁴ . OSPINA ANTE, ALFREDO. Agroforestería. Colombia, ACASOC. 2003. p. 126.

⁹⁵ . SAÑUDO, B. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2004. Comunicación Personal.

En cuanto a los subtratamientos, el mayor promedio en número de tubérculos por planta lo obtuvo el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos – caldos microbiales, con 4,38 tubérculos difiriendo de manera significativa con el subtratamiento sin manejo agronómico del suelo con 2,98 tubérculos (cuadro 24). Estos resultados concuerdan con en el estudio realizado por Rodríguez y Saa⁹⁶ con zanjas de fertilidad en relación al rendimiento de papa criolla (*Solanum phureja*), donde encontraron que el mayor número de tubérculos por planta de papa gruesa o de primera se encuentra en el tratamiento zanjas fértiles e incorporación avena tubérculos/planta con respecto al testigo absoluto con 14,13 tubérculos/planta.

Cuadro 22 Análisis de varianza para la variable: Número de tubérculos de primera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	7.68125000	2.56041667	7.88	0.0167*
SUBTRATAMIENTOS	1	11.62041667	11.62041667	52.42	<.0001**
TRAT*SUBTRA	3	2.19125000	0.73041667	3.30	0.0788ns
BLOQUES	2	2.72333333	1.36166667	4.19	0.0726
TRATAM*BLOQUES	6	1.95000000	0.32500000	1.47	0.3004
ERROR	8	1.77333333	0.22166667		
CORRECTED TOTAL	23	27.93958333			

R² = 0.936530
 CV = 12.79678
 DS = 0.470815
 PG = 3.679167

* Diferencias significativas
 ** Diferencias altamente significativas

Cuadro 23. Prueba de comparación de medias para tratamientos número de tubérculos de primera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	4.4833	6	TESTIGO
b a	3.9333	6	ALCAPARRO
b	3.2167	6	PICHUELO
b	3.0833	6	ACACIA

Letras iguales indican diferencias no significativas

⁹⁶ . RODRÍGUEZ, J., SAA, C. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla amarilla (*Solanun phureja*). En dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto. Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas., 2005.

Cuadro 24. Prueba de comparación de medias para subtratamientos número de tubérculos primera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	4.3750	12	CON MANEJO
b	2.9833	12	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

La diferencia en el número de tubérculos/planta podría estar relacionada como lo afirma Barrera⁹⁷ que con la debilidad que presenta el sistema radicular de la papa la presencia de capas endurecidas o compactas, tales como las que se presentan en el subtratamiento sin alteración del suelo, tienden a limitar la profundidad radicular y la producción de tubérculos por planta.

Peña⁹⁸ y AGRARIAS⁹⁹, manifiestan que una alta densidad de tallos aumenta el número de tubérculos, pero reduce su tamaño, por lo cual se debe buscar una relación óptima.

En la misma dirección, se asegura que a mayor número de brotes, mayor número de tallos principales, mayor competencia dentro de la planta y mayor número de tubérculos por planta, pero de peso menor.

Según datos obtenidos en campo se observó que el tratamiento testigo con manejo agronómico mostró el valor más elevado que los demás tratamientos, seguido del tratamiento alcaparro con manejo agronómico como se observa en la gráfica 14; el tratamiento acacia y pichuelo con manejo agronómico del suelo tuvo una respuesta similar, frente a lo encontrado en otros tratamientos. En cuanto a los tratamientos sin manejo agronómico del suelo, el testigo tuvo un número mayor de tubérculos con respecto a los demás tratamientos (gráfica 15).

4.2.3.2 Número de tubérculos de segunda. En el análisis de varianza (cuadro 25), para el número de tubérculos de segunda se obtuvo diferencias altamente significativas entre tratamientos y subtratamientos, además de diferencias significativas para interacción tratamientos por subtratamiento. En la prueba de comparación de medias (cuadro 26) para los tratamientos pichuelo y testigo no se obtuvieron diferencias significativas entre subtratamientos; mientras que con acacia y alcaparro el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos - caldo microbial, 3.57 y 4.07 tubérculos/planta respectivamente, difieren de manera significativa con 2.53 y 2.73 tubérculos/planta respectivamente.

⁹⁷ . BARRERA, L. L. fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilidad de los cultivos. En: Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. SCCS. Santa Fe de Bogotá, 1994, p 70.

⁹⁸ . PEÑA, L. Op Cit 2005

⁹⁹ . AGRARIAS. Plantación. Densidad de población. [documento en línea]. Universidad Autónoma de Chile. Chile 2006. disponible en www.agrarias.uach.cl/webpapa/pag10.html

Cuadro 25 Análisis de varianza para la variable: Número de tubérculos de segunda, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	2.62833333	0.87611111	3.86	0.0042**
SUBTRATAMIENTOS	1	3.84000000	3.84000000	48.76	0.0001**
TRAT*SUBTRA	3	0.97000000	0.32333333	4.11	0.0489*
BLOQUES	2	0.55750000	0.27875000	4.41	0.0663
TRATAM*BLOQUES	6	0.37916667	0.06319444	0.80	0.5946
ERROR	8	0.63000000	0.07875000		
CORRECTED TOTAL	23	9.00500000			

R² = 0.930039
 CV = 9.593993
 DS = 0.280624
 PG = 2.925000

* Diferencias significativas
 ** Diferencias altamente significativas

Cuadro 26. Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos número de tubérculos de segunda, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

Tratamientos	Comparador	Media	No. Datos	Subtratamientos
acacia	a	3.5667	3	Con manejo
	b	2.5333	3	Sin manejo
alcaparro	a	4.0667	3	Con manejo
	b	2.7333	3	Sin manejo
pichuelo	a	2.9667	3	Con manejo
	a	2.4667	3	Sin manejo
testigo	a	2.7000	3	Con manejo
	a	2.3667	3	Sin manejo

Letras iguales indican diferencias no significativas

Mediante datos obtenidos directamente en campo, se observó que el número de tubérculos de segunda categoría se determinó que los mejores resultados están en los tratamientos con manejo agronómico del suelo, manifestando un comportamiento parejo destacándose los tratamientos alcaparro y acacia (gráfica 14). De acuerdo a datos no estadísticos.

Los tratamientos sin manejo agronómico del suelo manifestaron un comportamiento parejo entre ellos (gráfica 15) concluyendo así, que la práctica utilizada produjo efectos positivos aumentando la fertilidad del suelo, estimulando y creando mejores condiciones para el desarrollo del cultivo.

4.2.3.3 Número de tubérculos de tercera.

Como indica el cuadro 27 de análisis de varianza únicamente se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos.

En la prueba para tratamientos de comparación de medias presenta que los tratamientos alcaparro con 3,68 tubérculos/planta, pichuelo con 3,21 tubérculos/planta, y testigo con 3,17 tubérculos/planta no difieren estadísticamente entre si, pero el alcaparro difiere significativamente con respecto al tratamiento acacia con 2.77 tubérculos/planta (cuadro 28).

Cuadro 27 Análisis de varianza para la variable: Número de tubérculos de tercera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	2.53500000	0.84500000	4.86	0.0478*
SUBTRATAMIENTOS	1	0.88166667	0.88166667	4.78	0.0603ns
TRAT*SUBTRA	3	0.96166667	0.32055556	1.74	0.2367ns
BLOQUES	2	1.14083333	0.57041667	3.28	0.1089
TRATAM*BLOQUES	6	1.04250000	0.17375000	0.94	0.5157
ERROR	8	1.47666667	0.18458333		
CORRECTED TOTAL	23	8.03833333			

$$R^2 = 0.816297$$

$$V = 13.39112$$

$$DS = 0.429632$$

$$PG = 3.208333$$

* Diferencias significativas

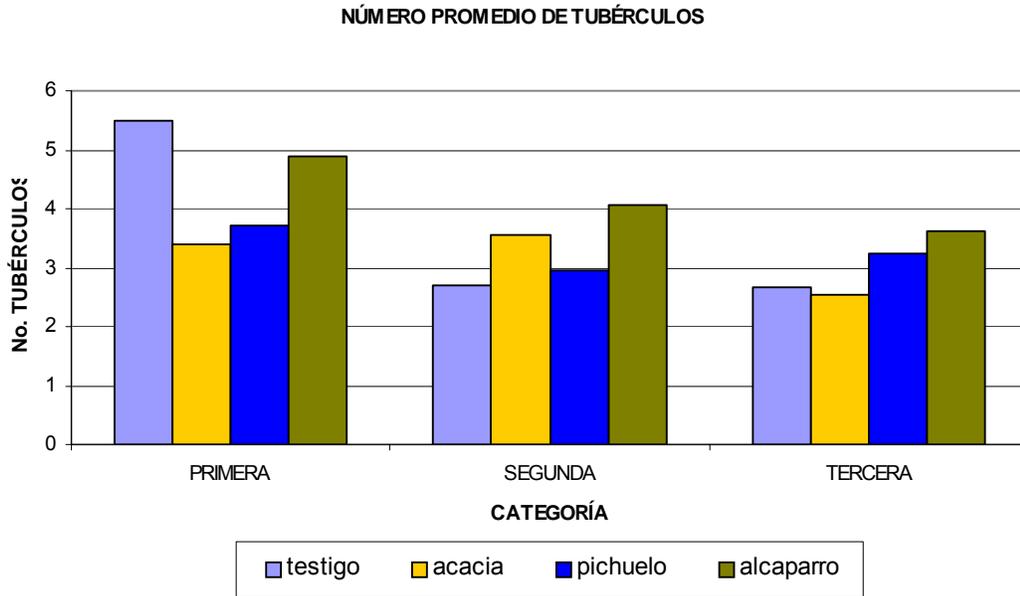
** Diferencias altamente significativas

Cuadro 28. Prueba de comparación de medias para tratamientos número de tubérculos de tercera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

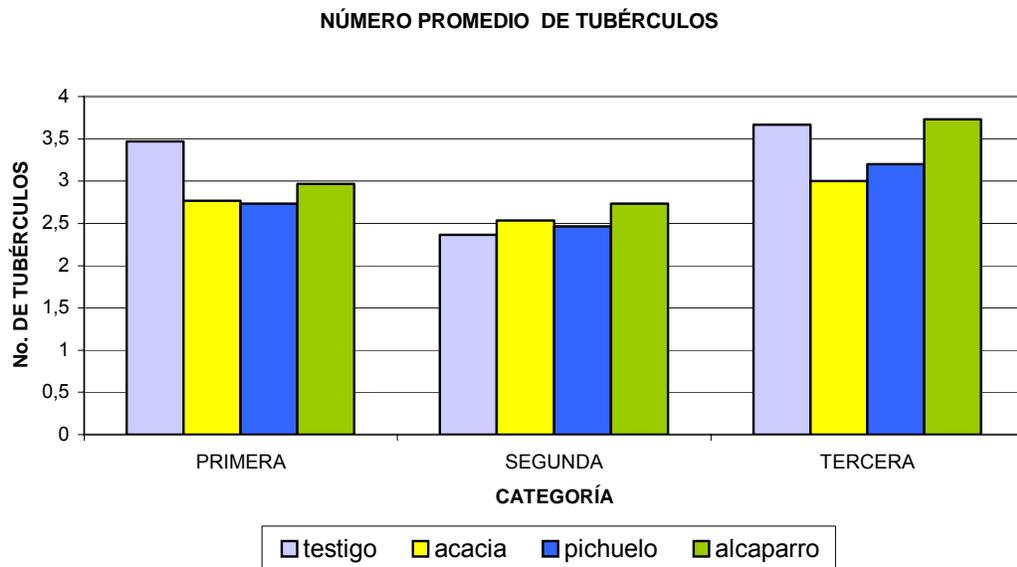
COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	3.6833	6	ALCAPARRO
b a	3.2167	6	PICHUELO
b a	3.1667	6	TESTIGO
b	2.7667	6	ACACIA

Letras iguales indican diferencias no significativas

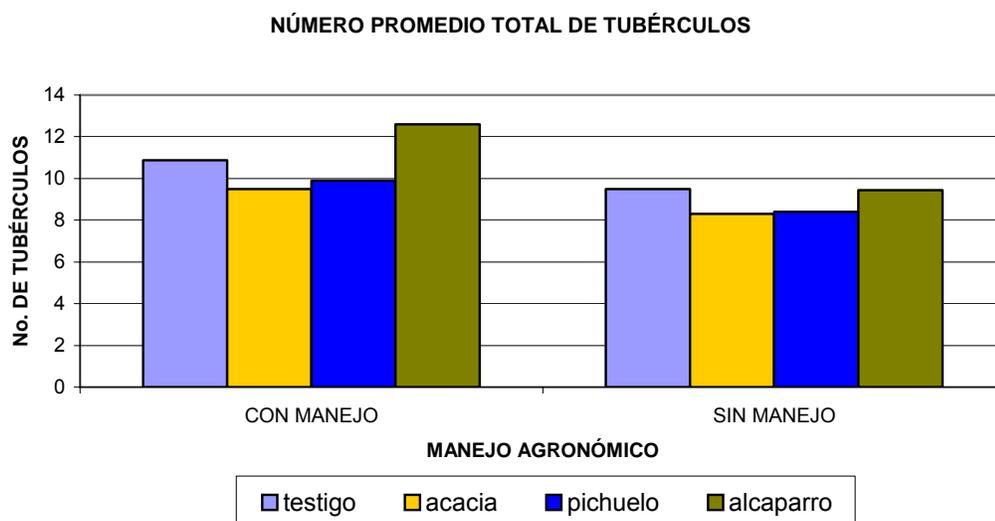
Con datos obtenidos en campo se observó que los tratamientos con manejo agronómico y sin manejo agronómico del suelo manifestaron un comportamiento parejo entre ellos destacándose los tratamientos sin manejo agronómico del suelo (gráficas 14 - 15).



Gráfica 14. Número promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, con manejo agronómico del suelo.



Gráfica 15. Número promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, sin manejo agronómico del suelo.



Gráfica 16. Número promedio total de tubérculos de papa capiro, con y sin manejo agronómico del suelo.

Mediante observaciones realizadas directamente en campo se estableció que el número promedio total de tubérculos por planta para los dos tipos de laboreo del suelo, que el alcaparro presentó mejores resultados en cuanto al número de tubérculos por planta con 12.60 para el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos – caldo microbioal y 9.43 para el subtratamiento sin manejo agronómico seguido por el tratamiento testigo con 10.87 tubérculos/planta para el subtratamiento con manejo agronómico del suelo y 9.50 para el subtratamiento sin manejo agronómico, los tratamientos acacia y pichuelo tuvieron un comportamiento similar para los dos subtratamientos (gráfica 16).

El tratamiento alcaparro en el subtratamiento con actividad recuperadora guachado – residuos de cosecha – caldos microbiales, presentó una conducta más sobresaliente frente a los demás tratamientos en los que esta 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 gráficas 13 – 16 en relación a los parámetros evaluados.

4.2.4 Peso de tubérculos por planta

4.2.4.1 Peso de tubérculos de primera (gramos) En el análisis de varianza para el peso de tubérculos (cuadro 29) se encontró diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas entre subtratamientos. Mediante la prueba de comparación de medias (Tukey) observadas en el cuadro 30 se determinó que el testigo con 329.53 gramos y el alcaparro con 289.10 gramos por planta, no difieren estadísticamente entre sí, pero el tratamiento testigo tuvo diferencias significativas respecto al pichuelo y acacia con 236.43 y 226.63

gramos por planta. Para los tratamientos pichuelo, acacia y alcaparro no hay diferencias estadísticas. Estos resultados evidencian que algunos árboles afectan negativamente al cultivo, ya que posiblemente haya una mayor competencia por agua y nutrientes teniendo en cuenta el sistema radical, el área de copa y su altura.

Cuadro 29 Análisis de varianza para la variable: Peso de tubérculos de primera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	41496.03281	13832.01094	7.88	0.0167*
SUBTRATAMIENTOS	1	62776.39594	62776.39594	52.42	<.0001**
TRAT*SUBTRA	3	11837.68031	3945.89344	3.30	0.0788ns
BLOQUES	2	14712.12750	7 356.06375	4.19	0.0726
TRATAM*BLOQUES	6	10534.38750	1755.73125	1.47	0.3004
ERROR	8	9579.9900	1197.4988		
CORRECTED TOTAL	23	150936.6141			

R² = 0.936530

CV = 12.79678

DS = 34.60489

PG = 270.4188

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

Cuadro 30. Prueba de comparación de medias para tratamientos peso de tubérculos de primera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	329.53	6	TESTIGO
b a	289.10	6	ALCAPARRO
b	236.43	6	PICHUELO
b	226.63	6	ACACIA

Letras iguales indican diferencias no significativas

Cuadro 31. Prueba de comparación de medias para subtratamientos peso de tubérculos de primera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	321.56	12	CON MANEJO
b	219.28	12	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

Según Peña y Portilla¹⁰⁰ el desarrollo en área de copa, altura y sistema radical 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 cuanto a los subtratamientos, el mayor peso de los tubérculos lo obtuvo el subtratamiento con alteración del suelo guachado – residuos – caldos microbiales, con 321,56 gramos difiriendo de manera significativa con el subtratamiento sin alteración del suelo con 219.28 gramos (cuadro 31).

Los resultados en esta investigación posiblemente se deben a que la práctica de guachado del suelo con residuos de cosecha enriquecidos con caldos microbiales y acompañados de abonos verdes como prácticas recuperadoras, aumentan la fertilidad del suelo, estimulan el cultivo y crean mejores condiciones de enraizamiento, permitiendo así mayor producción. Ello está de acuerdo con, Sañudo, Chávez y Vallejo¹⁰¹ manifiestan que un abono verde mas caldo microbial incrementa la producción de grano en arveja.

4.2.4.2 Peso de tubérculos de segunda. De acuerdo al cuadro 32 de análisis de varianza para el peso de tubérculos de segunda se obtuvo diferencias altamente significativas entre tratamientos y subtratamientos, además de diferencias significativas para interacción tratamientos por subtratamiento.

En la prueba de comparación de medias (cuadro 33) para los tratamientos pichuelo y testigo no se obtuvieron diferencias significativas entre subtratamientos; mientras que con acacia y alcaparro el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos - caldo microbial, con 170,49 y 147,12 gramos/planta respectivamente, difieren de manera significativa con el testigo con 129,06 gramos/planta.

¹⁰⁰ . PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Op. cit.

¹⁰¹ . SAÑUDO, B; CHAVES, G y VALLEJO, W. Op. cit.

Cuadro 32 Análisis de varianza para la variable: Peso de tubérculos de segunda, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	6005.321133	2001.773711	13.86	0.0042**
SUBTRATAMIENTO	1	8773.785600	8773.785600	48.76	0.0001**
TRAT*SUBTRA	3	2216.294800	738.764933	4.11	0.0489*
BLOQUES	2	1273.798300	636.899150	4.41	0.0663
TRATAM*BLOQUES	6	866.335167	144.389194	0.80	0.5946
ERROR	8	1439.44920	179.93115		
CORRECTED TOTAL	23	20574.98420			

R² = 0.930039
 CV = 9.593993
 DS = 13.41384
 PG = 139.8150

* Diferencias significativas
 ** Diferencias altamente significativas

Cuadro 33. Prueba de comparación de medias para interacción tratamientos por subtratamientos peso de tubérculos de segunda, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

Tratamientos	Comparador	Media	No. Datos	Subtratamientos
acacia	a	170,49	3	Con manejo
	b	121,09	3	Sin manejo
alcaparro	a	147,12	3	Con manejo
	b	117,38	3	Sin manejo
pichuelo	a	141,81	3	Con manejo
	a	117,91	3	Sin manejo
testigo	a	129,06	3	Con manejo
	a	113,13	3	Sin manejo

Letras iguales indican diferencias no significativas

4.2.4.3 Peso de tubérculos de tercera. Como indica el cuadro 34 de análisis de varianza únicamente se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. En la prueba para tratamientos de comparación de medias presenta que los tratamientos alcaparro con 100,19, pichuelo 87,49 y testigo con 86,13 gramos/planta no difieren estadísticamente entre si, pero el alcaparro difiere significativamente con respecto al tratamiento acacia con 75,25 gramos/planta. (Cuadro 35).

Demostrando que el tratamiento alcaparro en particular se desempeña mejor asociado con el cultivo, además de adaptarse mejor a las condiciones del suelo como se puede apreciar en los parámetros evaluados.

Cuadro 34 Análisis de varianza para la variable: Peso de tubérculos de tercera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	1875.494400	625.164800	4.86	0.0478*
SUBTRATAMIENTOS	1	652.292267	652.292267	4.78	0.0603ns
TRAT*SUBTRA	3	711.479467	237.159822	1.74	0.2367ns
BLOQUES	2	844.034133	422.017067	3.28	0.1089
TRATAM*BLOQUES	6	771.283200	128.547200	0.94	0.5157
ERROR	8	1092.497067	136.562133		
CORRECTED TOTAL	23	5947.080533			

R² = 0.816297

CV = 13.39112

DS = 11.68598

PG = 87.26667

* Diferencias significativas

** Diferencias altamente significativas

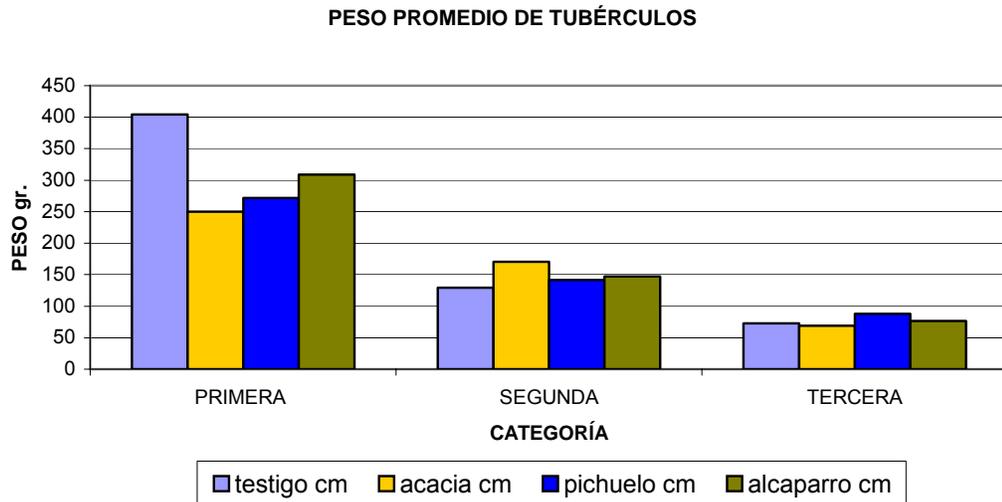
Cuadro 35. Prueba de comparación de medias para tratamientos peso de tubérculos de tercera, cultivo de papa periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	100.187	6	ALCAPARRO
b a	87.493	6	PICHUELO
b a	86.133	6	TESTIGO
b	75.253	6	ACACIA

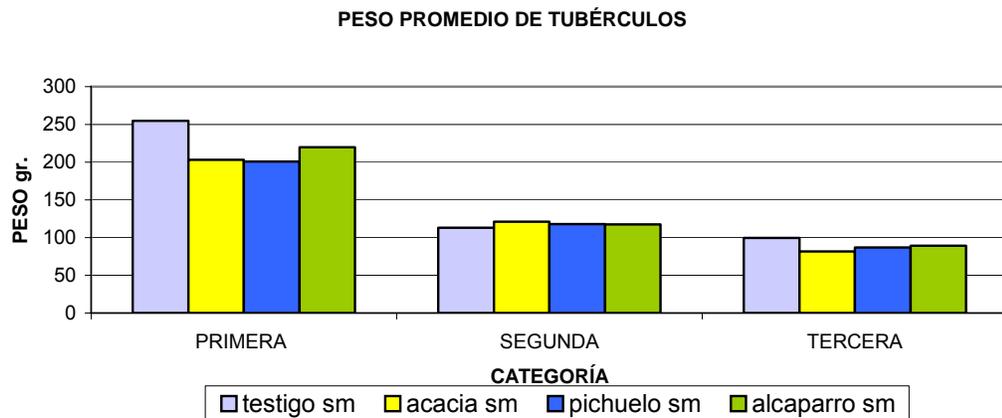
Letras iguales indican diferencias no significativas

Se observó que los tratamientos con manejo agronómico y sin manejo agronómico del suelo manifestaron un comportamiento parejo entre ellos destacándose el tratamiento testigo con alteración del suelo en el peso de los tubérculos de primera categoría como lo muestran las gráficas 17 - 18.

Estos resultados concuerdan con el trabajo realizado por Rodríguez y Saa¹⁰² al evaluar algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla en dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en donde determinaron la producción de gramos/planta de papa se encontró que los lotes sometidos a recuperación difieren de los no alterados.



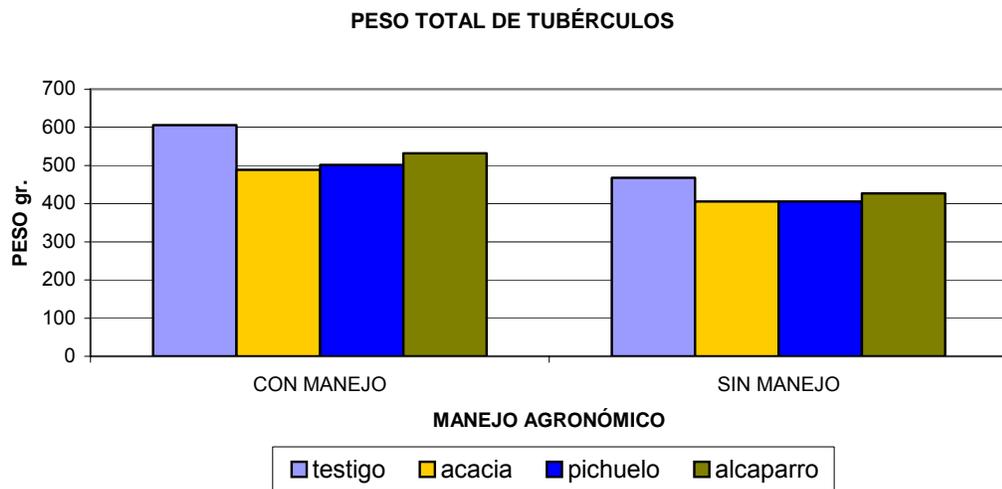
Gráfica 17. Peso promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, manejo agronómico del suelo.



Gráfica 18. Peso promedio de tubérculos por categoría de papa capiro, sin manejo agronómico del suelo.

¹⁰² . RODRIGUEZ, J., SAA, C. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla amarilla (*Solanun phureja*). En dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto. Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas., 2005.

Mediante observaciones realizadas directamente en campo se estableció que el peso promedio total de tubérculos por planta para los dos tipos de laboreo del suelo, el testigo presentó mejores resultados en cuanto al peso de tubérculos por planta con 605.84g para el subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos – caldo microbial y 467.66g para el subtratamiento sin manejo agronómico seguido por el tratamiento alcaparro con 532.28 gramos/planta para el subtratamiento con manejo agronómico del suelo y 426.52gramos/planta para el subtratamiento sin manejo agronómico, los tratamientos acacia y pichuelo tuvieron un comportamiento similar para los dos subtratamientos (gráfica 19).



Gráfica 19. Peso promedio total de tubérculos de papa capiro, con y sin manejo agronómico del suelo

Estos resultados evidencian que algunos árboles afectan negativamente al cultivo, por su sistema radical, el área de copa y su altura, esto posiblemente porque hay una mayor competencia, por agua y nutrientes además de los requerimientos de luz que el cultivo necesita para su normal desarrollo.

Además de lo expuesto anteriormente, se destaca el hecho de que todos los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos con el sistema de manejo agronómico 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.

4.2.5 Producción de papa comercial t/ha.

El análisis de varianza para la producción en t/ha de papa mostró diferencias significativas entre tratamientos y altamente significativas entre subtratamientos determinándose así, que la producción papa fue diferente en las dos prácticas de manejo del suelo (cuadro 36).

De acuerdo a lo anterior Neugebauer *et al*¹⁰³, afirman que en las zanjias labradas, el agua se acumula formándose miniterrazas que traen consigo la concentración de nutrientes provenientes de la superficie del suelo, permitiendo una mayor producción en comparación con el laboreo convencional.

Cuadro 36 Análisis de varianza para la variable: Producción de papa comercial en Ton/ha periodo octubre 2004 – abril 2005

FV	GL	SC	CM	FC	FT
TRATAMIENTOS	3	1.7882079E14	5.9606931E13	5.51	0.0369*
SUBTRATAMIENTOS	1	5.2661274E14	5.2661274E14	65.23	<.0001**
TRAT*SUBTRA	3	5.9651471E13	1.9883824E13	2.46	0.1370ns
BLOQUES	2	3.5212893E13	1.7606446E13	1.63	0.2722
TRATAM*BLOQUES	6	6.4853205E13	1.0808868E13	1.34	0.3418
ERROR	8	6.4589952E13	8.073744E12		
CORRECTED TOTAL	23	9.2974106E14			

R² = 0.930529
 CV = 10.38956
 DS = 2841433
 PG = 27348917

* Diferencias significativas
 ** Diferencias altamente significativas

Cuadro 37. Prueba de comparación de medias para tratamientos producción de papa comercial en Ton/ha, periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	TRATAMIENTOS
a	30.108	6	ALCAPARRO
b a	30.041	6	TESTIGO
b c	24.828	6	ACACIA
c	24.419	6	PICHUELO

Letras iguales indican diferencias no significativas

¹⁰³ NEUGEBAUER, B. *et al.* Agricultura ecológicamente apropiada. Chile, ZEL, 1993. 135 p.

Cuadro 38. Prueba de comparación de medias para subtratamientos producción de papa comercial en Ton/ha, periodo octubre 2004 – abril 2005

COMPARADOR	MEDIA	NÚMERO DE DATOS	SUBTRATAMIENTOS
a	32.033	12	CON MANEJO
b	22.664	12	SIN MANEJO

Letras iguales indican diferencias no significativas

De acuerdo a los resultados del cuadro 37 los tratamientos Alcaparro y testigo con 30,108 t/ha y 30,041 t/ha no difieren entre si, pero difieren respecto al pichuelo con 24,418 Ton/ha.

El alcaparro mas actividad recuperadora presentó un mejor comportamiento sobresaliente frente a los demás tratamientos, se puede afirmar que esta especie en particular se desempeña mejor asociada con el cultivo, además de adaptarse mejor a las condiciones del suelo lo cual se pudo observar con los resultados obtenidos en las variables altura de plantas, número y peso de tubérculos.

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.¹⁰⁴

En la prueba de comparación de medias para los subtratamientos se observó que el laboreo del suelo presenta mejores resultados en comparación al suelo sin manejo agronómico.

El subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos – caldo microbial con 32,033 t/ha, difirió de manera significativa con el testigo con 22,664 t/ha (cuadro 38), la práctica de guachado del suelo con residuos de cosecha enriquecidos con caldos microbiales y acompañados de abonos verdes como prácticas recuperadoras, aumentan la fertilidad del suelo, estimulan el cultivo y crean mejores condiciones de enraizamiento, permitiendo así mayor producción; además, se destaca el hecho de que todos los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos con el sistema de manejo agronómico presentaron valores muy por encima de los hallados en los tratamientos con suelo sin manejo agronómico.

¹⁰⁴. 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 2007. Disponible en <http://europa.eu.int>.

Sañudo, Ruiz y Legarda en un ensayo con zanjas fértiles + tamo de trigo + caldo microbial, encontraron que esta práctica cuadruplica la producción de maíz morocho blanco (2.024 kg/ha) respecto al testigo sin remoción.¹⁰⁵

La inclusión del tamo en las zanjas más 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, determinante en los procesos de transformación lo cual contribuye a la mineralización de la materia orgánica siendo esta determinante en la nutrición de las plantas.¹⁰⁶

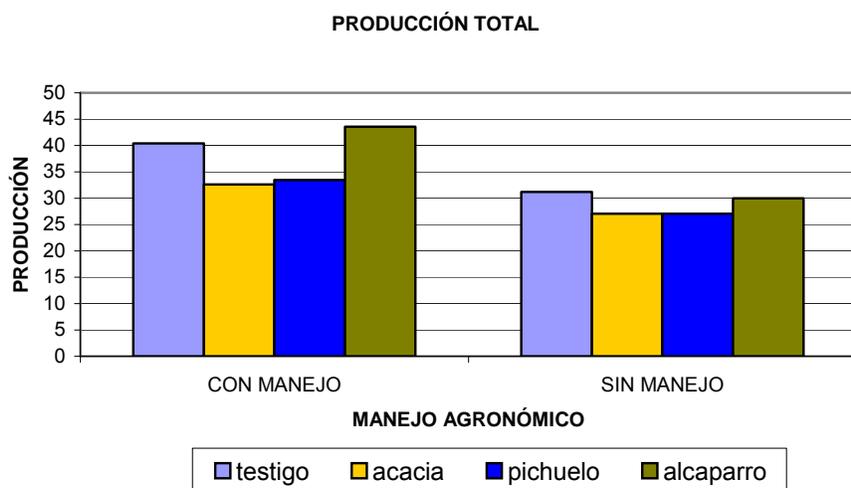
Según Yepes, *et al* en suelos ubicados alrededor de los 3.000 m.s.n.m., el "guachado" mantiene la porosidad del suelo en niveles adecuados, nivel menor del 65%, a diferencia de la preparación convencional que aumenta los macro poros y el suelo se vuelve muy esponjoso. En estas condiciones se dificulta la toma de agua por las plantas; en invierno se lava la materia orgánica y algunos nutrientes y en verano, el suelo se seca rápidamente.¹⁰⁷

Mediante datos recopilados en campo, se observó que la producción promedia total de papa comercial se determinó que los mejores resultados están en los tratamientos alcaparro y testigo con ambos tipos de laboreo del suelo obteniendo un valor de 43,55 t/ha y 40,39 t/ha para el suelo con manejo agronómico y 30,01 t/ha y 31,18 t/ha respectivamente. De acuerdo a datos no estadísticos. Los otros tratamientos con y sin manejo agronómico del suelo manifestaron un comportamiento similar entre ellos destacándose los del subtratamiento con manejo agronómico del suelo guachado – residuos – caldo micribial (gráfica 20)

¹⁰⁵ . SAÑUDO, B; RUÍZ, 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.

¹⁰⁶ . SAÑUDO, B; RUÍZ, H y LEGARDA, L. Op. cit., p. 49

¹⁰⁷ . YEPES, B. *et al*. Boletín de la papa. CORPOICA. nº 2:5. 2003. Consultado el 12 de febrero del 2005. Disponible en www.redepapa.org



Gráfica 20. Producción promedio total de papa capiro, con y sin guachado capiro, con y sin manejo agronómico del suelo.

Rodríguez *et al*, afirman que se usa como protección del suelo, cercos vivos, agroforestería, como cobertura protectora de suelos, así como por la abundante materia que aporta a los mismos. Es apropiado para formar cercos vivos y terrazas naturales en laderas con el objeto de ayudar a controlar la erosión y mejorar el suelo, se recomiendan esta especie para suelos degradados, para dar cobertura de protección a terrenos sin vegetación y erosionados¹⁰⁸.

El alcaparro mas actividad recuperadora presentó un mejor comportamiento 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 la gráfica 20.

Sin embargo es posible que la no presencia de árboles implica mayor dificultad para el desarrollo normal del cultivo ya que la competencia con éste obliga al árbol a tener raíces más profundas como también beneficios adicionales como mejorando el microclima, mayor protección contra erosión por viento y agua, ayudando a la incorporación de materia orgánica y aumento en la fijación de nitrógeno por parte de la leguminosa en el suelo, es posible que los árboles forman 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.

¹⁰⁸ RODRÍGUEZ NIETO, V., *et al*. Op. cit., p. 30.

5. CONCLUSIONES

El subtratamiento con manejo agronómico del suelo mostró una mejor respuesta en comparación con el tratamiento sin manejo agronómico del suelo. Además, el manejo agronómico del suelo es una alternativa viable, ya que mejora la producción., respecto al terreno sin manejo agronómico.

El manejo agronómico del suelo y la ejecución de prácticas agroecológicas permiten obtener mejores resultados y afectó positivamente las variables evaluadas en las especies arbóreas; en particular el alcaparro gigante presentó un mejor comportamiento en el transcurso de la investigación.

Los árboles en el suelo con manejo agronómico tuvieron mejores resultados afectando positivamente las variables evaluadas en las especies; como el incremento total de altura en el pichuelo.

El cultivo de papa en asocio con alcaparro gigante en los suelos con manejo agronómico y sin manejo agronómico incidió favorablemente en la producción.

6. RECOMENDACIONES

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

Evaluar el efecto del sistema agroforestal sobre los componentes de rendimiento en otros cultivos importantes para la región, a través de la incorporación sucesiva de materia orgánica.

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 estudios tendientes a evaluar un plan de manejo de los árboles que permitan disminuir la competencia con el cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

AGRARIAS. Plantación. Densidad de población. [documento en línea]. Universidad Autónoma de Chile. Chile 2006. disponible en www.agrarias.uach.cl/webpapa/pag10.html

ALVARADO, L. Descripción de las principales variedades de papa cultivadas en Nariño. Cartilla divulgativa No. 58. Pasto, ICA, 1992. p. 11

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

AMÉZQUITA, 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.

ARÉVALO FIGUEROA, R. Uso de caldos microbiales enriquecidos para la descomposición de residuos sólidos domésticos y la producción de bioabonos de calidad. Pasto, 2003. 90 p. Trabajo de grado (Ms) Tesis Sc. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2003.

BARRERA, L. L fertilidad de lo suelos de clima frío y la fertilidad de los cultivos. En: Fertilidad de Suelos, Diagnóstico y Control. SCCS. Santa Fe de Bogotá, 1994, p 70.

BETANCOURTH, C. Y SÁNCHEZ, C. Evaluación de algunas propiedades físicas del suelo bajo dos modalidades de zanjas de alta fertilidad, y la productividad de arveja (*pisum sativum*) v. santa Isabel, en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agronómica. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

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.

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 (*Pisun 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.

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

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.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO. Guía práctica; como hacer y manejar un vivero agroforestal. Nariño, CORPONARIÑO, 1994. p.10

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

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

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

GAVIRIA, P. Y VILLARREAL EDWIN. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla amarilla (*Solanum phureja*). En dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agronómica. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

GÓMEZ ZAMBRANO, Jairo. Abonos orgánicos. Cali, Universidad Nacional de Colombia, 2000. 107 p.

GRANADOS GÓMEZ, L. F y FAJARDO RAMÍREZ, J. M. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum*). America: Fudesco, 1999. p. 38

HENAO, J. Introducción al manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá, USTA, 1998. p 246.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Información Meteorológica. 2000.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Suelos y bosques de Colombia. Bogotá, 1988.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Diccionario Geográfico de Colombia. Tomo II. IGAC. Bogotá: 1996. p 570.

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

KONONOVA, M. Materia orgánica del suelo, su naturaleza, propiedades y método de investigación. Traducido del ruso por Bordas de Mutan, Enriqueta. Barcelona: OIKOS TEAU S.A., 1982. p. 87.

KRISHNAMURTHY y ÁVILA. Bases de Agroforestería. México, Trillas, 1999. p. 10.

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

LUJÁN, L. El cultivo de la papa en Colombia. En: Revista Agronomía Tropical vol. XXVI No. 6. 1999. p.12

MONTENEGRO, V. Tecnología del frijol común. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1999 27p.

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

NEUGEBAUER, B. *et al.* Agricultura ecológicamente apropiada. Chile, ZEL, 1993. 135 p.

ORDOÑEZ, H. Pasto, Colombia, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, 2006. Comunicación Personal.

PEÑA, L. Fisiología y manejo de tubérculos. Semilla de papa. [documento en línea]. CORPOICA. – Obonuco. Pasto, 2006. Disponible en www.redepapa.org/fisiologired.html

OSPINA ANTE, ALFREDO. Agroforestería. Colombia, ACASOC. 2003. 126 p.

PEÑA, R. Y PORTILLA, D. Efecto de prácticas de recuperación de un suelo de ladera sobre la capacidad productiva de frijol arbustivo en el corregimiento de Mapachico, municipio de Pasto, departamento de Nariño. Tesis Ing. Agroforestal. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 2005.

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 junio de 2006. Disponible en www.eiao.otalca.cl/otalca2.html.

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

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

RODRÍGUEZ, J., SAA, C. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla amarilla (*Solanun phureja*). En dos lotes sometidos a recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilidad en el corregimiento de Mapachico, Municipio de Pasto. Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas., 2005.

RUÍZ, H. 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, A. Evaluación de los CDS del Informe Nacional de Colombia. Bogotá: CIPE. Universidad Externado de Colombia, 1995. p. 185.

SÁNCHEZ, A .SOLEDAD, A. Sistemas Agroforestales para la zona Andina. Bogota, DC, 1995. 238 p.

SANTIAGO, M. y PIEDRAHITA, 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, Organo Divulgatorio. Vol 47, N° 1 y 2(1994); p 129.

SAÑUDO, B; RUÍZ, 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.

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

SAÑUDO, B. CHAVES, G y VALLEJO, W. Introducción al manejo técnico de cultivos hortícolas en la zona cerealista de Nariño. Pasto, Universidad de Nariño, 2002. pp. 21-25.

SOSA, E., Inclinación de láminas de fríjol durante el día. México, Terra. Vol 18, N° 2 (2000); pp. 147 – 153, Consultado el 11 de octubre de 2006. 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.

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

ANEXOS

ANEXO 1

ALTURA PARA LAS ESPECIES ACACIA JAPONESA, ALCAPARRO GIGANTE Y PICHUELO

Tratamiento	Rep	octubre		noviembre		diciembre		enero		febrero		marzo		abril	
		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos	
		Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G
Acacia	I	159,5	94,25	160,4	95,38	161	96,73	162,45	96,95	162,5	97,63	163,5	98,08	166,5	99,77
	II	151,8	114,3	153,6	116,86	154,6	120,1	157,54	122,06	159,6	122,1	161,7	123,7	165,5	124,7
	III	187,5	96,5	189,5	97,6	190,4	97,85	193,5	99,28	195,3	99,53	197,4	99,87	203,3	100,5
Pichuelo	I	167	108,3	168,9	109,15	175,3	111,1	178,89	122,85	182,5	124,7	185,6	125,5	191,7	127,8
	II	160,8	124,5	162,6	125,25	168,1	126,8	170,35	133,25	174	134,4	176,7	135,1	185,1	137,3
	III	158,8	121,8	160,6	122,6	169	124,6	170,75	131,12	170,8	132,1	173,9	133	186,1	134,2
Alcaparro	I	169,3	131,3	171	135,45	173,8	136,3	176,25	136,75	179	137	181,9	137,2	187,3	139,4
	II	167,5	111,8	169,2	115,98	169,3	122,6	172,58	123,97	175,3	124,4	178,5	125,1	188,1	126,4
	III	175,8	88,75	177,4	91,9	180,3	92,7	182,85	94,05	184,6	95,25	187,5	96,75	192,9	98,75

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

Promedio de altura (cm.)			
Tratamiento	Rep	Subtratamientos	
		Con G	Sin G
Acacia	I	162,25	96,97
	II	157,74	120,51
	III	193,84	98,73
Pichuelo	I	178,55	118,5
	II	171,08	130,93
	III	169,97	128,46
Alcaparro	I	176,89	136,17
	II	174,35	121,46
	III	183,04	94,02

ANEXO 2

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

Incremento mensual altura (cm.)															
Tratamiento	Rep	sep - oct		oct - nov		nov - dic		dic - ene		ene - feb		feb - mar		abr - may	
		Subtratamiento		Subtratamiento		Subtratamiento		Subtratamiento		Subtratamiento		Subtratamiento		Subtratamiento	
		Con G	Sin G												
ACACIA	I	1,07	0	0,9	1,13	0,55	1,35	1,5	0,22	0,05	0,68	1	0,45	2,95	1,69
	II	1,13	0,3	1,8	2,61	1,05	3,19	2,94	2,01	2,01	0,02	2,1	1,57	3,89	1
	III	0,75	0,43	2	1,1	0,9	0,25	3,1	1,43	1,79	0,25	2,1	0,34	5,9	0,6
PICHUELO	I	1,25	0,48	1,9	0,9	6,4	1,9	3,59	11,8	3,61	1,8	3,1	0,8	6,09	2,3
	II	1,38	0,53	1,86	0,75	5,51	1,5	2,23	6,5	3,63	1,13	2,71	0,71	8,4	2,23
	III	0,75	0,18	1,85	0,85	8,35	1,95	1,8	6,57	0,05	0,97	3,05	0,89	12,25	1,17
ALCAPARRO	I	1,38	0,25	1,7	4,2	2,8	0,8	2,5	0,5	2,7	0,23	2,9	0,17	5,4	2,2
	II	1,75	0,13	1,73	4,23	0,05	6,62	3,3	1,37	2,7	0,42	3,2	0,73	9,6	1,26
	III	1,78	0,15	1,65	3,15	2,85	0,8	2,6	1,35	1,75	1,2	2,9	1,5	5,4	2

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

Incremento total de altura de altura (cm.)			
Tratamiento	Rep	Subtratamientos	
		Con G	Sin G
Acacia	I	8,02	5,52
	II	14,92	10,7
	III	16,54	4,4
Pichuelo	I	25,94	19,98
	II	25,72	13,35
	III	28,1	12,58
Alcaparro	I	19,38	8,35
	II	22,33	14,76
	III	18,93	10,15

ANEXO 3

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

Incremento mensual diámetro fuste (cm.)															
Tratamiento	Rep	sep - oct		oct - nov		nov - dic		dic - ene		ene - feb		feb - mar		abr - may	
		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos	
		Con G	Sin G												
ACACIA	I	0,3	0,2	0,1	0,08	0,15	0,18	0,36	0,35	0,2	0,11	0,06	0,03	0,12	0,07
	II	0,23	0,02	0,07	0,87	0,25	0,06	0,45	0,4	0,17	0,1	0,13	0,05	0,1	0,05
	III	0,4	0,26	0,15	0,06	0,16	0,19	0,44	0,26	0,16	0,04	0,07	0,11	0,07	0,04
PICHUELO	I	0,57	0,2	0,56	0,08	0,14	0,1	0,26	0,15	0,4	0,19	0,4	0,36	0,44	0,4
	II	0,21	0,2	0,08	0,06	0,21	0,08	0,42	0,09	0,38	0,25	0,35	0,4	0,55	0,36
	III	0,64	0,02	0,07	0,04	0,14	0,16	0,4	0,12	0,42	0,2	0,38	0,3	0,5	0,3
ALCAPARRO	I	0,6	0,02	0,39	0,05	0,41	0,15	0,5	0,36	0,35	0,09	0,11	0,08	0,12	0,02
	II	1,05	1	1,29	0,08	0,21	0,08	0,46	0,4	0,4	0,1	0,1	0,06	0,08	0,04
	III	0,24	0,13	0,19	0,28	0,45	0,3	0,49	0,18	0,31	0,03	0,09	0,04	0,18	0,07

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

Incremento total diámetro de fuste (cm.)			
Tratamiento	Rep	Subtratamientos	
		Con G	Sin G
Acacia	I	1,29	1,02
	II	1,4	1,55
	III	1,45	0,96
Pichuelo	I	2,77	1,48
	II	2,2	1,44
	III	2,55	1,14
Alcaparro	I	2,48	0,77
	II	3,59	1,76
	III	1,95	1,03

ANEXO 4

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

Incremento mensual diámetro copa m ²															
Tratamiento	Rep	sep - oct		oct - nov		nov - dic		dic - ene		ene - feb		feb - mar		abr - may	
		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos		Subtratamientos	
		Con G	Sin G												
ACACIA	I	0,0691	0,0039	0,0504	0,0303	0,0036	0,0111	0,0008	0,0106	0,0012	0,0802	0,0781	0,0393	0,0815	0
	II	0,0283	0,0662	0,0406	0,0301	0,0234	0,0812	0,0109	0,01	0,0091	0,0407	0,04	0,0273	0,0286	0,0291
	III	0,224	0,0617	0	0,0198	0,0043	0,0616	0,0009	0,0203	0,0013	0,1002	0,0251	0,0103	0,0663	0,0096
PICHUELO	I	0,0255	0,0772	0,0606	0,0204	0,0044	0,0024	0,0021	0,0004	0,0015	0,0002	0,0733	0,0525	0,138	0,1281
	II	0,0865	0,1451	0,0407	0,0003	0,0045	0,0311	0,0023	0,0103	0,0015	0,0304	0,0152	0,0306	0,226	0,0765
	III	0,0475	0,0762	0,0499	0,0203	0,0086	0,0417	-0,0058	0,0104	0,0017	0,0224	0,0926	0,0272	0,2359	0,0453
ALCAPARRO	I	0,0325	0,0118	0,0309	0,0403	0,0627	0,0217	0,0316	0,0104	0,011	0,01	0,0483	0,0283	0,1012	0,0115
	II	0,134	0,0338	0,0211	0,0243	0,2031	0,0016	0,0318	0,0004	0,0112	0,0004	0,0016	0,0184	0,1885	0,0153
	III	0,1581	0,08	0,1009	0,0498	0,0028	0,0516	0,0017	0,0206	0,0014	0,0303	0,0142	0,0144	0,2052	0,035

CG = Con alteración
SG = Sin alteración

Incremento total diámetro de copa (m ² .)			
Tratamiento	Rep	Subtratamientos	
		Con G	Sin G
Acacia	I	0,2847	0,1754
	II	0,1809	0,2846
	III	0,3219	0,2835
Pichuelo	I	0,3054	0,2812
	II	0,3767	0,3243
	III	0,4304	0,2435
Alcaparro	I	0,3182	0,134
	II	0,5913	0,0942
	III	0,4843	0,2817

ANEXO 5

NÚMERO DE TALLOS POR PLANTA Y ALTURA DE PLANTAS DE PAPA CAPIRO

Número de tallos por planta			
Tratamiento	Rep	subtratamiento	
		Con alteración	Sin alteración
testigo	I	5,6	4,1
	II	7,1	3,2
	III	6,6	4,7
Acacia	I	4,2	3,1
	II	4,6	2,8
	III	3,8	3,6
Pichuelo	I	3,9	3,2
	II	3,8	3,7
	III	5,1	2,5
Alcaparro	I	4,1	3,6
	II	3,7	3,3
	III	4,3	2,9

Altura de plantas			
Tratamiento	Rep	subtratamiento	
		Con alteración	Sin alteración
testigo	I	47,6	36,5
	II	58,3	39,7
	III	51,4	34,4
Acacia	I	35,4	31,4
	II	36,6	33,6
	III	45,6	35,3
Pichuelo	I	37,6	29,4
	II	33,4	34,3
	III	36,6	36,5
Alcaparro	I	41,4	29,6
	II	37,6	31,4
	III	43,4	33,9

ANEXO 6

NÚMERO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CATEGORÍA

Tratamiento	Rep	Primera categoría		Segunda categoría		Tercera categoría	
		subtratamiento		subtratamiento		subtratamiento	
		Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G
testigo	I	5,8	2,7	2,7	2,3	2,1	3,3
	II	6,2	4,3	2,9	2,1	3,3	4,2
	III	4,5	3,4	2,5	2,7	2,6	3,5
Acacia	I	3,1	2,6	3,4	2,6	2,5	2,9
	II	4,3	3,3	3,2	2,3	2,7	2,8
	III	2,8	2,4	4,1	2,7	2,4	3,3
Pichuelo	I	4,5	2,8	3,3	2,5	2,4	3,1
	II	3,7	3,1	2,9	2,2	3,1	3,6
	III	2,9	2,3	2,7	2,7	4,2	2,9
Alcaparro	I	4,7	3,3	4,1	3,1	3,3	3,6
	II	5,1	2,7	3,8	2,3	3,5	3,7
	III	4,9	2,9	4,3	2,8	4,1	3,9

CG = Con alteración
 SG = Sin alteración

ANEXO 7

PESO DE TUBÉRCULOS POR PLANTA DE PRIMERA, SEGUNDA Y TERCERA CATEGORÍA

Tratamiento	Rep	peso primera gr.		peso segunda gr.		Peso tercera gr.	
		subtratamiento		subtratamiento		subtratamiento	
		Con G	Sin G	Con G	Sin G	Con G	Sin G
testigo	I	426,3	198,45	129,06	109,94	57,12	89,76
	II	455,7	316,05	138,62	100,38	89,76	114,24
	III	330,75	249,9	119,5	129,06	70,72	95,2
Acacia	I	227,85	191,1	162,52	124,28	68	78,88
	II	316,05	242,55	152,96	109,94	73,44	76,16
	III	205,8	176,4	195,98	129,06	65,28	89,76
Pichuelo	I	330,75	205,8	157,74	119,5	65,28	84,32
	II	271,95	227,85	138,62	105,16	84,32	97,92
	III	213,15	169,05	129,06	129,06	114,24	78,88
Alcaparro	I	345,45	242,55	195,98	148,18	89,76	97,92
	II	374,85	198,45	181,64	109,94	95,2	100,64
	III	360,15	213,15	205,54	133,84	111,52	106,08

CG = Con alteración SG = Sin alteración
--

ANEXO 8

PRODUCCIÓN DE PAPA COMERCIAL DIACOL CAPIRO

Producción papa comercial Ton/ha			
Tratamiento	Rep	subtratamiento	
		Con alteración	Sin alteración
testigo	I	37,02	20,56
	II	39,62	27,76
	III	30,02	25,26
Acacia	I	26,02	21,03
	II	31,27	23,50
	III	26,79	20,36
Pichuelo	I	32,57	21,69
	II	27,37	22,20
	III	22,81	19,87
Alcaparro	I	36,10	26,05
	II	37,10	20,56
	III	37,71	23,13

