

**ESTABLECIMIENTO Y EVALUACIÓN INICIAL DE ARREGLOS
AGROFORESTALES EN LA MICROCUENCA “LA COFRADÍA”, MUNICIPIO
DE SAN FRANCISCO, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO**

**LUIS ANTONIO SANTACRUZ VALLEJO
LUIS CARLOS ZAMBRANO ERAZO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERIA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2004**

**ESTABLECIMIENTO Y EVALUACIÓN INICIAL DE ARREGLOS
AGROFORESTALES EN LA MICROCUENCA “LA COFRADÍA”, MUNICIPIO
DE SAN FRANCISCO, DEPARTAMENTO DEL PUTUMAYO**

**LUIS ANTONIO SANTACRUZ VALLEJO
LUIS CARLOS ZAMBRANO ERAZO**

*Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título
de Ingeniero Agroforestal*

Presidente de Tesis
JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA I.A., M. Sc

Copresidente de Tesis
DIEGO FERNANDO CARDENAS RENDÓN I.A.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL
SAN JUAN DE PASTO
2004**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de los autores”

“ Artículo 1 del acuerdo No 324 de octubre 11 de 1966, emanada del honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño”

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Julio de 2004.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sinceros agradecimientos a: DIEGO FERNANDO CARDENAS RENDON. Ingeniero Agrónomo.

JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

HERNANDO CRIOLLO ESCOBAR. Ingeniero Agrónomo. M. Sc, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

BENJAMÍN SAÑUDO SOTELO. Ingeniero Agrónomo. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

LUIS ALBERTO OBANDO. Ingeniero Agrónomo. M. Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad de Nariño.

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL SUR DE LA AMAZONIA COLOMBIANA, CORPOAMAZONIA. Unidad Operativa Andino Amazónica, Valle de Sibundoy, Departamento del Putumayo.

LUIS ROBERTO ORTIZ BRAVO. Alcalde municipal de San Francisco, Putumayo. 2000 – 2003.

Comunidad Usuaría del Proyecto “Revegetalización de la microcuenca la Cofradía, municipio de San Francisco, Departamento del Putumayo”

Todas aquellas personas que contribuyeron con la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA

Luisa Fernanda y su hermanito (a) motivo principal de mi existencia, a la memoria de mi madre, mi padre y mi hermano y a mis hermanas

LUIS ANTONIO

DEDICATORIA

A mi hija Juliana, a mi madre, a mis hermanos

LUIS CARLOS

CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | 22 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 23 |
| 1.1 SISTEMAS AGROFORESTALES | 23 |
| 1.1.1 Definiciones. | 23 |
| 1.1.2 Beneficios de los sistemas agroforestales. | 23 |
| 1.1.3 Importancia de los arreglos agroforestales en el manejo de cuencas hidrográficas. | 23 |
| 1.2 CULTIVO EN CALLEJONES | 26 |
| 1.2.1 Aporte de nutrientes. | 27 |
| 1.2.2 Efectos sobre los rendimientos del cultivo. | 28 |
| 1.3 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA LA COFRADÍA | 31 |
| 1.3.1 Hidrología e hidrografía. | 31 |
| 1.3.2 Zona de vida. | 31 |
| 1.3.3 Suelos. | 31 |
| 1.3.4 Aspecto social. | 32 |
| 1.4 DESCRIPCIÓN DE ESPECIES | 33 |
| 1.4.1 Acacia negra (<i>Acacia decurrens</i>). | 33 |
| 1.4.2 Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>). | 34 |
| 1.4.3 Tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>). | 36 |
| 1.4.4 Maíz (<i>Zea mays</i>). | 40 |

| | |
|---|----|
| 2. DISEÑO METODOLÓGICO | 45 |
| 2.1 LOCALIZACIÓN | 45 |
| 2.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS ARREGLOS DE CULTIVO EN CALLEJONES CON QUILLOTOCTO (<i>Tecoma stans</i>) Y ACACIA NEGRA (<i>Acacia decurrens</i>) ASOCIADOS CON MAÍZ (<i>Zea mays</i>) Y TOMATE DE ÁRBOL (<i>Cyphomandra betacea</i>) | 45 |
| 2.2.1 Procedencia del material experimental. | 45 |
| 2.2.2 Preparación de terreno y siembra. | 46 |
| 2.2.3 Labores culturales. | 46 |
| 2.2.4 Fertilización, control de plagas y enfermedades. | 47 |
| 2.2.5 Podas. | 48 |
| 2.3 ÁREA EXPERIMENTAL | 49 |
| 2.3.1 Arreglo uno. | 49 |
| 2.3.2 Arreglo dos. | 52 |
| 2.4 VARIABLES EVALUADAS | 54 |
| 2.4.1 Productividad y rendimiento del maíz (<i>Zea mays</i>). | 54 |
| 2.4.2 Variables de crecimiento en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>). | 55 |
| 2.4.3 Rendimiento equivalente de los arreglos agroforestales en callejones. | 56 |
| 2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL | 57 |
| 2.6 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA | 57 |
| 2.6.1 Variables de rendimiento en maíz (<i>Zea mays</i>). | 57 |
| 2.6.2 Variables de crecimiento en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>). | 58 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 59 |
| 3.1 ARREGLO UNO | 59 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1 Rendimiento y productividad en maíz (<i>Zea mays</i>). | 59 |
| 3.1.2 Rendimiento equivalente de los arreglos agroforestales. | 64 |
| 3.2 ARREGLO DOS | 67 |
| 3.2.1 Variables de crecimiento en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) | 67 |
| 4. CONCLUSIONES | 75 |
| 5. RECOMENDACIONES | 77 |
| BIBLIOGRAFÍA | 78 |
| ANEXOS | 81 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Promedios para las variables número de mazorcas por planta y peso cien semillas en maíz (<i>Zea mays</i>) en monocultivo y asociado con Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>). | 59 |
| Tabla 2. Análisis de varianza para la variable número de mazorcas por planta en maíz (<i>Zea mays</i>) bajo tres sistemas de cultivo. | 61 |
| Tabla 3. Análisis de varianza para la variable peso de cien semillas de maíz (<i>Zea mays</i>) bajo tres sistemas de cultivo. | 61 |
| Tabla 4. Prueba Duncan para la variable peso de cien semillas en maíz (<i>Zea mays</i>) bajo tres sistemas de cultivo. | 62 |
| Tabla 5. Producción de maíz (<i>Zea mays</i>) bajo tres sistemas de cultivo. | 64 |
| Tabla 6. Productividad del sistema maíz (<i>Zea mays</i>) asociado con Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) en un cultivo en callejones en la Microcuenca la Cofradía, municipio de San Francisco, departamento del Putumayo. | 65 |
| Tabla 7. Productividad del sistema maíz (<i>Zea mays</i>) asociado con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>) en un cultivo en callejones en la Microcuenca la Cofradía, municipio de San Francisco, departamento del Putumayo. | 65 |
| Tabla 8. Promedios mensuales para la variable altura de plantas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) asociada con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en monocultivo. | 68 |
| Tabla 9. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) bajo diferentes sistemas de cultivo en el mes de noviembre de 2002. | 70 |
| Tabla 10. Prueba Duncan para la variable altura de plantas y área foliar en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) bajo diferentes sistemas de cultivo. | 70 |
| Tabla 11. Promedios para la variable área foliar en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) asociado con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en monocultivo. | 71 |
| Tabla 12. Análisis de varianza para la variable área foliar en tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) bajo diferentes sistemas de cultivo en el mes de noviembre de 2002. | 73 |

LISTA DE CUADROS

| | pág. |
|---|-------------|
| Cuadro 1. Análisis visual para determinar problemas en maíz (<i>Zea mays</i>). | 41 |
| Cuadro 2. Plagas del cultivo de maíz (<i>Zea mays</i>). | 42 |
| Cuadro 3. Principales enfermedades del maíz. (<i>Zea mays</i>). | 43 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Parcela de Asociación Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>) o Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) con Maíz (<i>Zea Mays</i>). | 50 |
| Figura 2. Cultivo en callejones <i>A. decurrens</i> asociado con maíz (<i>Zea mays</i>). | 51 |
| Figura 3. Cultivo en callejones <i>T. stans</i> asociado con maíz (<i>Zea mays</i>). | 51 |
| Figura 4. Parcela de Asociación Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>) o Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) con Tomate de Arbol (<i>Cyphomandra betacea</i>). | 53 |
| Figura 5 Monocultivo de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>). | 54 |
| Figura 6. Número de mazorcas por planta de maíz (<i>Zea mays</i>). asociado con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en monocultivo. | 60 |
| Figura 7. Peso de cien semillas de maíz (<i>Zea mays</i>) asociado con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en monocultivo. | 60 |
| Figura 8. Producción de maíz (<i>Zea mays</i>) bajo tres sistemas de cultivo en la microcuenca “La Cofradía” municipio de San Francisco, Putumayo. | 66 |
| Figura 9. Incremento en la altura de plantas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) en asocio con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en monocultivo al final del ensayo. | 67 |
| Figura 10. Comportamiento de la variable altura de plantas de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) en asocio con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en monocultivo al final del ensayo. | 69 |
| Figura 11. Incremento de la variable área foliar de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) en asocio con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en Monocultivo al final del ensayo. | 72 |
| Figura 12. Comportamiento de la variable área foliar de tomate de árbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) en asocio con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>), Acacia (<i>Acacia decurrens</i>) y en Monocultivo. | 72 |
| Figura 13. Cultivo en callejones maíz (<i>Zea mays</i>) asociado con Quillotocto (<i>Tecoma stans</i>). | 74 |
| Figura 14. Registro de altura en Tomate de Arbol (<i>Cyphomandra betacea</i>) | 74 |

LISTA DE ANEXOS

| | pág. |
|---|-------------|
| Anexo A. Microcuenca “La Cofradía”, municipio de San Francisco, departamento del Putumayo. | 82 |
| Anexo B. Localización del municipio de San Francisco, Putumayo. | 83 |
| Anexo C. Análisis de suelos realizado en la finca “La Esperanza” en el mes de noviembre de 2001. | 84 |

GLOSARIO

ÁREA FOLIAR: el área foliar es un índice importante en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, a la vez que determina la acumulación de materia seca y el metabolismo de carbohidratos, Como indicador, este índice caracteriza el tamaño relativo del aparato asimilativo foliar constituyendo un elemento útil en la evaluación de diferencias entre plantas que resulten de factores genéticos, ambientales o por efecto de tratamientos, El área foliar puede ser medida con instrumentos sofisticados, como planímetros ópticos, o a través de métodos simples con la utilización de la relación entre área y peso.

BIOMASA: abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre o por organismos de un tipo específico. La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; cuando la materia viva se descompone o se degrada, la energía contenida en ella se libera.

CULTIVO EN CALLEJONES: es un sistema agroforestal que incluye el crecimiento de cultivos en callejones formados por árboles y arbustos. Durante el desarrollo de los cultivos, los árboles y arbustos son podados para prevenir el sombreamiento y la competencia y para utilizar los residuos de la poda como abono verde

FENOLOGÍA: estudio de los fenómenos biológicos de las plantas acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, floración, la maduración de frutos.

MATERIA ORGÁNICA: la fracción orgánica en el suelo se considera como el producto final de una serie de reacciones de descomposición las cuales producen un material química y biológicamente estable. Esta constituida por los compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo, especialmente material vegetal; es el resultado de un complejo numero de procesos de formación, característicos del medio en el cual se encuentra.

RODAL: agrupamiento de árboles u otras plantas que ocupando una superficie o terreno determinado es suficientemente uniforme en su especie, edad calidad o estado para distinguirse de otro

SETO: hileras de árboles dispuestos en medio de los cultivos, en un arreglo de cultivo en callejones, pueden ser dobles o sencillos dependiendo del sistema.

RESUMEN

El trabajo tuvo una duración de un año, se realizó en el área de influencia de la microcuenca la Cofradía, vereda el Diamante, Municipio de San Francisco, departamento del Putumayo, Finca la Esperanza, ubicada en las coordenadas geográficas N 01° 10' 43.6" W 76° 52' 49.9", a una altura sobre el nivel del mar de 2.240 m, una temperatura promedio de 15.19 ° C, una precipitación anual promedio de 1770 mm y una humedad relativa del 83 % , la zona de vida de acuerdo a la clasificación propuesta por Holdridge es bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB). Los suelos son Arcillo arenosos con altos contenidos de Materia Orgánica.

Se establecieron dos arreglos de cultivo en callejones, en el arreglo uno se asocio Quillotocto (*Tecoma stans*) con maíz (*Zea mays*) y Acacia negra (*Acacia decurrens*) con Maíz (*Zea mays*) y un monocultivo de *Z. mays* como parámetro de comparación. Las tres parcelas establecidas tuvieron un área de 1230 m² cada una. En estas se evaluó a través de un Diseño Día el rendimiento del cultivo, como respuesta a la aplicación de la biomasa aportada por las dos especies forestales asociadas, comparando los promedios de las variables numero de mazorcas por planta y peso de cien semillas con las del monocultivo y las asociaciones entre si; A si mismo se comparó la productividad de los sistemas en callejón frente al monocultivo a través del Rendimiento Equivalente de los Arreglos Agroforestales. El arreglo dos consistió en el establecimiento de tres parcelas con un área de 600 m² cada una, con asociación de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) con *T. stans* y *C. betacea* con *A. decurrens*, así mismo un monocultivo de *Cyphomandra betacea*. Se evaluó la incidencia de la aplicación de biomasa aportada en el desarrollo del cultivo a través de un Diseño Día, las variables evaluadas fueron altura de plantas y área foliar. Se comparó las dos asociaciones entre si y frente al monocultivo.

En el Cultivo de maíz, para el numero de mazorcas por planta en las asociaciones de Maíz con *T. stans*, Maíz con *A. decurrens* y para el Maíz establecido como monocultivo se obtuvieron promedios de 1.82, 2.36 y 2.18 mazorcas por planta respectivamente. Para la variable peso de cien semillas la evaluación hecha al final del ciclo determinó valores de 28.33 gr. para el maíz asociado con *T. stans*, 32.62 gr. para el maíz asociado con *A. decurrens* y 30.87 gr. para el maíz establecido como monocultivo.

En la variable número de mazorcas por planta no se observo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el testigo. Por ello se concluye que esta variable no se vio afectada por la fertilización realizada con el forraje de las especies forestales asociadas.

La variable peso de 100 semillas registro valores iguales estadísticamente entre el maíz asociado con *A. decurrens* y el maíz en monocultivo siendo los tratamientos superiores, El tratamiento dos (Maíz con *T. stans*) fue diferente e inferior a los demás tratamientos.

El rendimiento del cultivo fue de 2.081 Kg. / Ha en el sistema de monocultivo. En las dos asociaciones el rendimiento por hectárea fue de 2.012 Kg. /Ha para Maíz con *A. decurrens* y de 1.905 Kg. /Ha para Maíz asociado con *T. stans*. El índice equivalente de uso de la tierra fue de 0.96 para la asociación con *A. decurrens* y 0.91 para la asociación con *T. stans*.

La asociación de maíz (*Zea mays*) con especies forestales *T. stans* y *A. decurrens* tuvo menores rendimientos que el monocultivo, debido a que la biomasa aportada por las especies arbóreas no compensó la competencia ejercida por las mismas. Así mismo La disminución del número de plantas por área debido al espacio ocupado por los setos de las especies arbóreas disminuye notoriamente la producción, este aspecto podría cambiarse a lo largo del tiempo, al mejorar la cantidad y calidad de forraje aplicado al suelo.

En el Arreglo dos, para Tomate de árbol el análisis de crecimiento permite concluir que existió un mayor desarrollo de la altura en el tomate de árbol establecido como monocultivo, mientras que los menores registros de crecimiento se observaron en la asociación con *T. stans*. Se determinó que existió igualdad en la altura de plantas del tomate de árbol asociado con *A. decurrens* y el tomate de árbol en monocultivo, que además fueron superiores. El Tomate de árbol asociado con *T. stans* presentó diferencia e inferioridad frente a los demás tratamientos. Ello se debió, a la competencia ejercida por la especie forestal asociada debido a su sistema radicular medianamente profundo.

Para la variable área foliar en Tomate asociado con *T. stans* se obtuvo un incremento al final del periodo de evaluación de 1.04 m². Para el tomate de árbol asociado con *A. decurrens* existió un incremento de 1.24m² al final del ensayo, finalmente para el monocultivo el incremento fue de 1.38 m². Para esta variable se determino que existe igualdad entre el tomate que se desarrolló como monocultivo y el tomate en asociación con *A. decurrens* observándose en estos un mayor crecimiento en cuanto al área foliar se refiere, el tomate asociado con *T. stans* mostró inferioridad y diferencia frente a los demás tratamientos.

Los posibles factores que alteraron tanto la altura del tomate como el área foliar, en su asociación con *T. stans* son de forma directa la competencia ejercida por esta especie debido a su sistema de raíces (medianamente profundo). Este hecho también se presento en la asociación de esta especie con el cultivo de maíz, por lo que su uso en este tipo de arreglos estaría fuertemente limitado por este aspecto.

ABSTRACT

The work had a duration of one year, was carried out in the area of influence of the microcuenca "La Cofradía", sidewalk the Diamond, Municipality of San Francisco, department of Putumayo, farm the Esperanza, located in the geographical coordinates N 01° 10 ' 43.6 " W 76° 52 ' 49.9 ", to a height on the level of the sea of 2.240 m, a temperature average of 15.19 ° C, a precipitation annual average 2154 mm and a relative humidity of 83%, the area of life according to the classification proposed by Holdridge is forest very humid low montano (bmh - MB). The floors are sandy clay - with high contents of Organic Matter.

Two cultivation arrangements settled down in alleys, in the arrangement one you associates Quillotocto (*Tecoma stans*) with corn (*Zea mays*) and black Acacia (*Acacia decurrens*) with Corn (*Zea mays*) and a cultivate alone of *Z. mays* like comparison parameter. The three established parcels had an area of 1230 m² each one. In these it was evaluated through a Design Day the yield of the cultivation, as answer to the application of the biomass contributed by the two associate forest species, comparing the averages of the variables numbers of ears for plant and weight of a hundred seeds with those of the cultivate alone and the associations among if; To if same the productivity of the systems was compared in alley in front of the cultivate alone through the Equivalent Yield of the Arrangements Agroforestales. The arrangement two consisted on the establishment of three parcels with an area of 600 m² each a, with association of tree Tomato (*Cyphomandra betacea*) with *T. stans* and *C. betacea* with *A. decurrens*, likewise a cultivate alone of Tomato of Tree. The incidence of the application of biomass was evaluated contributed in the development of the cultivation through a design Day, the evaluated variables were height of plants and area to foliate. It was compared the two associations among if and in front of the cultivate alone.

In the Cultivation of corn, for the number of ears for plant in the associations of Corn with *T. stans*, Corn with *A. decurrens* and for the established Corn as cultivate alone averages of 1.82, 2.36 and 2.18 ears were obtained respectively by plant. For the variable weight of a hundred seeds the evaluation made at the end of the cycle determined values of 28.33 gr. for the corn associated with *T. stans*, 32.62 gr. for the corn associated with *A. decurrens* and 30.87 gr. for the established corn as cultivate alone.

In the variable number of ears for plant one doesn't observe significant statistical differences between the treatments and the witness. For it you concludes that this variable was not affected by the fertilization carried out with the forage of the associate forest species.

The variable weight of 100 seeds registration values equals between the corn associated with *A. decurrens* and the corn in cultivate alone being the superior treatments, The treatment two (Corn with *T. stans*) went different and inferior to the other treatments.

The yield of the cultivation was of 2.081 Kg. /ha in the cultivate alone. In the two associations the yield for hectare was of 2.012 Kg. /Ha for Corn with *A. decurrens* and of 1.905 Kg. /Ha for Corn associated with *T. stans*. The equivalent index of use of the earth was of 0.96 for the association with *A. decurrens* and 0.91 for the association with *T. stans*.

The association of *Zea mays* with forest species *T. stans* and *A. decurrens* had smaller yields that the cultivate alone, because the biomass contributed by the arboreal species didn't compensate the competition exercised by the same ones. Likewise The decrease of the I number of plants for area due to the space occupied by the hedges of the arboreal species it diminishes the production flagrantly, this aspect could be changed along the time, when improving the quantity and forage quality applied to the floor.

In the Arrangement two, for tree Tomato the analysis of growth allows to conclude that a bigger development of the height existed in the tomato of established tree as cultivate alone, while the smallest registrations of growth were observed in the association with *T. stans*. It was determined that equality existed in the height of plants of the tree tomato associated with *A. decurrens* and the tree tomato in cultivate alone that were also superior. The tree Tomato associated with *T. stans* presented difference and inferiority in front of the other treatments. It was owed it, to the competition exercised by the associate forest species due to their of roots system fairly deep.

For the variable area to foliate in Tomato associated with *T. stans* an increment was obtained at the end of the period of evaluation of 1.04 m². For the tree tomato associated with *A. decurrens* an increment existed from 1.24m² to the end of the rehearsal, finally for the cultivate alone the increment was of 1.38 m².

For this variable you determines that equality exists among the tomato that was developed as the cultivate alone and the tomato in association with *A. decurrens* being observed in these a bigger growth as for the area to be foliated, the tomato associated with *T. stans* showed inferiority and he/she differs in front of the other treatments.

The possible factors that altered the height of the tomato like the area so much to foliate, in their association with *T. stans* are in a direct way the competition exercised by this species due to their system of roots. This fact you also presents in the association of this species with the cultivation of corn, for what its use in this type of arrangements would be strongly limited for this aspect.

INTRODUCCIÓN

El desconocimiento del uso, manejo y potencialidades de los recursos naturales presentes en el municipio de San Francisco, Putumayo por parte de los agricultores los cuales basan su economía en la explotación del suelo, mediante la producción de cultivos limpios, ampliación de la frontera agropecuaria y aplicación de modelos productivos existentes, ha generado una problemática ambiental en la zona, caracterizada por la desestabilización de taludes, erosión, degradación de los suelos, sedimentación e inestabilidad de las fuentes hídricas.

La capacidad de los árboles para restaurar y conservar la fertilidad del suelo se puede ilustrar con las experiencias de muchos países en desarrollo, que indican que la mejor manera de proteger y recuperar tierras degradadas es mediante un tipo de uso del suelo basado en el árbol, como los sistemas agroforestales

Para los habitantes del municipio de San Francisco la práctica agroforestal basada en el cultivo en callejones es una alternativa innovadora en el manejo de los suelos, ya que hasta el momento no se han desarrollado estudios en este campo convirtiéndose este, en el primer trabajo práctico desarrollado en la región.

El desarrollo de este proyecto se enmarcó dentro de las actividades financiadas por el plan estratégico para la protección y establecimiento de bosques en el Sur de la Amazonía, Plan Verde, cuyo principio fundamental es disminuir el impacto generado en el proceso de transformación y degradación de los ecosistemas, proponiendo alternativas de buen uso de los suelos y contribuyendo a la solución de problemas ambientales existentes.

La presente investigación se basó en la evaluación de un cultivo en callejones mediante la asociación de Acacia negra (*Acacia decurrens*) y Quillotocto (*Tecoma stans*) con cultivos agrícolas propios de la región; tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) y maíz (*Zea mays*), teniendo como parámetros de comparación monocultivos de cada una de las especies agrícolas mencionadas.

Como objetivos tuvo, establecer y evaluar en su fase inicial, el comportamiento de Maíz (*Zea mays*) y Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociados con Acacia (*Acacia decurrens*) y Quillotocto (*Tecoma stans*) en un arreglo de cultivo en callejones, en la microcuenca “La Cofradía”, Municipio de San Francisco, Departamento del Putumayo, Evaluar los componentes de rendimiento en el cultivo de maíz (*Zea mays*) en las parcelas establecidas, Evaluar variables de crecimiento y desarrollo en el cultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en las parcelas establecidas y Cuantificar el rendimiento equivalente de los arreglos agroforestales con maíz, para comparar las producciones con las del monocultivo.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 SISTEMAS AGROFORESTALES

1.1.1 Definiciones. Nair, manifiesta que:

La Agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas y tecnologías de uso de la tierra, donde los perennes leñosos son usados deliberadamente en las mismas unidades de tierra junto con cultivos agrícolas y/o animales en alguna forma de arreglo espacial o secuencial temporal. En los sistemas agroforestales hay interacciones ecológicas y económicas entre los diferentes componentes. Así mismo, afirma que Agroforestería es un sistema de manejo sostenido de la tierra, que incrementa el rendimiento de ésta y combina la producción de cultivos y plantas forestales y/o animales, simultánea o consecutivamente, en la misma unidad de terreno, y aplica prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local¹.

1.1.2 Beneficios de los sistemas agroforestales. Muñoz y Tulcán afirman que: “no es recomendable sobre promocionar los beneficios de la Agroforestería para no perder la confianza del agricultor en el caso en que la plantación no cumpla, por alguna razón, con los beneficios planteados”².

Sin embargo, los mismos autores manifiestan que hay ciertos beneficios que si se pueden garantizar y clasificar en tres áreas:

- La conservación y mejoramiento de las características biofísicas del suelo.
- El mejoramiento del microclima en las áreas de producción o vivienda.
- Diversificación de productos.

1.1.3 Importancia de los sistemas agroforestales en el manejo de las cuencas hidrográficas. Preisig y Espinoza, manifiestan que:

El componente arbóreo en agroecosistemas ofrece una serie de ventajas para el uso adecuado de las cuencas. Las especies utilizadas en Agroforestería deben ofrecer múltiples beneficios y no tener muchos

¹ NAIR, R. Agroforestería. México: Universidad autónoma de Chapingo, 1997. p. 15.

² MUÑOZ, D. y TULCÁN, L. Establecimiento de coberturas forestales en la microcuenca quebrada Juan Dayan, veredas Botana y Bella vista, municipio de Pasto. San Juan de pasto, 1999, 161 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas. p. 32.

requisitos de cuidado y manejo. Además, deben ser resistentes a enfermedades, vientos y eventos climáticos extremos e integrarse armónicamente con los sistemas existentes. Tanto las especies nativas como las exóticas pueden ofrecer una cobertura vegetal apropiada. Algunas especies forestales tienen la propiedad de incorporar nitrógeno al suelo, a través de microorganismos generados especialmente a nivel radicular que fijan este elemento. Esas especies forestales se usan en combinación con prácticas de conservación de suelos para fomentar su fertilidad, lo que incentiva la concentración de la agricultura en zonas aptas y reduce la ampliación de la frontera agrícola

El follaje y las ramas tiernas de los árboles son utilizados como abono. Se incorporan al suelo unos meses antes de la siembra, para aumentar la materia orgánica e incrementar la productividad. Esta técnica mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la capacidad de infiltración y disminuye el riesgo de erosión.

En las zonas andinas, la implementación de sistemas agroforestales es un componente importante en el manejo integral de cuencas para la rehabilitación y conservación de los recursos suelo y vegetación. Los sistemas agroforestales, establecidos conjuntamente con obras de conservación de suelos son una buena alternativa a la reforestación masiva, que a menudo no se adecua a las condiciones sociales y ecológicas de las zonas altas andinas. Aparte de los beneficios productivos que la Agroforestería ofrece al pequeño agricultor, los sistemas agroforestales adecuadamente establecidos cumplen importantes funciones dentro del manejo integral de cuencas:

- ✓ Contribuyen al ordenamiento del espacio y a la planificación de las fincas, apoyando la concentración del uso agrícola en zonas aptas para la agricultura; coadyuvan a la conservación de suelos, sobre todo cuando se combinan con obras mecánicas de conservación.
- ✓ Mejoran la estructura de los suelos, incrementando la capacidad de infiltración y disminuyendo su erodabilidad.
- ✓ Sirven como técnica para el manejo de aguas en las cabeceras de cárcavas y en las áreas adyacentes de taludes³.

Según Nair:

³ PREISIG Andrea y ESPINOZA Herbert. Sistemas agroforestales para el manejo de cuencas en zonas Andinas. En: Agroforestería en las Américas. Vol.5. No. 20 (Oct-Dic. 1998). p.11.

Los sistemas agroforestales como alternativa de producción en zonas de influencia de cuencas hidrográficas, se han sugerido como una opción tecnológica que puede no solo reducir las presiones sobre los recursos naturales de estas áreas, sino que también mejorar los estándares de vida de la población rural que vive alrededor de estas zonas, además tiene un potencial considerable como alternativa importante del manejo del suelo para su conservación y la de su fertilidad y productividad en los trópicos. Las observaciones de las interacciones en los ecosistemas naturales han identificado un número de criterios que apoyan la importancia de los sistemas agroforestales como alternativa de producción en las áreas de influencia de cuencas hidrográficas⁴.

A diferencia de los sistemas agrícolas un sistema agroforestal es un sistema relativamente cerrado en términos de transferencia, almacenamiento y reciclaje de nutrientes.

La conversión de los sistemas naturales a sistemas agrícolas arables, conduce a una disminución de la fertilidad y una degradación de otras propiedades del suelo, a menos que se tomen medidas correctivas y preventivas apropiadas, entre las cuales se cuentan los distintos arreglos agroforestales.

Por otra parte, el mismo autor manifiesta basándose en la evidencia de los sistemas actuales de uso de la tierra que incluyen árboles que algunas hipótesis, respecto a los efectos de la Agroforestería en particular son:

- ✓ **Mantenimiento o aumento de materia orgánica.** Se crea una de las principales vías de adición de materia orgánica a los suelos por medio de los árboles a través de la continua degeneración o por desprendimiento de las raíces de los árboles en pie.
- ✓ **Fijación de Nitrógeno.** Esto ha sido probado de dos formas, indirectamente, mediante estudios de equilibrio del nitrógeno del suelo y directamente por observación de la nodulación con bacterias del genero *Rhizobium* e incluso con hongos actinomicetos del genero *Frankia*.
- ✓ **Extracción de nutrientes.** En general, los árboles son más eficientes que las plantas herbáceas en tomar nutrientes liberados por el desgaste de los horizontes más profundos del suelo; el potasio, fósforo, bases intercambiables y micronutrientes son liberados por desgaste de rocas y particularmente en los horizontes B/C y C del suelo que de manera frecuente son penetrados por las raíces de los árboles.

⁴ NAIR, Op.cit., p. 305.

✓ **Protección de la erosión.** El efecto más serio de la erosión es la pérdida de materia orgánica y nutrientes del suelo, así como la consecuente reducción del rendimiento del cultivo. La cubierta forestal reduce la erosión a niveles bajos, principalmente mediante la cubierta de hojarasca de la superficie y de la vegetación de las subcapas, también puede emplearse árboles y arbustos, con un arreglo y manejo apropiados como barreras para el control de la erosión (cultivo en callejones).

Según Hernández y Forero:

los bosques son las entidades vegetales más eficientes para realizar las tareas de intersección, infiltración, almacenamiento temporal de agua y regulación de caudales. Por esta razón también son las mejores defensas contra la erosión. La cobertura vegetal que se encuentra en una cuenca hidrográfica, cumple una función importante en el ciclo hidrológico, ya que regula y mantiene el caudal y la calidad de agua en cada una de las quebradas que pasan por los diferentes predios⁵.

1.2 CULTIVO EN CALLEJONES

Montagnini, afirma que:

Este tipo de plantaciones consisten en la asociación de árboles o arbustos (generalmente fijadores de nitrógeno) intercalados en franjas con cultivos anuales; los árboles o arbustos se podan periódicamente para evitar que se produzca sombras sobre los cultivos y para utilizar los residuos de la poda como abono verde para mejorar la fertilidad del suelo, y como forraje de alta calidad, un beneficio adicional es el control de malezas. Las especies forestales seleccionadas deben tener buena capacidad de rebrote, follaje de alta calidad y tolerancia a la poda⁶.

Nair, manifiesta que:

El cultivo de callejones es una tecnología agroforestal promisoría para los trópicos húmedos que ha sido desarrollada durante la década pasada. Esta tecnología asegura el crecimiento de cultivos herbáceos entre los setos de árboles y arbustos, preferiblemente leguminosas. Los setos son podados periódicamente para impedir la sombra sobre los

⁵ HERNÁNDEZ, A. y FORERO, F. Zonificación forestal y plan general de ordenamiento de los bosques del municipio de San Francisco, Departamento del Putumayo. Tolima, 2001, 168 p. Trabajo de grado (Ingeniería Forestal). Universidad del Tolima. p.32.

⁶ MONTAGNINI, F. *et al.* Sistemas agroforestales: Principio y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica: *s.n.*, 1.992. p. 75.

cultivos en crecimiento y para proveer biomasa que incorporada al suelo mejora el estado nutricional y las propiedades físicas del mismo. El trabajo pionero en esta tecnología fue iniciado en Nigeria por Kang y colaboradores a principios de los ochenta. El principio científico fundamental de esta tecnología es que reteniendo continuamente árboles y arbustos de rápido crecimiento sobre tierras de cultivo sus atributos de mejoramiento del suelo crean condiciones similares a aquellas de la fase de barbecho en la agricultura migratoria⁷.

1.2.1 Aporte de nutrientes. Marroquín, manifiesta que:

El aporte de nitrógeno a partir de las perennes leñosas, es decir la cantidad de este elemento disponible por la descomposición de la biomasa agregada al suelo, es la fuente más importante de nitrógeno para los cultivos agrícolas en los sistemas de cultivo en callejones no fertilizados. Obviamente la cantidad de nitrógeno agregado varía y se correlaciona en gran parte con la producción de biomasa de los árboles, que a su vez depende de las especies elegidas, del manejo y de los factores específicos del sitio⁸.

Al respecto algunos datos de estudios, reportados por Nair⁹ indican que: “El rendimiento anual de nitrógeno de los setos de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*), cortado aproximadamente cada 8 semanas fue de 45 Kg. por metro cuadrado de seto. Si los setos se plantaban a 5 m de distancia entre ellos, esto totalizaba 90 Kg de N/ha/año”.

Fassbender argumenta que:

Un estudio realizado para evaluar el papel de los árboles en los sistemas de agricultura tradicional de México Central ilustra la influencia potencial de los árboles sobre la fertilidad del suelo. Las propiedades de la superficie del suelo se midieron a distancias crecientes de dos especies de árboles, capulí (*Prunus capuli*) y sabino (*Juniperus deppeana*) que se encontraron dentro de campos de maíz. Se encontraron valores superiores de todas las propiedades medidas bajo los doseles de capulí, y se observó un gradiente que disminuía al incrementar la distancia de los árboles. El fósforo disponible aumentó de

⁷ NAIR, Op.cit., p. 141.

⁸ MARROQUIN, F. Evaluación de la propagación vegetativa y producción de biomasa foliar de matarratón (*Gliricidia sepium*) en el valle del Patia. Pasto, 1995, 67 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. p. 113.

⁹ NAIR, Op.cit., p. 141.

cuatro a siete veces bajo los árboles y los totales de carbón y potasio aumentaron dos a tres veces; el nitrógeno, el calcio y magnesio aumentaron de uno y medio veces a tres y la capacidad de intercambio catiónico aumentó de uno y medio a dos veces. También se encontró que el pH del suelo era mayor bajo los doseles. Este patrón espacial se atribuyó fundamentalmente a la redistribución de nutrientes con la caída de las hojas y la acumulación de materia orgánica cerca de los árboles de capulí¹⁰.

Sánchez, Afirma que:

Los árboles también pueden mejorar las propiedades físicas del suelo, siendo la estructura del suelo la más importante. La estructura mejora como resultado del incremento de materia orgánica (hojas y raíces), de la acción disociadora de las raíces de los árboles y la actividad de los microorganismos, todos los cuales ayudan a desarrollar agregados del suelo más estables. La temperatura del suelo se modera por la sombra y la cubierta de la hojarasca¹¹.

1.2.2 Efectos sobre los rendimientos del cultivo. Nair argumenta que:

El criterio más ampliamente usado para evaluar la conveniencia del cultivo en callejón, es el efecto de esta práctica sobre los rendimientos del cultivo. De hecho, la mayor parte de los experimentos de cultivo en callejón producen datos sobre el rendimiento del cultivo, y estos se derivan generalmente de los experimentos conducidos por un periodo relativamente corto. Muchos experimentos han producido resultados promisorios, en el sur de Nigeria, sobre suelos arenosos conducido por *Kang, et al* mostró que solo usando podas de *L. leucocephala*, el rendimiento de maíz se podía mantener a un nivel razonable de 2 ton / ha en contra de 0.66 ton / ha, sin las podas de *Leucaena*, ni el uso de fertilizante. Al complementar las podas con 80 Kg. de N / ha aumento el rendimiento de maíz a 3 ton / ha. Desafortunadamente el efecto del uso de fertilizante sin la adición de podas de *Leucaena* no fue probado¹².

El mismo autor afirma que: “en un estudio conducido en Filipinas en 1985 O’ sullivan reportó que cuando el maíz fue intercalado con *L. leucocephala* se obtuvieron rendimientos de 2.4 ton / ha con fertilizante y 1.2 ton /ha sin fertilizante

¹⁰ FASSBENDER, H. Modelos Edafológicos de sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica : Centro Agronómico Tropical de Investigación y de Enseñanza, 1993. p. 58.

¹¹ SANCHEZ TELLEZ, M. Cultivo en callejones: sistema alternativo de producción sostenible en zona de ladera del oriente Caldense. : CORPOICA Regional nueve, 1999. p.19.

¹² NAIR, Op.cit., p. 149.

los rendimientos correspondientes para el maíz cultivado sin *L. leucocephala* fueron 2.1 ton /ha y 0.5 ton /ha respectivamente”.

Al respecto de los rendimientos, Navia reporta los siguientes resultados en un periodo de tres años:

Al inicio del ensayo el suelo presentaba un porcentaje de materia orgánica de 3.1 %, densidad aparente de 1,5 a 1,6 gr./cm³, porcentaje de poros de 33 a 36 %, resistencia a la penetración a una profundidad de 10 cm de 20 PSI; registrando una producción de 3.1 t/ha de maíz (*Zea mays*). Al final del ensayo se registro un incremento en la materia orgánica del 0.5% producto de la incorporación al suelo de la biomasa aportada por el Matarratón (*Gliricidia sepium*) con lo cual se mejoro la densidad aparente en 0.2 gr./cm³, al disminuirla de 1.5 gr./cm³ a 1.3 cm³, lo que significo un aumento en el porcentaje de poros que oscilo entre el 1 y el 7 %.

La incorporación del Matarratón (*Gliricidia sepium*) genero una resistencia a la penetración a 30 cm de profundidad de 24 a 12 PSI.

La producción de maíz se incremento gradualmente de 3.1 t/ha a 5.0 t/ha. Al final del ensayo.

Los aportes de biomasa registrados por Matarratón (*Gliricidia sepium*) en un análisis hecho en el valle del Patía, Colombia fueron en promedio de 2,43 Kg por árbol / poda.

El anterior ensayo demostró que con la incorporación del Matarratón (*Gliricidia sepium*) se logró mejorar las condiciones del suelo y mantener la producción de maíz (*Zea mays*) solo con el aporte de la biomasa de *G. sepium*¹³.

Kass, Jiménez y Schlonvoigt afirman que:

El cultivo en callejones ha sido criticado como una tecnología de poca aceptación y poco potencial como alternativa viable y sostenible para pequeños agricultores. Sin embargo, los mismos que la critican admiten que en algunas situaciones el cultivo en callejones ha funcionado. Existen modificaciones que se pueden realizar para aumentar su productividad y su sostenibilidad. Es la siembra de cultivos anuales en los espacios o callejones entre líneas de árboles; generalmente de

¹³ NAVIA ESTRADA, J. Producción de maíz en un cultivo en callejones con matarratón (*Gliricidia sepium*), Informe final. Palmira, Colombia: CORPOICA, 1.999. p. 38.

crecimiento rápido y fijadores de nitrógeno, que son podados a intervalos regulares para evitar competencia con los cultivos, proveer biomasa que suple nutrientes a los cultivos y suprime el crecimiento de las malezas. El sistema presenta la asociación simultánea de barbecho mejorado y cultivo en el mismo terreno. Fue utilizado en diversos experimentos en África, Asia y América Latina, principalmente con *Leucaena* y maíz. La experiencia generada tanto en estaciones experimentales como en el campo con agricultores, generó las siguientes conclusiones:

- La competencia subterránea entre árboles y cultivos era más grande de lo que se esperaba, especialmente en suelos pobres y sitios con escasez de lluvia. Las podas realizadas para reducir la competencia sobre la superficie no fueron muy eficientes para reducir la competencia subterránea.
- La cantidad de nutrientes reciclados por el material podado no era suficiente para satisfacer las necesidades de los cultivos. Esta situación ocurrió más frecuentemente en suelos pobres, donde la producción de biomasa de los árboles era baja y donde el fósforo era un elemento limitante.
- Los rendimientos de cultivos en callejones no superaron los de monocultivos. Los nutrientes liberados, especialmente nitrógeno, de la biomasa de los árboles no estaban disponibles cuando los cultivos los necesitaron.
- El sistema requería de una mayor cantidad de mano de obra de lo contemplado, llegando a ser una limitante, especialmente donde el precio del fertilizante nitrogenado era más bajo.
- El sistema mejoró la calidad de los suelos en la mayoría de los casos, aumentando cantidades de materia orgánica, bases intercambiables y propiedades físicas.

La conclusión de todos estos resultados según los mismos autores fue que el cultivo en callejones tendría más posibilidades de éxito y ofrecería mayores ventajas a los usuarios en las siguientes situaciones:

- ✓ Suelos fértiles sin limitantes de nutrientes.
- ✓ Áreas de pendiente con peligro de erosión.
- ✓ Cantidades de lluvia adecuadas durante el período de cultivo.

- ✓ Alta disponibilidad de mano de obra y una baja disponibilidad de recursos financieros¹.

1.3 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE LA MICROCUENCA “LA COFRADÍA”

| | | |
|----------------------------------|---|-----------|
| Perímetro | : | 4.350 m. |
| Área | : | 88.37 Ha. |
| Longitud Axial | : | 1.8 Km. |
| Ancho promedio | : | 490.96 m. |
| Coefficiente de Compacidad (Kc.) | : | 1.30 |

Lo anterior indica que la microcuenca “La Cofradía” es de forma oval redonda a oval oblonga, con una susceptibilidad media a crecidas. (Anexo A).

1.3.1 Hidrología e Hidrografía. Santacruz y Zambrano afirman que: “La microcuenca “La Cofradía” tiene su nacimiento en la vereda Diamante del municipio de San Francisco, a los 2.540 msnm. posee un cauce principal y 10 drenajes, es afluente del río San Francisco”¹⁵.

1.3.2 Zona de vida. Hernández y Forero afirman que: “de acuerdo con la clasificación de zonas de vida propuesta por Holdridge La microcuenca pertenece al bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB), La unidad forestal predominante en el área es de vocación plantación protectora – productora”¹⁶.

1.3.3 Suelos. Los suelos se caracterizan por altos contenidos de Nitrógeno y Carbono, pobremente drenados y de alta retención de humedad.

De acuerdo al análisis de suelos realizado en el laboratorio de la Universidad de Nariño, en el mes de noviembre de 2001 (Anexo B), el grado textural corresponde a arcillo – arenoso que conjuntamente con la densidad aparente permiten concluir que no son suelos pesados, En cuanto al pH son suelos ácidos, El contenido de Materia orgánica es alto, sin embargo la relación carbono / nitrógeno señala que la materia orgánica se descompone muy lentamente, hecho que puede deberse a factores como bajas temperaturas, falta de drenajes, falta de microorganismos descomponedores de la misma.

¹ KASS D.; JIMENEZ J. y SCHLONVOIGT, A. Como hacer el cultivo en callejones mas productivo aceptable y sostenible a pequeños agricultores. En: Agroforestería en las Américas. Vol. 4, no.14 (Abril – Junio 1997). p. 14 - 18.

¹⁵ SANTACRUZ, L. Y ZAMBRANO, L. Proyecto Revegetalización de la microcuenca “La Cofradía” en el municipio de San Francisco, Putumayo. San Francisco, Putumayo : s.n., 2.001. p. 17.

¹⁶ HERNANDEZ y FORERO, Op.cit., p. 79.

La alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) indica gran capacidad potencial de suministro y reserva de cationes cambiables como Ca, Mg, Na y K. Se presentan datos de fósforo cambiante altos, debido al continuo proceso de abonamientos realizados por el agricultor.

Respecto al calcio de cambio, magnesio de cambio y potasio los niveles presentados son medios y bajos respectivamente.

Las formas de erosión más acentuadas son: hundimientos, desprendimientos y reptaciones.

Santacruz y Zambrano manifiestan que: “El uso actual del área de influencia de la microcuenca “La Cofradía”, es contrario al uso que debería dársele, por ser ésta de acuerdo a sus características biofísicas un área de vocación forestal”¹⁷.

1.3.4 Aspecto Social. Santacruz y Zambrano manifiestan que:

El área La microcuenca “La Cofradía” se ubica en un 90% en la vereda Diamante, ubicada al oriente del casco urbano del municipio y un 10 % en el casco urbano del municipio en los barrios San Judas, El carmen, y Almirante Padilla hasta su desembocadura en el río San Francisco.

Los terrenos son utilizados con fines de producción pecuaria (ganadería bovina), principalmente y en menor escala con fines agrícolas, siendo los principales cultivos: frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Se encuentra sometida a una presión antropica, sobre todo en sus partes altas, trayendo como consecuencia la disminución progresiva de su caudal en tiempo de verano e inundaciones en invierno, con todas las repercusiones sociales y económicas que esto conlleva, como la pérdida de cultivos e incremento en los costos de producción, problemas sanitarios, pérdida de infraestructura vial y de vivienda, presenta deterioro por el actual manejo inadecuado del suelo, ampliación de la frontera agrícola y ganadera, deforestación, sobrepastoreo, situaciones que vienen incidiendo gravemente sobre los 3.000 habitantes del sector urbano y rural¹⁸.

¹⁷ SANTACRUZ y ZAMBRANO, Op.cit., p. 20.

¹⁸ Ibid., p.17.

1.4 DESCRIPCIÓN DE ESPECIES

1.4.1 Acacia Negra (*Acacia decurrens*). Erazo y Rodríguez detallan a la acacia de la siguiente manera:

Familia: Mimosáceae

Especie: (*Acacia decurrens*)

Otros nombres: acacia negra, Acacia gris

Es nativa de zonas de altura de Australia, Se desarrolla entre 2.000 a 3.000 msnm, con temperaturas que oscilan entre los 10 ° C y 25 ° C y con precipitaciones de 900 a 2.700 mm anuales, soporta suelos pobres y áridos¹⁹.

- **Aspectos Botánicos.** Giraldo manifiesta que:

Es un árbol de 10 metros de altura aproximadamente, su tronco posee corteza lisa y oscura; la ramificación empieza a un metro, su copa es de forma redondeada, el follaje color verde mate, hojas recompuestas alternas. Sus flores son redondas de color amarillo agrupadas; sus frutos de color pardo rojizo con varias semillas. Hay 75.000 semillas por Kilo, que pueden conservarse por varios años deben dejarse en remojo en agua fría por 12 horas y posteriormente tratarse con agua casi a temperatura de ebullición (90°C) durante tres minutos, puede practicarse siembra directa al voleo (2.5 Kg. por hectárea). Se trasplantan cuando alcanzan 20 cm. de alto. Su alto consumo de agua puede reseca el suelo y hacer daño a los cultivos sembrados cerca.

Usos. Existen plantaciones industriales de *A. decurrens* destinadas principalmente a la producción de taninos presentes en la corteza en grandes proporciones, la madera da una leña excelente, así como un carbón de alta calidad, de igual forma se utiliza como cortina rompavientos debido a su copa densa; Es una buena fijadora de nitrógeno (hasta 250 Kg. / Ha / año), así que se usa para proteger y regenerar suelos degradados y erosionados de ladera, puede producir hasta 20 toneladas de materia verde por hectárea, por año. La importancia de esta especie radica en los diferentes usos que proporciona como cerca viva, forraje en tiempos de escasez y especie fijadora de nitrógeno a través de la nodulación profusa con cepas de *Bradyrhizobium*, se han informado tasas de hasta 200 Kg. de N₂ por Ha

¹⁹ ERAZO, C. y RODRÍGUEZ, C. Estudio preliminar del establecimiento de un arreglo multiestrato con *A. decurrens*, *T. stans* y *Rubus sp.* Pasto, 2002, 142 p. Trabajo de grado (Ingeniería agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 53.

por año de igual forma se recomienda para la recuperación de suelos y control de la erosión²⁰.

Erazo y Rodríguez²¹, en un estudio hecho durante tres meses, en el que se evaluó algunas variables de crecimiento, en un sistema multiestrato utilizando *A. decurrens* en asocio con Quillotocto (*Tecoma stans*) y Mora (*Rubus sp*), determinaron que el porcentaje de sobrevivencia de la acacia osciló entre 90 y 92 %, y el incremento mensual de altura fue en promedio de 7 cm. Las características principales del forraje de *A. decurrens*, son reportadas por los mismos autores. Materia seca 35.04 %, Materia orgánica 95.97%, Proteína cruda 17.75 %, Celulosa 21.97%, Hemicelulosa 8.58, Calcio 0.74%, Magnesio 0.13 %, Fósforo 0.27%.

Fernández manifiesta que:

En estudios preeliminares que se han realizado se ha encontrado que esta especie puede tener potencial para el desarrollo en sistemas silvopastoriles en clima frío, debido a su buena adaptación, su acelerado crecimiento y su alta producción de biomasa comestible de alta calidad (entre 784 y 2223 g / árbol) de materia seca fina (MSF) o fracción digerible por los animales para cortes a 12 y 24 meses de edad respectivamente, lo que permitiría remplazar al menos en parte el concentrado suministrado a los animales²².

Su asociación a otras especies se ha dado sobre todo en arreglos silvopastoriles, como bancos de proteína y pastoreo en callejones, no se reporta hasta el momento su uso en un cultivo en callejones, sin embargo sus características como alta fijación de nitrógeno, alta producción de biomasa de alta calidad, crecimiento rápido y buena capacidad de rebrote potencializan su uso en otro tipo de asociaciones.

1.4.2 Quillotocto (*Tecoma stans*). Erazo y Rodríguez describen al Quillotocto de la siguiente manera:

Familia: Bignoniácea
Especie: *Tecoma stans* (Linnaeus)
Otros Nombres: Chirlovirlo, Chicala, Flor amarillo.

²⁰ GIRALDO, Luis Alfonso. Consorcio para la investigación y desarrollo de sistemas silvopastoriles: Potencial de la Arborea *A. decurrens* como componente en sistemas silvopastoriles en el clima frío de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1999. p. 19.

²¹ ERAZO y RODRIGUEZ, Op.cit., p.53.

²² FERNÁNDEZ, J. *et al* . Consorcio para la investigación y desarrollo de sistemas silvopastoriles: Uso de la *A. decurrens* como suplemento alimenticio para vacas lecheras, en clima frío de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1999. p. 12.

En Colombia se observa entre 1600 y 2700 msnm. Sus zonas de vida son: bosque húmedo montano bajo (bh-MB), bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB), a una temperatura de 12 a 24° C, precipitación de 1000 a 2000 mm / año, exige suelos profundos, bien drenados, su propagación se realiza por semilla y por estaca, germina aproximadamente a los 50 días, el árbol puede llegar hasta los 15 metros de altura²³.

Ayte y Narváez, afirman que: “el Quillotocoto presenta un 70,6% de humedad, 29,94% de materia seca, un 23,13% de fibra cruda, un 12,66% de proteína cruda y 1,20% de calcio, materia orgánica 93.60 %, celulosa 26.58 %, Hemicelulosa 5.94 %. Fósforo 0.46 %, Magnesio 0.21 %”²⁴.

- **Aspectos Botánicos.** Los mismos autores, afirman que:

Es un árbol pequeño que no sobrepasa los 10 metros de altura, con una copa de forma por lo general esférica y conformada por un follaje notablemente denso, sobre todo durante la estación lluviosa, el tronco es por lo general de forma muy irregular son muy raros los individuos con un tronco perfectamente cilíndrico, las hojas son muy características por ser compuestas imparapinadas y opuestas, de 10 a 15 cm de largo con cinco a once folíolos perfectamente opuestos y grandes con relación a la totalidad de la hoja, las hojas poseen la particularidad de que se distribuyen a casi todo lo largo de las ramas jóvenes, lo cual explica que sea un árbol de follaje tan denso y compacto, el follaje cae parcialmente en el periodo de maduración de las semillas y a los dos meses se renueva.

Las flores, de color amarillo intenso, en algunos individuos casi anaranjadas, con finas líneas de color rojizo en el interior de la corola. Los frutos son unas cápsulas alargadas y delgadas muy semejantes a las vainas comunes, estos frutos se abren longitudinalmente para dejar salir más de 100 semillas por fruto. La ramificación se produce hacia los 50 cm de altura, la floración se lleva a cabo durante la época de lluvias en racimos terminales densos. Las semillas son aladas y se hallan en un número aproximado de 200.000 a 250.000 por kilo y su porcentaje de germinación es del 70%. La raíz principal es pivotante, medianamente profunda, latentes, cortas y ramificadas”²⁵.

²³ ERAZO y RODRIGUEZ, Op.cit., p. 65.

²⁴ AYTE CALVACHE, J. y NARVÁEZ PARRA, C. Evaluación del valor nutritivo de forrajes, Chilca (*Brachiaria latifolia*), Guarango (*Caesalpinia espinosa*) y Quillotocoto (*Tecoma stans*) en la etapa de levante cuyes (*Cavia porcellus*). San Juan de pasto, 1999, 112 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias. p.38.

²⁵ Ibid., p. 65.

- **Usos.** Zambrano, e Ibarra afirman que:

Su principal uso es ornamental, es una especie melífera de floración llamativa, lo que permitiría emplearla como cerca viva por la atracción a insectos chupadores (vectores de virus), de igual forma se reportan usos para la producción de varas para tutores, soportes y espalderas en hortalizas o cultivos que lo requieran. El sistema de raíces que desarrolla, en pocos años forman una efectiva red subterránea capaz de amarrar y estabilizar los terrenos deforestados y susceptibles a la erosión²⁶.

Jaramillo y Jiménez manifiestan que:

El Quillotoco es una de las especies mas estudiadas, en cuanto a nutrición animal de especies menores se refiere, observándose consumos superiores al 4 % de la dieta diaria en cabras, esto debido a su alto contenido de proteína, las hojas, raíces y corteza tienen propiedades medicinales.

No se reporta en la actualidad su uso en un cultivo en callejones, sin embargo su alto contenido de proteína en el forraje, su capacidad de rebrote y producción de biomasa permiten considerarlo para su utilización en este tipo de arreglos²⁷.

1.4.3 Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*). Castillo y Villota, afirman que:

El tomate de árbol pertenece a la familia Solanácea, Su nombre científico es *Cyphomandra betacea* (cav), Tiene una amplia distribución en Valles interandinos y estribaciones de cordilleras de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú. Desde los 1.500 hasta 2.600 msnm, con temperaturas promedio de 16 a 22° C, humedad relativa del 75%. Y una precipitación pluvial bien repartida de 1500 a 1800 mm.

Es un árbol que puede alcanzar 3 m de altura, con hojas cordiformes grandes en crecimiento (30-40 cm de largo) y más pequeñas cuando ha entrado en producción (20 cm). El fruto es de piel lisa y brillante, de color variable (morado, rojo, amarillo, anaranjado, listado), la forma más común es elipsoide puntiaguda, pero puede ser ovoide, esférica, entre otras de acuerdo con el ecotipo o cultivar. La pulpa es anaranjada, hacia

²⁶ ZAMBRANO, J e IBARRA, J. Identificación y establecimiento de algunas especies arbóreas para el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, dentro del proyecto Unidad Ambiental y recreativa Pastusidad para el tercer milenio. Pasto, 2001, 153 p. Trabajo de grado (Ingeniero agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. p. 89.

²⁷ JARAMILLO, Y. y JIMENEZ, J. Evaluación nutricional de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Pasto : s.n., 2000, p 36.

la placentación de las semillas puede ser incolora, anaranjada, morada; es jugosa, agrídulce, de buen sabor. Se consume en jugo, mermelada, jaleas, postres, además posee aplicaciones medicinales²⁸.

Es susceptible a enfermedades producidas principalmente por (*Colletotrichum sp.*), (*Phytophthora sp.*), (*Alternaria sp.*), (*Sclerotinia sp.*), (*Botrytis sp.*), (*Oidium sp.*), (*Pseudomonas solanacearum*), (*Cercospora sp.*), (*Phoma sp.*); Las plagas que inciden notoriamente en el cultivo son entre otras (*Leptoglossus zonatus*), (*Podischnus agenor*), (*Ancognata sp.*), (*Margarodes sp.*), (*Trigona trinidadensis*), Pudrición radicular (*Esclerotium sp.*), Mosca de la fruta (*Anastrepha sp.*) y el picudo o barrenador del tallo (*Faustinos sp.*), babosa (*Deroceras sp.*) nemátodos, ácaros y varias especies de áfidos²⁹.

La misma autora afirma que La floración se inicia a partir de los ocho meses y la primera cosecha puede esperarse a los doce o trece meses después de establecido el cultivo, el cultivo es más productivo durante los 3 primeros años, alcanzando rendimientos entre 40.000-50.000 Kg. / ha / año.

Sañudo *et al.*, manifiestan que: “La propagación del tomate de árbol puede realizarse de manera vegetativa, a través de cogollos, estacas y brotes de ramas, sin embargo es más conveniente el empleo de semilla sexual para inducir variación genética”³⁰.

Los mismos autores, argumentan que:

La distancia de plantación recomendada para el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) es de 2 a 3 metros entre surcos y de 2 a 3 metros entre árboles, siendo los sistemas de siembra mas usualmente utilizados el de cuadro o triangulo. Para lo cual la cantidad de árboles por hectárea es de 1.111 árboles en cuadro y de 1.282 en triangulo. Los hoyos se hacen de acuerdo al tipo de suelo, en suelos pesados son de 0,50 X 0,50 X 0,50 m y en terrenos livianos son de 0,20 m X 0,20 m X 0,10 m de profundidad.

²⁸ CASTILLO POTOSÍ, Yaneth y VILLOTA INSUASTI, Álvaro. Análisis agro económico del cultivo de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en el municipio del tambo, Nariño. Pasto, 1993, 132 p. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas. P 45.

²⁹ HIDROVO, N. Tecnología del cultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*). Quito : SICA, Servicio de información Agropecuaria del Ecuador, 2000. p. 58.

³⁰ SAÑUDO SOTELO, B. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos. Pasto, 2002, 118 p. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas. p. 65.

En cuanto a la variabilidad existen dos tipos, el de frutos con pulpa morada llamado “moro” o “tamarillo” y el de pulpa anaranjada. Este último es el más aceptado comercialmente y el que mayores variaciones presenta en cuanto a tamaño y forma del fruto, coloración de su cáscara y abundancia en su semilla. Dicha variabilidad se presenta en una misma plantación y las variaciones deseables difícilmente pueden fijarse por semilla sexual debido a que en el tomate de árbol se presenta una notable polinización cruzada³¹.

- **Manejo del Cultivo.** Poda de Formación: se realiza 3 o 4 meses después de sembrado el cultivo, cuando las plantas han alcanzado una altura de 60 a 70 cm se recomienda hacer un pinchado apical buscando la emisión de tres o cuatro ramas primarias para hacerles una poda apical cuando estas han alcanzado un metro de altura, sin embargo, puede suprimirse la segunda poda especialmente cuando se utilizan distancias de plantación menores.

Hidrovo³², argumenta que la Poda de Mantenimiento se realiza cuando la planta ya ha producido los primeros frutos, se elimina la punta que produjo para favorecer el engrosamiento de las nuevas ramas productivas.

Fertilización. Sañudo et al, manifiesta que:

El tomate de árbol requiere de suelos muy ricos en materia orgánica (3 a 5%), por ello se deberán aportar dependiendo de las condiciones de fertilidad entre 30-60 m³ de materia orgánica bien descompuesta por ha.

Un buen drenaje es indispensable por lo tanto se requiere suelos sueltos, el pH debe ser ligeramente ácido de 6 a 6.5. En lo referente a fertilización se deberá evitar excesos de nitrógeno que provocan en las plantas susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades. Se ha encontrado que el cultivo extrae importantes cantidades de magnesio y calcio por lo que resulta clave manejar estos dos elementos, sin descuidar a los microelementos como el manganeso, zinc, Boro y hierro entre otros, por lo que resulta recomendable utilizar fertilizantes foliares ecológicos.

La primera fertilización se hace hasta los dos meses después de plantado el cultivo, procurando que el suelo tenga una humedad adecuada. Se recomiendan 50 gramos por planta de una mezcla de 15 – 15 – 15, 10 gramos de Urea y 10 gramos de agrimins, depositando el

³¹ Ibid., p. 67.

³² HIDROVO, Op.cit., p. 42.

abono a piquete en un área de plateo de 30 cm de diámetro y a 10 cm del tallo. Además se cumplen fertilizaciones cada tres o cuatro meses hasta cuando los árboles inicien la formación de estructuras florales, depositando el abono a piquete y alejado a 10 cm del tallo y en un área de plateo de 70 cm de diámetro, la primera con 100 gramos de 13 – 26 – 6 por árbol, la segunda con un kilo de abono orgánico por planta.

En tomate de árbol se obtienen buenos resultados con la aplicación de bioabonos foliares en épocas prolongadas de verano o invierno, evitando la caída significativa de flores³³.

“Los requerimientos nutricionales para un rendimiento de 12 toneladas por Ha / año son 233 Kg. de Nitrógeno por Ha, 48.2 Kg. de Fósforo por Ha, 181 Kg. de potasio por Ha, 35 Kg. de calcio por Ha, 38 Kg. de magnesio por Ha y 15 Kg. de azufre por Ha”³⁴.

▪ **Manejo de plagas y Enfermedades.** Sañudo, *et al.* manifiestan que:

El tomate de árbol es afectado por babosas (*Deroceras sp.*), chisas (*Ancognatha sp.*), pulgones verdes (*Myzus sp.*) principalmente, lo que se puede controlar con aplicaciones de matababosas comercial (Metaldehído) y una rotación de insecticidas comerciales de diferentes grupos químicos Karate (Lambdacihalotrina) a una dosis de 15 cc por bomba, Lannate (metomyl) 30 cc por bomba y badusin (diazinon) 30 cc por bomba.

En cuanto a enfermedades se destaca las pudriciones radicales (*Phytophthora sp.*), (*Pythium sp.*), (*Fusarium solani*), gota (*Phytophthora sp.*), antracnosis de los frutos (*Gloesporium. sp.*) cenicilla (*Ascochyta sp.*)

La pudrición húmeda del tronco es una enfermedad de reciente aparición, típica de suelos pesados y húmedos manifestándose por medio de una lesión húmeda y oscura de los tejidos superficiales de la corteza en la base del tallo, como consecuencia del ataque se produce un amarillamiento foliar ascendente, el árbol no muere.

El control de enfermedades se realiza de acuerdo a su aparición, químicamente se utilizan productos como Bavistin (carben – dazin) 60 cc por bomba, Previcur (Promocarb hidrocloreuro) 60 cc por bomba, Rhodax (Fosetilal mas mancozeb) 100 gramos por bomba, Sandofan

³³ SAÑUDO, Op.cit, p.70.

³⁴ HIDROVO, Op.cit., p.32.

(Oxadixil mas mancozeb) Acrobat (Tride – morf mas mancozeb) estos se emplean en cantidades de 50 gramos por bomba de 20 litros³⁵

1.4.4 Maíz (*Zea mays*).

✓ **Consideraciones generales.** Este cultivo es de amplia adaptabilidad presentándose en climas cálidos, medios y fríos. Su rango altitudinal oscila entre 0 a 3.200msnm. En condiciones favorables se puede obtener dos o más cosechas en un año, existen variedades de ciclo corto, intermedio o largo.

✓ **Fertilización.** Reyes, Afirma que: Se recomienda aplicar una fertilización con fósforo y potasio al voleo antes de sembrar debido a que la planta necesita estos elementos cuando esta pequeña.

“El nitrógeno se aplica de 1/3 hasta ½ del total del nitrógeno requerido por el cultivo antes de la siembra, posteriormente a los tres meses se aplica el resto del nitrógeno que no se aplico pre-siembra. Aplicando fertilizantes de formula compuesta hay menor riesgo de quemar la semilla³⁶.”

El mismo autor describe un Análisis visual para determinar problemas en Maíz que se relaciona en el cuadro 1.

³⁵ SAÑUDO, Op.cit., p.70.

³⁶ REYES, P. El maíz y su cultivo. México : Editorial Limusa. 1990. p. 36

Cuadro 1. Análisis visual para determinar problemas en Maíz (*Zea mays*)

| Síntomas | Problema |
|--|--|
| Hojas viejas amarillas, cayendo, plantas pequeñas y débiles. Malos rendimientos. Mazorcas pequeñas sin llenar hasta la punta. | Deficiencia de nitrógeno |
| Plantas con un color verde oscuro, Hojas con un color morado por el margen de la hoja. Mazorcas con la punta sin llenar y doblada. | Deficiencia de fósforo |
| Un color verde pálido por la punta y márgenes de las hojas quemadas. Plantas que caen fácil. | Deficiencia de potasio |
| Hojas amarillas pero por la parte superior de la planta. | Deficiencia de azufre |
| Clorosis entre las nervaduras de las hojas en las hojas más viejas de la plantas. | Deficiencia de magnesio o manganeso |
| Clorosis entre las nervaduras de las hojas nuevas de la planta. | Deficiencia de hierro. También puede ser por demasiado calcio de carbonato que causa un bloqueo de hierro en la planta |
| Clorosis entre las nervaduras de las hojas. Bandas cloróticas de cada lado de la nervadura central de la hoja. | Deficiencia de Zinc |
| Sistema radicular de poca profundidad | Problemas de mala preparación del suelo |
| Sistema radicular de poca profundidad. Mazorcas con partes sin granos. | Problemas de sequía |

Fuente: REYES, P. El maíz y su cultivo. México. 1990: 460 p.

✓ **Principales plagas y enfermedades.** Según el mismo autor: “las plagas y enfermedades desarrolladas en el cultivo de maíz dependen de las condiciones edafoclimáticas del medio en el que se desarrolle, la variedad utilizada, labores culturales etc. en general pueden considerarse las siguientes plagas y enfermedades que atacan al cultivo”³⁷. (Cuadros 2 y 3).

³⁷ Ibid., p. 32.

Cuadro 2. Plagas del Cultivo de Maíz (*Zea mays*)

| Nombre Común | Nombre Científico | Lugar que Ataca | Observaciones |
|----------------------|------------------------------|---|---|
| Gusano Cogollero | <i>Spodoptera frugiperda</i> | Hojas a los 0 - 30 días y después la floración. | Es un problema cuando las plantas están pequeñas. Umbral 25 -50% plantas infestadas. Control con insecticidas granulados. |
| Gusano de la Mazorca | <i>Helicoverpa zea</i> | Ataca los granos en la mazorca | Umbral 2 - 3 por planta. Control después que nacen los huevos y antes que entre a la mazorca con piretroides como Decis y Karate. |
| Gorgojo del Maíz | <i>Sitophilus zeamais</i> | Ataca los granos en almacenaje | Tratar los granos en el almacén con Gastoxin |
| Afidos | <i>Rhopalosiphum maidis</i> | Ataca las hojas. Transmite virus | Umbral: si hay mas de 50 Afidos en 50% de las plantas. |

Fuente: REYES, P. El maíz y su cultivo. México. 1990: 460 p.

Cuadro 3. Principales enfermedades del Maíz (*Zea mays*).

| Nombre Común | Nombre Científico | Tipo | Observaciones |
|--|---|---------------|--|
| Mildeo Velloso | <i>Peronospora sorghi</i> <i>Sclerophthora macrospora</i> | Hongo | Síntomas: Rayas amarillas por la hoja, plantas pequeños, mazorcas mal formadas. Control: Buena preparación de tierra, variedades resistentes, tratamiento de la semilla |
| Polvo de la Mazorca | <i>Fusarium sp.</i> | Hongo | Síntomas: Ataca los granos en la mazorca. Deja granos blancos, livianos y a veces negro adentro. Control: Variedades resistentes con mazorcas cerradas. |
| Roya | <i>Puccinia sp.</i> | Hongo | Síntomas: Pústulas por las hojas. favorece Temperatura alta y humedad. Control: Variedades resistentes. |
| Problemas del Tallo | <i>Pithium sp.</i> <i>Fusarium sp.</i> <i>Macrophomia sp.</i> | Hongo | Síntomas: Tallos manchados y podridos. Control: Variedades resistente y buena preparación de tierra. |
| Carbón | <i>Ustilago maydis</i> | Hongo | El Viento, el clima seco y alta temperatura. Favorecen No es significativo el daño |
| Enfermedades Menores: Varias Manchas de la Hoja Mosaicos | <i>Helminthosporium sp.</i> <i>Cercospora sp.</i> <i>Septoria sp.</i> <i>Alternaria sp.</i> Varios Mosaicos | Hongo y Virus | Síntomas: Varias manchas en la hoja, hojas amarillas y arrugadas. El daño casi siempre no es significativo. |

Fuente: REYES, P. El maíz y su cultivo. México. 1990. 460 p.

✓ **Experiencias de Cultivo en Callejones.** Respecto a la asociación del maíz en cultivo en callejones, Sánchez reporta que:

En un estudio realizado en la zona de ladera del oriente Caldense, Se cultivaron secuencialmente maíz - frijol - maíz en callejones de las leguminosas *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*, en un diseño de parcelas divididas en tres fincas de agricultores.

Los resultados señalan que solo hasta el tercer ciclo de producción correspondiente a maíz, las leguminosas aportan el nitrógeno requerido para una aceptable producción de maíz, siempre y cuando se fertilice con fósforo y potasio, en estos suelos ácidos y lixiviados³⁸.

Kang y Duguma citados por Nair, manifiestan que: “el rendimiento del maíz obtenido con la utilización de materiales foliares de *L. leucocephala* producidos en los setos plantados a 4 metros de distancia, fue el mismo que el rendimiento obtenido cuando se aplico 40 Kg de N / ha³⁹.”

³⁸ SANCHEZ, Op.cit., p. 22.

³⁹ NAIR, Op.cit., p. 151.

El mismo autor afirma que: un estudio de 6 años en el noroeste de la india mostró que la producción de maíz, garbanzo negro y frijol fue mas baja cuando estas especies fueron cultivadas en callejón con setos de *L. leucocephala* que cuando fueron cultivadas como monocultivo.

Navia, reporta que:

En un cultivo en callejones con *Gliricidia sepium* y maíz hecho en Palmira (Valle del Cauca). El maíz produjo inicialmente 3.1 ton/ha, pero al finalizar el ensayo se incremento en promedio a 5.0 ton/ha de maíz, lo cual fue significativo al finalizar el ensayo

El comportamiento de los tratamientos con matarratón (*Gliricidia sepium*) fue superior al maíz en monocultivo en todos los semestres. Si a esto se suma que ningún tratamiento fue fertilizado se da una gran propuesta para el manejo de pequeñas y medianas áreas para agricultores y ganaderos de esta región del país⁴⁰.

Según La Unidad Regional de Planificación Agropecuaria:

El área sembrada de maíz para el año 2002, en el municipio de San Francisco fue de 268 Has, lo que determino una producción total de 556 toneladas. El rendimiento promedio para este mismo año fue de 2056 Kilogramos / Hectárea.

La variedad grano amarillo que se utilizará para el ensayo se adapta adecuadamente desde los 1.500 a 3.500 msnm, con una temperatura promedio de 13 a 20° centígrados, esta variedad registra un rendimiento promedio de 2.500 Kg. por hectárea⁴¹.

⁴⁰ NAVIA, J. Op.cit., p. 38- 42.

⁴¹ UNIDAD REGIONAL DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA – URPA. Evaluaciones agropecuarias del departamento del Putumayo del año 2000. San miguel de Agreda de Mocoa, Putumayo: URPA, 2.002. p. 19.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo se realizó en el área de influencia de la microcuenca la Cofradía, vereda el Diamante ubicada a 2 Km. al oriente del casco urbano del municipio de San Francisco, departamento del Putumayo (Anexo B). Finca la Esperanza, situada en las coordenadas geográficas N 01° 10' 43.6" W 76° 52' 49.9", a una altura sobre el nivel del mar de 2.240 msnm, con una temperatura promedio de 15.19 ° C, una precipitación promedio anual de 1770 mm, y una humedad relativa del 83 %, la zona de vida es bosque muy húmedo montano bajo (bmh – MB)⁴².

De acuerdo al análisis de suelos realizado en el laboratorio de la Universidad de Nariño, en el mes de noviembre de 2001 (Anexo C), estos se caracterizan por altos contenidos de Nitrógeno y Carbono, pobremente drenados, de alta retención de humedad. El grado textural corresponde a arcillo – arenoso que conjuntamente con la densidad aparente permiten concluir que son suelos livianos, En cuanto al PH son suelos fuertemente ácidos, El contenido de Materia orgánica es alto, sin embargo la relación carbono / nitrógeno señala que la materia orgánica se descompone muy lentamente, hecho que puede deberse a factores como bajas temperaturas, falta de drenajes, falta de microorganismos descomponedores de la misma. La alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) indica gran capacidad potencial de suministro y reserva de cationes cambiables como Ca, Mg, Na y K. Se presentan datos de fósforo cambiante altos, debido al continuo proceso de abonamiento realizados por el agricultor. Respecto al calcio de cambio, magnesio de cambio y potasio los niveles presentados son medios y bajos respectivamente.

2.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS ARREGLOS DE CULTIVO EN CALLEJONES CON QUILLOTOCTO (*Tecoma stans*) Y ACACIA NEGRA (*Acacia decurrens*) ASOCIADOS CON MAIZ (*Zea mays*) Y TOMATE DE ARBOL (*Cyphomandra betacea*).

2.2.1 Procedencia del material experimental.

▪ **Quillotocto (*Tecoma stans*).** El material vegetal de esta especie se obtuvo en un vivero comercial del municipio, se adquirió un total de 400 árboles en bolsa a una altura promedio de 15 cm para transplantarlos a las parcelas

⁴² HERNANDEZ y FORERO, Op. cit., p. 79.

establecidas. Las plantas se seleccionaron teniendo en cuenta parámetros fitosanitarios y desarrollo homogéneo y adecuado al momento de la compra.

- **Acacia (*Acacia decurrens*).** La propagación de esta especie se realizó por trasplante de los árboles, que se adquirieron en CORPONARIÑO en la ciudad de Pasto. El número de árboles que se compró fue de 400 y se trasplantaron a las parcelas a una altura de 15 cm en promedio. Se escogió plantas que tuvieron un adecuado estado fitosanitario y un desarrollo normal y homogéneo de las variables de crecimiento.

- **Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).** El material vegetal fue adquirido en el vivero “Bellavista” del municipio de Sibundoy, en su etapa de trasplante a una altura promedio de 20 cm. Se adquirió un total de 500 plantas para distribuirlas en las tres parcelas objeto del estudio.

El tipo que se utilizó en los arreglos fue “moro” o “tamarillo” conocido en la región como tomate injerto. Las plantas fueron seleccionadas teniendo en cuenta el normal desarrollo y el adecuado estado fitosanitario.

- **Maíz (*Zea mays*).** La semilla utilizada para el establecimiento de las tres parcelas en donde se asoció este cultivo con acacia negra (*Acacia decurrens*), Quillotoco (*Tecoma stans*) y en monocultivo, fue adquirida en el municipio. Se utilizó la variedad de maíz grano amarillo, que se cultiva en la región.

2.2.2 Preparación del terreno y siembra. En cada una de las parcelas se realizaron las labores de preparación propias de cada cultivo; para el cultivo de maíz se realizaron surcos en los cuales se sembraron tres semillas por sitio, por el método de siembra a chuzo, la remoción de suelo se hizo de forma mecánica utilizando pala y azadón. Tanto en el monocultivo, como en las dos asociaciones la siembra se realizó en el mes de enero de 2002.

La preparación del terreno para el cultivo de tomate de árbol consistió en realizar un plateo de 1 m X 1m, posteriormente un ahoyado cuyas dimensiones fueron de 0.30 m X 0.30 m X 0.20 m. La siembra se realizó en el mes de enero del 2002 en las tres parcelas de estudio.

Para las especies forestales en las cuatro parcelas la preparación del terreno consistió en realizar un plateo de 1 m X 1 m y un ahoyado de 0.30 m X 0.30 m X 0.30 m. En este se establecieron los árboles de *A. decurrens* y *T. stans*, la siembra se realizó en noviembre de 2001 dos meses antes de la siembra del componente agrícola a fin de permitir una mejor adaptación y organización del sistema.

2.2.3 Labores culturales. En el cultivo de Tomate de árbol se efectuaron plateos cada tres meses en un diámetro de 80 cm.

En el cultivo de maíz se realizó un aporque a los 45 días después de la siembra, con el fin de propiciarle a la planta mayor anclaje y mejor aprovechamiento del fertilizante que se aplicó.

El control de malezas en el cultivo de maíz se realizó mediante desyerbas, la primera a los 45 días que coincidió con el aporque y la segunda al momento de espigar en el mes de junio de 2002.

2.2.4 Fertilización, control de plagas y enfermedades. En el arreglo uno para el cultivo de maíz, en las tres parcelas establecidas, se realizó, una aplicación de cal dolomítica a razón 100 Kg. por parcela, es decir 0.8 ton / ha. 30 días después de la emergencia con el fin de compensar las deficiencias de elementos menores del área objeto de estudio.

Como fertilización de sostenimiento en el mes de junio se aplicó, para las tres parcelas establecidas 150 Kg. de 10 – 30 – 10 por parcela.

Para las parcelas en donde se asoció el maíz con *T. stans* y *A. decurrens* se realizó además dos aplicaciones de biomasa de las especies forestales, para la asociación con *T. stans* el aporte de biomasa en julio fue de 204.63 Kg / por parcela lo que fue equivalente a 1.66 ton / ha y en noviembre de 254.15 Kg de materia verde por parcela. (2.06 ton /ha).

En las asociaciones de maíz con *A. decurrens* el aporte de biomasa de esta especie fue de 107.91 Kg de forraje verde por parcela (0.86 ton / ha) en el mes de julio y de 203.58 Kg. en el mes de noviembre. (1.65 ton /ha).

Las plagas y enfermedades que se presentaron en las tres parcelas y que alcanzaron a incidir notoriamente, al superar el 80 % de infección en el cultivo fueron mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) y Gusano cogollero (*Dargida gramnivor*) que se controlaron con la aplicación de Antracol en dosis de 30 gramos por bomba de 20 litros y Decis en dosis de 10 ml por bomba de 20 litros. la aplicación se realizó en los meses de abril mayo y junio de 2002.

En el arreglo dos, Para el tomate de árbol, en monocultivo y en las dos asociaciones se hicieron dos fertilizaciones, una al momento de la siembra, (enero de 2002) consistente en la aplicación de una mezcla de 50 gramos de 10 – 30 - 10 mas 30 gramos de cal dolomítica por sitio y una a los cuatro meses (mayo 2002) con abono orgánico comercial en proporción de un Kg. / planta, como fertilización de sostenimiento.

De igual forma se realizó desde el inicio de la floración, en los meses de septiembre, octubre y noviembre aplicaciones foliares de Agrofol 1, a razón de 0.2 Kg. / parcela o 2 Kg. / ha. Procurando con ello brindar una respuesta adecuada a los requerimientos del cultivo.

En las parcelas de asociación con las especies forestales se realizó aplicaciones de biomasa en los meses de julio y noviembre.

Las principales plagas y enfermedades que tuvieron incidencia en el cultivo de tomate afectando el 95 % de las plantas tanto en las dos asociaciones como en el monocultivo fueron Antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*) y Babosa (*Deroceras sp*), su control se realizó mediante la aplicación de MANCOZEB funguicida protectante a razón de 40 gramos por bomba de 20 litros para la antracnosis y las babosas fueron controladas con la aplicación de dos o tres gránulos de matababosas comercial (Metaldehído). Esto se realizó durante los meses de mayo y junio de 2002.

2.2.5 Podas. En el tomate de árbol (*C. betacea*) se realizó una poda de formación tanto en el monocultivo como en las asociaciones con *T. stans* y *A. decurrens* a los cinco meses de establecida la plantación (junio 2002), cuando las plantas tuvieron entre 70 y 80 cm de altura. Consistió en eliminar 10 cm a partir del cogollo apical a través de un corte con una navaja, el corte se hizo de forma oblicua y se aplicó un funguicida comercial a base de Carbendazim en dosis de 10 cm³ por bomba de 20 litros, para evitar la propagación de enfermedades fungosas en la planta. La poda propició el desarrollo de ramas laterales.

En el componente forestal se realizó una poda inicial a los cuatro meses de establecidas las especies, es decir, en el mes de marzo de 2002, cuando las plantas de Quillototo (*Tecoma stans*) tuvieron una altura promedio de 37 cm y las de acacia (*Acacia decurrens*) 53 cm, se realizó cortando el ápice apical de las plantas, resultado de ello las plantas bifurcaron, generando nuevos rebrotes y emitiendo ramas laterales lo que incrementó la producción de biomasa, el corte se hizo con la ayuda de tijeras de podar.

El efecto observado concuerda con Devlin, quien manifiesta que: “la eliminación de ramas en la primera poda contrarresta la función que la auxina ejerce sobre la dominancia apical en las plantas, dando paso al desarrollo de nuevas ramas a partir de la yemas laterales, fenómeno determinado por la citocininas que emergen de la savia presente en los cortes al momento de la poda”⁴³.

Posteriormente se realizaron podas de follaje (hojas y ramas) a los ocho y doce meses de establecidas las especies (julio y Noviembre de 2002). Esta biomasa se incorporó al suelo a modo de mulch.

⁴³ DEVLIN, R. Fisiología Vegetal, Barcelona, España: editorial acribia, 1980. p. 78.

2.3 ÁREA EXPERIMENTAL

2.3.1 Arreglo Uno. Este arreglo consistió en la asociación de Maíz (*Zea mays*) con Quillotocto (*Tecoma stans*) y Maíz (*Zea mays*) con Acacia negra (*Acacia decurrens*) en el se evaluó la incidencia de la biomasa aportada por las especies forestales aplicada en dos ocasiones, a través del rendimiento del cultivo. Para ello se establecieron tres parcelas con la siguiente descripción y distribución:

- **Parcela uno.** La dimensión de esta parcela es de 30 m X 41 m, para un área total de 1230 m², en ella se establecieron 6 callejones de maíz (*Zea mays*) sembrado a un metro de distancia entre surco y 0.75 metros entre plantas; cada 5 surcos se plantaron setos dobles de Acacia (*Acacia decurrens*) distanciados a un metro del primer y ultimo surco de maíz (figura 1). Esto setos se sembraron a 1.5 metros entre planta y a un metro entre surco y dos setos sencillos al inicio y al final de la parcela. Para un total de 21 plantas por seto y 252 plantas de Acacia por parcela (figura 2).

Figura 1. Parcela de Asociación Quillotocto (*Tecoma stans*) o Acacia (*Acacia decurrens*) con Maíz (*Zea mays*)

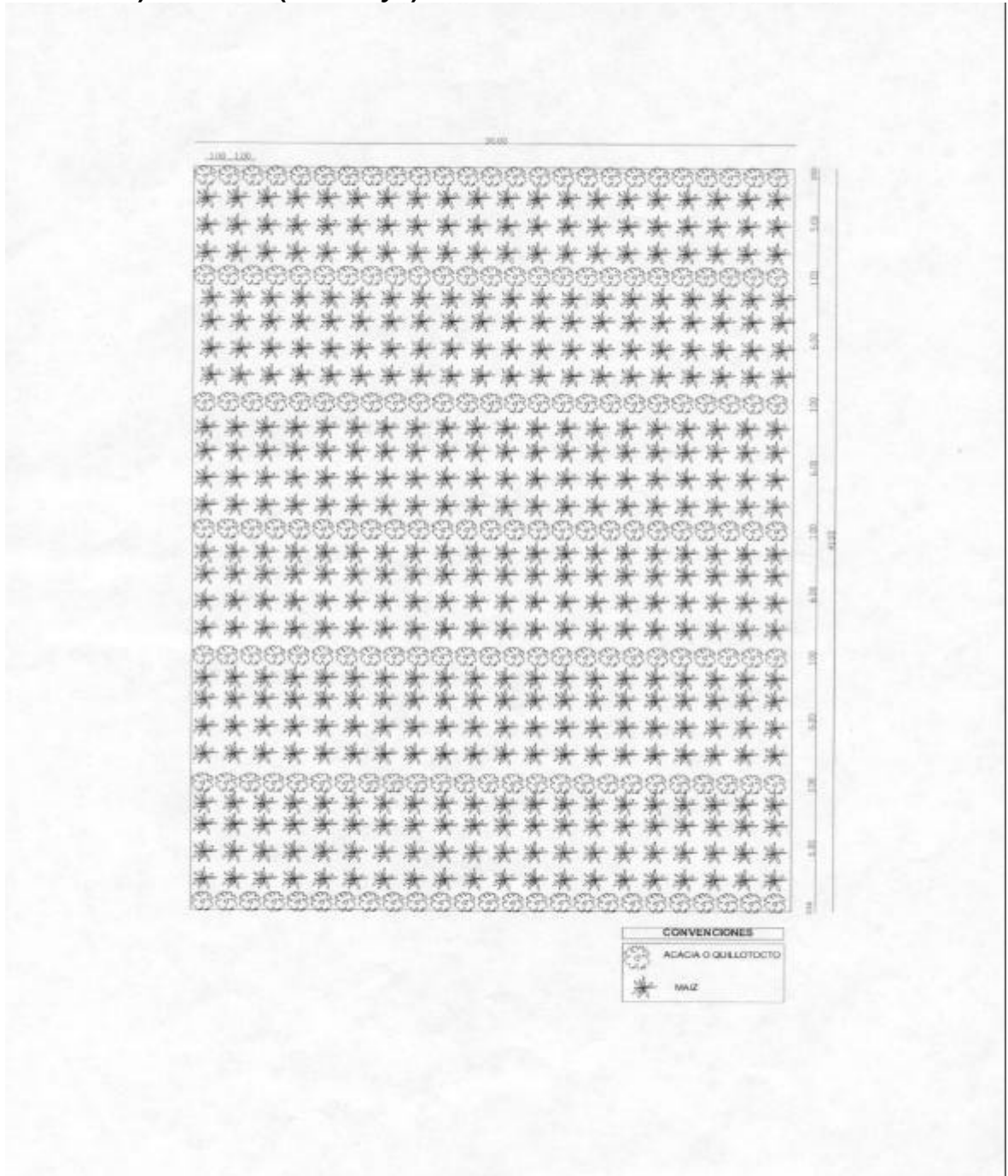


Figura 2. Cultivo en Callejones *A. decurrens* asociado con Maíz (*Zea mays*)



- **Parcela dos.** La parcela dos tuvo las mismas dimensiones (30 m x 41 m), área total de 1230 m² y el mismo tipo de arreglo, la diferencia radicó en que los setos establecidos fueron de Quillotocto (*Tecoma stans*) con la misma distribución y distancias de siembra que para la acacia (*Acacia decurrens*). (figura 3)

Figura 3. Cultivo en callejones *T. stans* asociado con Maíz (*Zea mays*)

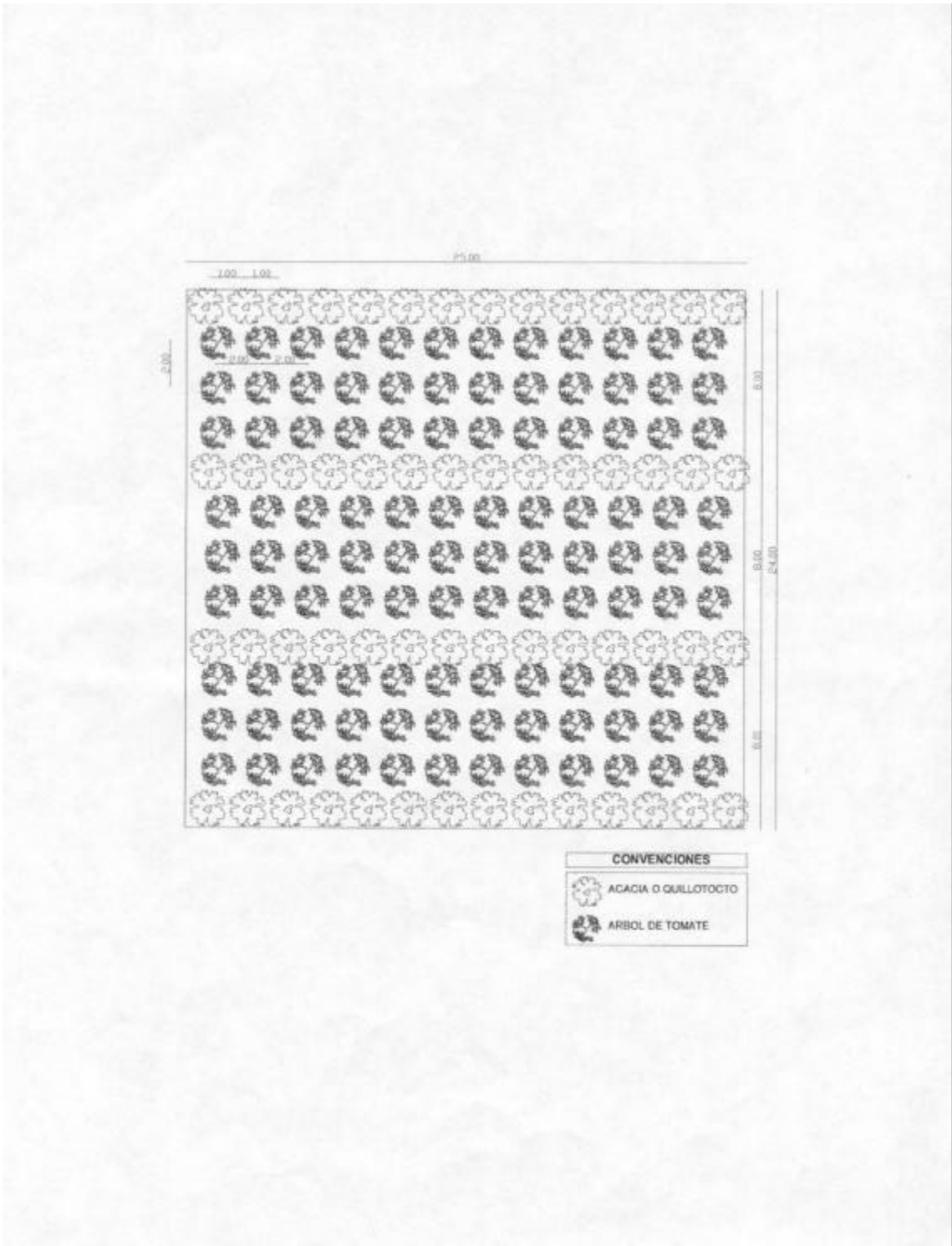


- **Parcela tres.** La parcela tres tiene una dimensión de 30 m X 41 m. (1230 m²) en ella se estableció un monocultivo de maíz (*Zea mays*) sembrado a una distancia de un metro entre surco y 0.75 metros entre planta.

2.3.2 Arreglo Dos. Consistió en la asociación de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) con Quillotoco (*Tecoma stans*) y Acacia negra (*Acacia decurrens*) en un cultivo en callejones, en el se evaluó el incremento en cuanto a altura y área foliar de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) como respuesta a la aplicación de biomasa de las especies forestales en dos ocasiones. Las parcelas establecidas tuvieron la siguiente distribución y descripción:

- **Parcela uno.** Tiene una dimensión de 24 m X 25 m, un área total de 600 m² el tipo de arreglo consistió en la distribución de tres callejones de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) sembrados a dos metros entre planta y dos metros entre surco; para un total de 156 plantas de tomate por parcela. cada ocho metros se plantaron setos sencillos de acacia (*Acacia decurrens*) sembrados a un metro entre planta, para un total de 104 plantas de acacia por parcela. (figura 4).
- **Parcela dos.** Esta parcela tiene las mismas dimensiones que la parcela cuatro, consistió en la distribución de callejones de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) sembrados a dos metros entre planta y surco. Cada 8 m se establecieron setos sencillos de Quillotoco (*Tecoma stans*) a un metro de distancia.

Figura 4. Parcela de Asociación Quillotocto (*Tecoma stans*) o Acacia (*Acacia decurrens*) con Tomate de Arbol (*Cyphomandra betacea*)



- **Parcela tres.** En ella se estableció un monocultivo de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) la dimensión de esta parcela es de 24 m X 25 m, 600 m² la distancia de siembra es de 2 metros entre planta y 2 metros entre surco. (figura 5).

Figura 5. Monocultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*).



2.4 VARIABLES EVALUADAS

2.4.1 Productividad y rendimiento del maíz (*Zea mays*).

- **Número de mazorcas por planta.** Tanto en las parcelas donde se estableció maíz en asociación con Quillotocto y Acacia y en el monocultivo de maíz, se tomaron al azar de los 6 callejones sembrados 165 plantas. A cada una de estas plantas se les contabilizó el número total de mazorcas, llevándose estos datos a 11 promedios correspondientes al registro de 15 plantas cada uno.
- **Peso de cien semillas de maíz.** De las plantas escogidas para la toma de la variable anterior se escogieron al azar 297 mazorcas por cada parcela, de estas se tomaron 100 semillas de la parte media de la mazorca, con el fin de obtener su peso. promediándose los datos en 11 registros correspondientes a 27 mazorcas cada uno.

2.4.2 Variables de crecimiento en Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

- **Altura de plantas.** Una vez establecido el cultivo de tomate de árbol, en cada una de las tres parcelas (con Quillotocto, Acacia y monocultivo) se escogieron al azar 22 plantas de tomate por parcela de 600 m². que fueron distribuidas en 11 repeticiones (2 plantas por cada repetición) para el registro de los datos. La medición de la altura se llevo a cabo mensualmente y se realizo desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta utilizando para ello una cinta métrica. A partir de la poda (junio de 2002) la medición se hizo del cuello de la raíz hasta el ápice de la rama más alta.
- **Área foliar.** Para el registro de datos en esta variable se tomaron 22 plantas por cada evaluación, en cada una de las parcelas establecidas. Se realizaron cinco evaluaciones en todo el periodo de evaluación. Al final del trabajo se midió el área foliar en 110 plantas. En cada evaluación se tuvo el cuidado de no volver a medir el área foliar en las plantas que antes habían sido evaluadas.

Para llevar a cabo este procedimiento se recolectó una hoja por planta de tomate, Con un sacabocado se tomaron 3 muestras por cada hoja, las cuales fueron llevadas al horno por espacio de 48 horas a 76 ° centígrado, tiempo en el cual su peso empezó a ser constante. El resto de hojas de la planta se cosechó por completo y también fueron llevadas al horno con similares condiciones en cuanto a tiempo y temperatura se refiere.

Peso uno (P₁), Muestras obtenidas con sacabocado en seco.

Peso dos (P₂), Hojas del resto de la planta mas las muestras en seco.

Por ultimo el área foliar se obtuvo así :

$$AF = \frac{\Pi \times r^2 \times n \times P2}{P1}$$

Donde:

AF = Área foliar

n = Número de círculos con sacabocado.

P2 = Peso muestras (sacabocado) + peso resto de hojas

P1 = Peso muestras con sacabocado

Esta evaluación se realizó cada dos meses desde el inicio del ensayo.

“El área foliar es un índice importante en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, a la vez que determina el metabolismo de carbohidratos rendimiento y calidad de la cosecha”⁴⁴.

2.4.3 Rendimiento equivalente de los arreglos agroforestales en callejón. De acuerdo con Montagnini et al:

Para medir el rendimiento equivalente de la tierra, se divide la productividad del sistema agroforestal por la productividad de las especies participantes cuando estas se encuentran en un monocultivo. puede expresarse cuantitativamente de la siguiente manera:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^m Y_i}{Y_{ii}}$$

Donde =

X = Rendimiento equivalente de los arreglos agroforestales en callejón
 Y_i = Rendimiento del componente i cuando se encuentra en un policultivo
 Y_{ii} = Rendimiento del mismo componente como monocultivo
 m = Numero de especies participantes en el arreglo⁴⁵.

Para evaluar el rendimiento equivalente de la tierra, se registró la producción de cada componente en las parcelas donde se estableció el cultivo de maíz cuando se encuentra en asociación con Quillotocto o Acacia y se dividió entre la producción de maíz sembrado como monocultivo. Se tuvo en cuenta la producción de forraje verde aportado por *A. decurrens* y *T. stans*, a esta biomasa se le dio un valor económico calculado de acuerdo al contenido de proteína que en ultimas, es el factor que mas determina la calidad del forraje y teniendo en cuenta el valor de algunos forrajes en la zona. Ese valor económico se lo dividió entre el valor de un Kg. de maíz para finalmente sumarlo a la producción y obtener la productividad total del sistema. las producciones obtenidas en cada parcela fueron llevadas a ton / ha.

El rendimiento equivalente solo se evaluó para el maíz, puesto que en el tomate de árbol no fue posible obtener su producción durante el primer año de implementación del proyecto.

⁴⁴ SIMON, M. y TRUJILLO, A. determinación del Área Foliar en cinco clones de ocumo (*Xanthosoma sagittifolium*) En : Revista Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela Vol. 16 No 14 (1990). p. 22.

⁴⁵ MONTAGNINI, Op.cit., p. 75.

El resultado del rendimiento equivalente se interpreto así, si el resultado de la formula es igual a uno, la productividad del arreglo en callejón es igual a la del cultivo solo; si es mayor que uno la productividad del arreglo es superior al monocultivo y si es menor que uno el policultivo rinde menos que este.

2.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la evaluación de la incidencia de la biomasa aportada por las especies forestales en el rendimiento del cultivo de maíz determinado por las variables (Número de mazorcas por planta y Peso de 100 semillas), se realizo un diseño DIA con los siguientes tratamientos:

Tratamiento uno: Maíz (*Zea mays*) en asocio con Quillotocto (*Tecoma stans*).

Tratamiento dos: Maíz (*Zea mays*) en asocio con Acacia (*Acacia decurrens*).

Testigo: Maíz (*Zea mays*) en Monocultivo (fertilizado).

La variable numero de mazorcas por planta tuvo 11 repeticiones de 15 registros cada una, es decir se evaluaron 165 plantas de maíz por parcela y para el peso de 100 semillas 11 repeticiones de 27 registros cada una, es decir fueron escogidas para la evaluación 297 mazorcas. La evaluación se realizó al final del ciclo del cultivo, en el mes de noviembre de 2002.

Así mismo, para la evaluación de la incidencia de la biomasa aportada por las especies forestales en el desarrollo del cultivo de Tomate de Árbol, determinado por las variables altura de plantas y área foliar se realizo un diseño DIA con los siguientes tratamientos:

Tratamiento uno: Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en asocio con Quillotocto (*Tecoma stans*).

Tratamiento dos: Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en asocio con Acacia (*Acacia decurrens*).

Testigo : Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en Monocultivo (fertilizado)

Las repeticiones tanto para la variable altura de plantas como para la variable área foliar fueron 11 cada una de 2 registros, en unidades experimentales diferentes.

2.6 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

2.6.1 Variables de rendimiento en Maíz (*Zea mays*). Las variables Número de mazorcas por planta y peso de cien semillas se sometieron a un análisis de

varianza, en los casos donde se encontró diferencia se realizó la comparación de promedios de los datos registrados en el monocultivo comparándolos con los datos de Maíz (*Zea mays*) asociado con Quillotocto (*T. stans*) y Maíz (*Zea mays*) con Acacia (*A. decurrens*).

Todos los resultados obtenidos a partir del ANDEVA realizado para estas comparaciones se confrontaron con la prueba Duncan al 95% de probabilidad. Que es una comparación de las medias de todos los tratamientos, de manera que cualquier diferencia existente entre cualesquier tratamiento contra otro se vera reflejado en este análisis.

2.6.2 Variables de Crecimiento en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*).

Se realizó un análisis de crecimiento mensual en todo el periodo de evaluación para la altura de plantas de tomate de árbol en sus distintas asociaciones y el monocultivo, mediante la utilización de modelos de regresión, que indican la cantidad de cambio de una variable dependiente (altura o área foliar) a un cambio único de otra variable independiente (Tiempo). El análisis de crecimiento del área foliar se realizó de la misma manera cada dos meses.

La bondad del ajuste realizado se estableció a través del coeficiente de determinación (r^2) que mide la proporción de variabilidad total de la variable dependiente (Y) respecto a su media que es explicada por el modelo de regresión.

Se sometieron los datos obtenidos para cada una de las variables a un análisis de varianza se realizo la comparación de promedios para la altura de plantas y área foliar de tomate de árbol en monocultivo frente a las dos asociaciones y las dos asociaciones entre si.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ARREGLO UNO

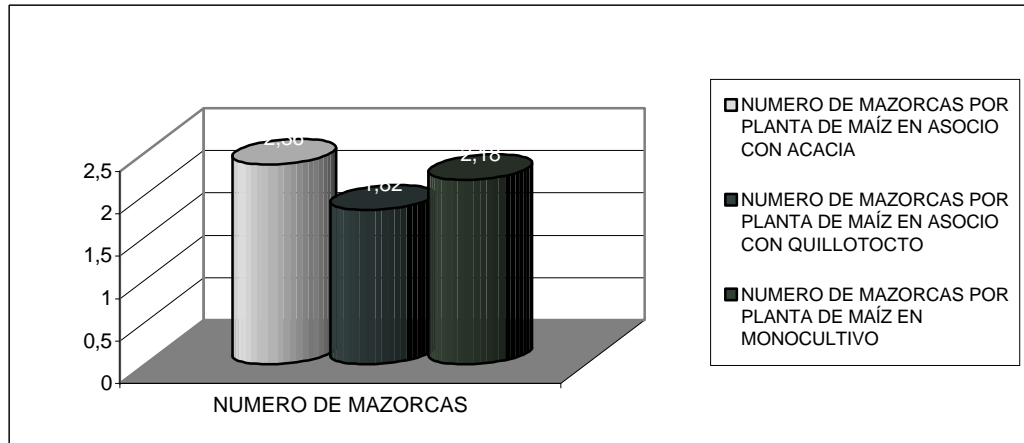
3.1.1 Rendimiento y productividad en maíz (*Zea mays*). La tabla 1 muestra los promedios para las variables número de mazorcas por planta y peso de 100 semillas en un cultivo de maíz (*Zea mays*) bajo tres formas de producción.

Para el número de mazorcas por planta en las asociaciones de Maíz (*Zea mays*) con *T. stans*, Maíz (*Zea mays*) con *A. decurrens* y para el Maíz (*Zea mays*) establecido como monocultivo se obtuvieron promedios de 1.82, 2.36 y 2.18 mazorcas por planta respectivamente. (figura 6)

Tabla 1. Promedios para las variables numero de mazorcas por planta y peso de cien semillas en maíz (*Zea mays*) en monocultivo, asociado con acacia (*Acacia decurrens*) y Quillotocto (*Tecoma stans*).

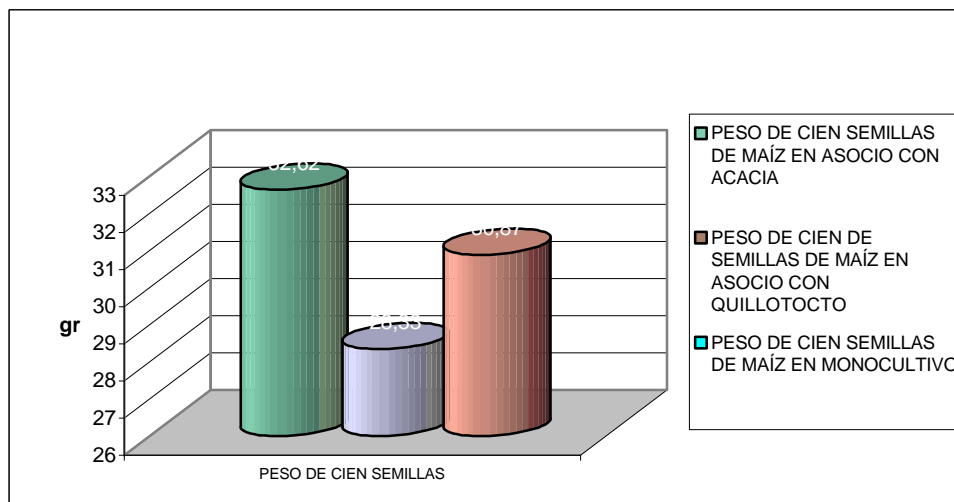
| <i>PROMEDIOS AL FINAL DEL CICLO DE PRODUCCION</i> | | | |
|---|-------|-------|-------|
| <hr/> | | | |
| VARIABLES | | | |
| <hr/> | | | |
| MAÍZ CON MAÍZ CON MAÍZ COMO | | | |
| QUILLOTOCTO ACACIA MONOCULTIVO | | | |
| <hr/> | | | |
| NUMERO DE MAZORCAS POR PLANTA | 1.82 | 2.36 | 2.18 |
| PESO DE 100 SEMILLAS | 28.33 | 32.62 | 30.87 |

Figura 6. Número de mazorcas por planta, en maíz asociado con Quillotocto (*Tecoma stans*), Acacia (*Acacia decurrens*) y en monocultivo.



Para la variable peso de cien semillas la evaluación hecha al final del ciclo determinó valores de 28.33 gr. para el maíz (*Zea mays*) asociado con *T. stans* 32.62 gr. para el maíz asociado con *A. decurrens* y 30.87 gr. para el maíz (*Zea mays*) establecido como monocultivo. (figura 7).

Figura 7. Peso de cien semillas de maíz (zea mays) en asocio con quillotocto (*Tecoma stans*), Acacia (*Acacia decurrens*) y en monocultivo.



El análisis de varianza realizado para la variable número de mazorcas por planta (tabla 2) no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el testigo.

Tabla 2. Análisis de varianza para la variable numero de mazorcas por planta en maíz (*Zea mays*) bajo tres sistemas de cultivo.

| FUENTE DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADO MEDIO | F CALCULADO | F TABULADO | |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| TRATAMIENTOS | 2 | 1,6969 | 0,84845 | 2,47 | 3,32 | 5,39 |
| ERROR | 30 | 10,3031 | 0,34343667 | | | |
| TOTAL | 32 | 12 | | | | |

Al no encontrarse diferencias estadísticas, en ninguna de las tres comparaciones, se concluye que esta variable no se vio afectada por la fertilización realizada con el forraje de las especies forestales asociadas, es decir en el primer año de establecimiento de las plantaciones, la biomasa aportada por las especies forestales no tuvo incidencia en el desarrollo del cultivo. Pese a la igualdad demostrada en el análisis de varianza, se observa una disminución en el numero de mazorcas por planta en la asociación de maíz (*Zea mays*) con *T. stans* lo que estaría directamente determinado por la competencia ejercida por esta especie hacia el cultivo debido a su sistema radicular poco profundo.

Para la variable peso de 100 semillas el análisis de varianza (Tabla 3) determinó diferencias estadísticas significativas, por lo que se realizó una prueba Duncan al 95 % de probabilidad en donde se estableció que existió igualdad entre los tratamientos uno y el testigo, es decir, el peso de 100 semillas registro valores iguales entre el maíz (*Zea mays*) asociado con *A. decurrens* y el maíz (*Zea mays*) en monocultivo siendo los tratamientos superiores, El tratamiento dos Maíz (*Zea mays*) con *T. stans* fue diferente e inferior a los demás tratamientos.(Tabla 4)

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable peso de cien semillas en maíz (*Zea mays*) bajo tres sistemas de cultivo.

| FUENTE DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADO MEDIO | F CALCULADO | F TABULADO | |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| TRATAMIENTOS | 2 | 102,438 | 51,219 | 3,83 | 3,32 | 5,39 |
| ERROR | 30 | 401,562 | 13,3854 | | | |
| TOTAL | 32 | 504 | | | | |

Tabla 4. Prueba Duncan Para La Variable Peso De 100 Semillas En Maíz (*Zea mays*) Bajo Tres Sistemas De Cultivo.

| PESO DE CIEN SEMILLAS | | |
|---|-------|--------------|
| TRATAMIENTOS | MEDIA | GRUPO DUNCAN |
| MAIZ (<i>Zea mays</i>) ASOCIADO CON <i>A. decurrens</i> | 32,62 | A |
| MAIZ (<i>Zea mays</i>) ASOCIADO CON <i>T. stans</i> | 28,33 | B |
| MAIZ (<i>Zea mays</i>) EN MONOCULTIVO | 30,87 | A |

- Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias estadísticas significativas.
- Nivel de significancia 0.05 %.

Los resultados observados demuestran que el mayor rendimiento del maíz (*Zea mays*) en cuanto al peso de cien semillas se presentó en la asociación de este cultivo con Acacia (*Acacia decurrens*) siendo este arreglo estadísticamente igual al monocultivo, los menores valores se presentaron en la asociación con Quillotocto (*Tecoma stans*).

La igualdad estadística encontrada entre la asociación de maíz (*Zea mays*) con *A. decurrens* frente al monocultivo, permite concluir que no existió en el primer ciclo de cultivo una incidencia significativa del aporte de la biomasa de esta especie en el rendimiento del cultivo. No obstante al registrarse mayores promedios en las dos variables evaluadas en la asociación con *A. decurrens* puede concluirse que la fertilización con esta biomasa podría incidir positivamente en posteriores ciclos de cultivo.

La diferencia estadística existente entre la asociación de Maíz (*Zea mays*) con *T. stans* frente al monocultivo y los bajos rendimientos observados en esta asociación, demuestran que la incidencia en este caso fue negativa, ello quizás a que la cantidad y calidad de la biomasa aportada por esta especie no alcanzaron a compensar la competencia ejercida por la misma, lo que a su vez disminuyó el rendimiento del cultivo.

Respecto a lo anterior, Zambrano e Ibarra afirman que: “el Quillotocto tiene una raíz principal pivotante, medianamente profunda por lo que puede ejercer competencia por nutrientes con los cultivos asociados”⁴⁶.

⁴⁶ ZAMBRANO, J e IBARRA, J. Op. cit., p. 153.

La diferencias estadísticas encontradas entre los rendimientos del maíz (*Zea mays*) en la asociación con *A. decurrens* frente a la asociación con *T. stans* se deben a la diferencia de forrajes aportados y a la diferencia de la dinámica fisiológica de cada especie forestal asociada, el incremento del rendimiento en la asociación con *A. decurrens* pudo deberse a la calidad nutricional de la biomasa aportada por esta especie, al respecto Giraldo afirma que:

La Acacia tiene potencial para uso en sistemas agroforestales de clima frío, debido a su rápido crecimiento y alta producción de biomasa de buena calidad. Así mismo, habría que considerarse otros factores que inciden en el desarrollo del cultivo como la competencia ejercida por las especies forestales asociadas, tasa de descomposición de los forrajes aportados, calidad y cantidad de biomasa entre otros⁴⁷.

La producción anual (dos cortes 8 y 12 meses) de biomasa foliar de *T. stans* fue de 458.78 Kg. por parcela equivalente a 3.72 ton /ha. Para el caso de *A. decurrens* la producción anual de biomasa fue de 311.49 Kg. en las parcelas y de 2.51 ton /ha.

Lo anterior concuerda con lo reportado por Oñoro, P. et al, en un sistema de maíz en callejones con *E. poeppigiana* encontraron que en cinco cosechas sucesivas no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, hallaron que en tres cosechas el monocultivo fertilizado supero al cultivo en callejones y en dos el cultivo en callejones supero a al monocultivo fertilizado. En todas las cosechas el monocultivo sin fertilizar fue superado significativamente por los demás tratamientos.

Jiménez, J. Solano, R. Viquez, E. Realizaron un estudio de evaluación inicial del sistema maíz en monocultivo y maíz en callejones con cuatro leguminosas arbóreas determinando el rendimiento del grano, finalmente concluyeron que el monocultivo fertilizado fue superior en tres cosechas.

Kass, Jiménez y Schlonvoigt afirman que el cultivo en callejones a sido criticado principalmente por que la competencia subterránea entre árboles y cultivos fue mas grande de lo que se esperaba y las podas realizadas para la fertilización de los cultivos sobre la superficie no fueron eficientes para reducir la competencia subterránea.

Se concluye finalmente, que el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays*) no se vio afectado positivamente por los aportes de la biomasa generada por las especies forestales, la igualdad estadística entre los rendimientos de la asociación

⁴⁷ GIRALDO, Op.cit., p. 45.

de este cultivo con *A. decurrens* y los del monocultivo fertilizado, así lo demuestran.

Para el caso de la asociación de maíz (*Zea mays*) con *T. stans* La biomasa aportada por esta especie no compenso la competencia ejercida incidiendo negativamente y disminuyendo el rendimiento del cultivo.

3.1.2 Rendimiento Equivalente de los Arreglos Agroforestales. Para el análisis del rendimiento equivalente de la tierra se tuvo en cuenta las producciones de maíz (*Zea mays*) en cada una de las formas de cultivo, es decir, producción de maíz (*Zea mays*) en asocio con Quillotocto (*Tecoma stans*), Producción de maíz (*Zea mays*) en asocio con Acacia (*Acacia decurrens*) y producción de maíz (*Zea mays*) en monocultivo (tabla 5).

En los sistemas de cultivo en callejones se tuvo en cuenta la producción de biomasa aportada por las especies forestales a la que se le dio un valor económico, establecido con base en la calidad del forraje y el valor del forraje de algunas especies presentes en la zona. En las tablas 6 y 7 se consignan los datos de productividad de cada uno de los sistemas de cultivo en callejón.

Navia afirma que para este tipo de evaluación es necesario dar un valor económico a la biomasa aportada por las especies forestales, con el fin de cuantificar su incidencia en la producción total del arreglo, también se puede cuantificar a través de gastos evitados de fertilizante.²

Tabla 5. Producción de maíz (*zea mays*) bajo tres sistemas de cultivo.

| SISTEMA DE CULTIVO | ÁREA m2 | PRODUCCIÓN PARCELA (Kg) | PRODUCCIÓN Ha (Kg) | VALOR Kg |
|---|------------|----------------------------|-----------------------|-------------|
| MAÍZ (<i>Zea mays</i>) EN MONOCULTIVO | 1230 | 256 | 2081 | 700 |
| MAÍZ (<i>Zea mays</i>) EN ASOCIO CON QUILLOTOCTO (<i>Tecoma stans</i>) | 1230 | 156 | 1270 | 700 |
| MAÍZ (<i>Zea mays</i>) EN ASOCIO CON ACACIA (<i>Acacia decurrens</i>) | 1230 | 181 | 1470 | 700 |

² ENTREVISTA con Jorge Fernando Navia Estrada, Docente Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad de Nariño. Pasto. Octubre de 2003.

Tabla 6. Productividad del sistema de maíz (*zea mays*) asociado con acacia (*Acacia decurrens*) en un cultivo en callejones en la microcuenca la cofradía, municipio de san Francisco, Departamento del Putumayo.

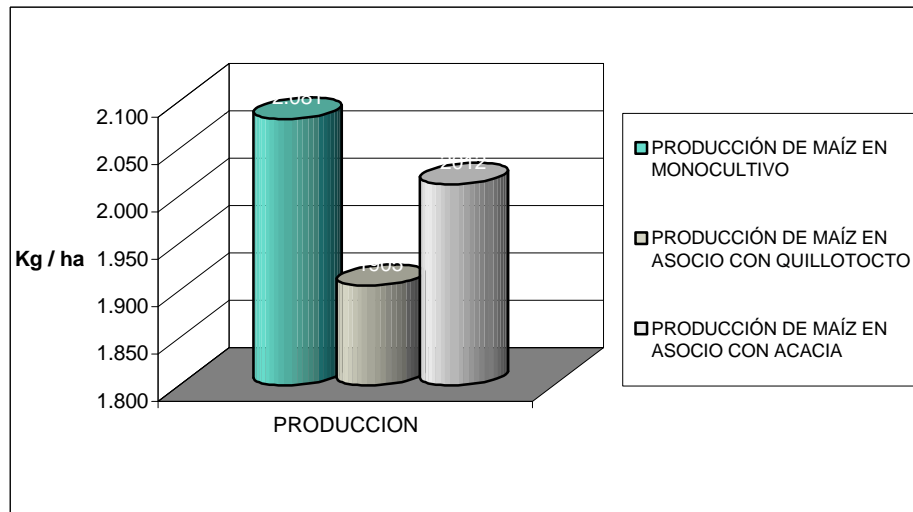
| PRODUCCIÓN DE MAÍZ (Kg) | | PRODUCCIÓN DE FORRAJE ACACIA (Kg) | | VALOR DEL FORRAJE (\$ / Kg) | VALOR TOTAL DEL FORRAJE POR Ha | VALOR REPRESENTATIVO EN Kg DE MAÍZ / Ha | TOTAL PRODUCCIÓN DEL SISTEMA Kg/Ha |
|-------------------------|------|-----------------------------------|------|-----------------------------|--------------------------------|---|------------------------------------|
| PARCELA | Ha | PARCELA | Ha | | | | |
| 181 | 1470 | 311.49 | 2532 | 150 | 379.800 | 542 | 2012 |

Tabla 7. Productividad del sistema maíz (*Zea mays*) asociado con Quillotocto (*Tecoma stans*) en un cultivo en callejones en la microcuenca la cofradía, municipio de San Francisco, Departamento del Putumayo.

| PRODUCCIÓN DE MAÍZ (Kg) | | PRODUCCIÓN DE FORRAJE QUILLOCTO (Kg) | | VALOR DEL FORRAJE (\$ / Kg) | VALOR TOTAL DEL FORRAJE POR Ha | VALOR REPRESENTATIVO EN Kg DE MAÍZ / Ha | TOTAL PRODUCCIÓN DEL SISTEMA Kg/Ha |
|-------------------------|------|--------------------------------------|------|-----------------------------|--------------------------------|---|------------------------------------|
| PARCELA | Ha | PARCELA | Ha | | | | |
| 156 | 1270 | 455 | 3709 | 120 | 445.080 | 635 | 1905 |

El rendimiento del cultivo fue de 2.081 Kg. / Ha en el sistema de monocultivo. En las dos asociaciones el rendimiento por hectárea fue de 2.012 Kg. /Ha para Maíz (*Zea mays*) con *A. decurrens* y de 1.905 Kg. /Ha para Maíz (*Zea mays*) asociado con *T. stans*. (figura 8)

Figura 8. Producción de maíz (*Zea mays*) bajo tres sistemas de cultivo en la microcuenca “La Cofradía” municipio de San Francisco, Putumayo.



Al dividir estos valores entre la producción de maíz (*Zea mays*) como monocultivo (2012/2.081 y 1905/2.081) se obtuvo un índice equivalente de uso de la tierra de 0.96 y 0.91 respectivamente.

En referencia a estos resultados Montagnini, indica que: “si el resultado es menor que uno, la asociación produce menos que cuando se siembran áreas equivalentes como monocultivos”⁴⁹.

Los resultados del presente trabajo permiten concluir que la asociación de maíz (*Zea mays*) con especies forestales *T. stans* y *A. decurrens* tuvo menores rendimientos que el monocultivo, posiblemente debido a que la biomasa aportada por las especies arbóreas no compensó la competencia ejercida por las mismas, especialmente en el caso de *T. stans*.

La disminución del número de plantas por área debido al espacio ocupado por los setos de las especies arbóreas disminuye notoriamente la producción, este aspecto podría cambiarse a lo largo del tiempo, al mejorar la cantidad y calidad de forraje aplicado al suelo. De igual forma existen factores edafoclimáticos los cuales se citaron anteriormente que al parecer influyeron en la descomposición del forraje verde aplicado en dos oportunidades (julio y noviembre de 2002) al suelo, ello incidió en el bajo aprovechamiento que tuvieron las plantas de dicho material.

⁴⁹ MONTAGNINI, Op.cit., p. 118.

Kass, Jiménez y Schlonvoigt, afirman al respecto, que los rendimientos en cultivos en callejones no superan a los registrados en monocultivos debido a que en ocasiones los nutrientes liberados, especialmente Nitrógeno, de la biomasa de los árboles no están disponibles cuando los cultivos los necesitan y que las cantidades de nutrientes reciclados por el material podado no es suficiente para satisfacer las necesidades de los cultivos.

3.2 ARREGLO DOS

3.2.1 Variables De Crecimiento En Tomate De Árbol (*Cyphomandra betacea*).

- **Altura de Plantas.** La tabla 5 muestra los promedios de crecimiento mensual respecto a la altura de plantas para las dos asociaciones Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) con *T. stans* y Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) con *A. decurrens* y en Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) como monocultivo. Para Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) con *T. stans* los valores variaron desde 27.45 cm. hasta 144.18 cm para la asociación con *A. decurrens* desde 29.82 cm hasta 157.45 cm y desde 30 cm hasta 161.64 cm. para Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) establecido en monocultivo. Ello generó un incremento al final del periodo de evaluación (Noviembre de 2002) de 116.73 cm., 127.63 cm. y de 131.64 cm respectivamente. (figura 9).

Figura 9. Incremento de altura de plantas de tomate de árbol en asocio con Quillotocto (*Tecoma stans*), Acacia (*Acacia decurrens*) y en el monocultivo al final del ensayo.

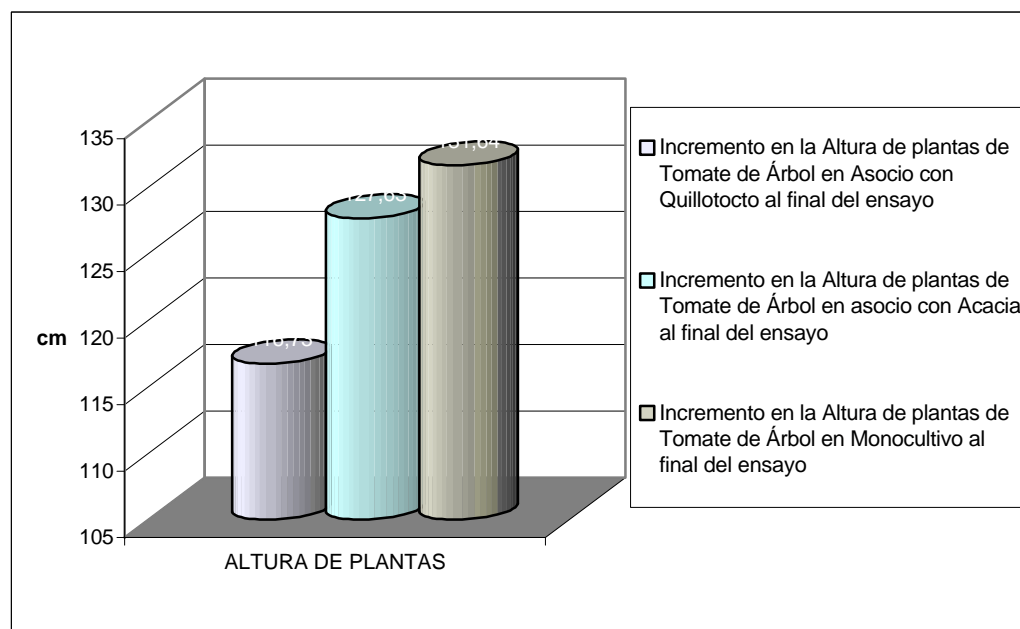
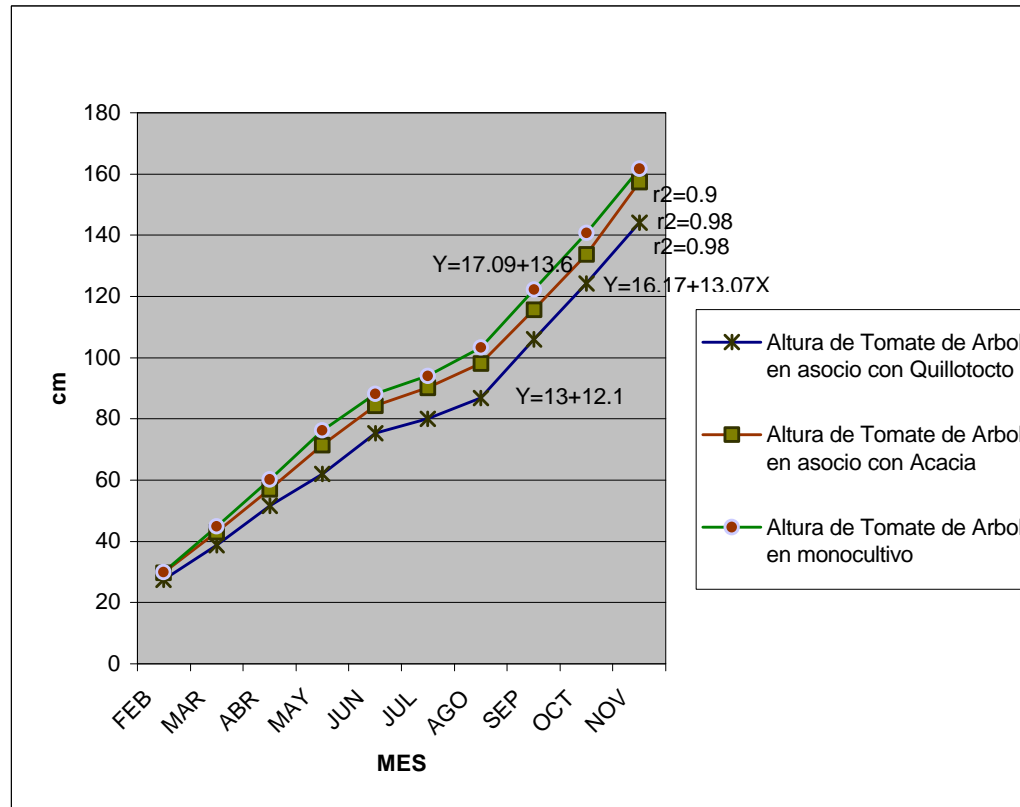


Tabla 8. Promedios mensuales para la variable altura de plantas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con Quillotocto (*Tecoma stans*), Acacia (*acacia decurrens*) y en monocultivo.

| ALTURA PROMEDIO DE PLANTAS (cm) | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| MES | TOMATE ASOCIADO CON QUILLOTOCTO | TOMATE ASOCIADO CON ACACIA | TOMATE EN MONOCULTIVO |
| FEB | 27.45 | 29.82 | 30 |
| MAR | 38.73 | 43.18 | 45 |
| ABR | 51.64 | 57.18 | 60.18 |
| MAY | 62.09 | 71.55 | 76.27 |
| JUN | 75.45 | 84.45 | 88.18 |
| JUL | 80.09 | 90.18 | 94.09 |
| AGO | 86.91 | 98.09 | 103.36 |
| SEPT | 106.09 | 115.64 | 122.36 |
| OCT | 124.27 | 133.82 | 140.64 |
| NOV | 144.18 | 157.45 | 161.64 |

El análisis de crecimiento permite concluir que existió un mayor desarrollo de la altura en el tomate de árbol establecido como monocultivo, mientras que los menores registros de crecimiento se observaron en la asociación con *T. stans* (figura 10)

Figura 10. Comportamiento de la altura de plantas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en asocio con Quillotocto (*Tecoma stans*), Acacia (*Acacia decurrens*) y en monocultivo al final del ensayo.



El análisis de varianza realizado para esta variable (tabla 9) mostró diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se realizó una prueba Duncan al 95 % de probabilidad en donde se determinó que existió igualdad en la altura de plantas de el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *A. decurrens* y el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en monocultivo, que además fueron superiores. El tratamiento uno tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *T. stans* presentó diferencia en inferioridad frente a los demás tratamientos. Ello pudo deberse, como se mencionó anteriormente a la competencia ejercida por la especie forestal asociada debido a su sistema radicular medianamente profundo. (Tabla 10)

Tabla 9. Análisis de varianza para la variable altura de plantas en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) bajo diferentes sistemas de cultivo en el mes de noviembre de 2002.

| FUENTE DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADO MEDIO | F CALCULADO | F TABULADO | |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| TRATAMIENTOS | 2 | 1827,1515 | 913,57575 | 17,38 | 3,32 | 5,39 |
| ERROR | 30 | 1576,9085 | 52,56361667 | | | |
| TOTAL | 32 | 3404,06 | | | | |

Tabla 10. Prueba Duncan para las variables altura de plantas y área foliar en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) bajo diferentes sistemas de cultivo.

| TRATAMIENTOS | ALTURA DE PLANTAS | | ÁREA FOLIAR | |
|--|-------------------|--------------|-------------|--------------|
| | MEDIA | GRUPO DUNCAN | MEDIA | GRUPO DUNCAN |
| TOMATE DE ARBOL (<i>Cyphomandra betacea</i>) ASOCIADO CON <i>T. stans</i> | 144,18 | A | 1,35 | A |
| TOMATE DE ARBOL(<i>Cyphomandra betacea</i>) ASOCIADO CON <i>A. decurrens</i> | 157,45 | B | 1,65 | B |
| TOMATE DE ARBOL (<i>Cyphomandra betacea</i>) EN MONOCULTIVO | 161,64 | B | 1,79 | B |

- Los tratamientos con letras iguales no presentan diferencias estadísticas significativas.
- Nivel de significancia 0.05 %

Los resultados encontrados indican que la incidencia de la biomasa aportada por las especies forestales aplicada en dos ocasiones al cultivo, no compenso la competencia ejercida por las mismas, ello se demuestra en que las dos asociaciones registraron valores de crecimiento inferiores al del monocultivo.

Es posible que la incidencia negativa ejercida por parte de las especies forestales en los cultivos en callejones en el primer año de estudio cambie con el paso del tiempo por la profundidad que van ganando las raíces, reduciendo con ello la competencia por nutrimentos y debido a que la cantidad de biomasa aportada por dichas especies será mayor.

No obstante, es necesario que se considere otros factores que pudieron incidir en estos resultados como la calidad de forraje aportado, tasas de descomposición de la biomasa, condiciones edafoclimáticas de la zona de estudio entre otros.

Para la asociación de Tomate de Arbol (*Cyphomandra betacea*) con *T. stans* la biomasa aplicada fue de 220.48 Kg. / parcela, equivalentes a 3.6 ton /ha para el mes de julio y 333.72 Kg. por parcela (5.5 ton / ha) para el mes de noviembre.

Para la asociación con *A. decurrens* los aportes registrados fueron de 128. 31 Kg. de materia verde / parcela (2.1 ton / ha) para el mes de julio y 231.70 Kg. / parcela (3.8 ton /ha) para el mes de noviembre.

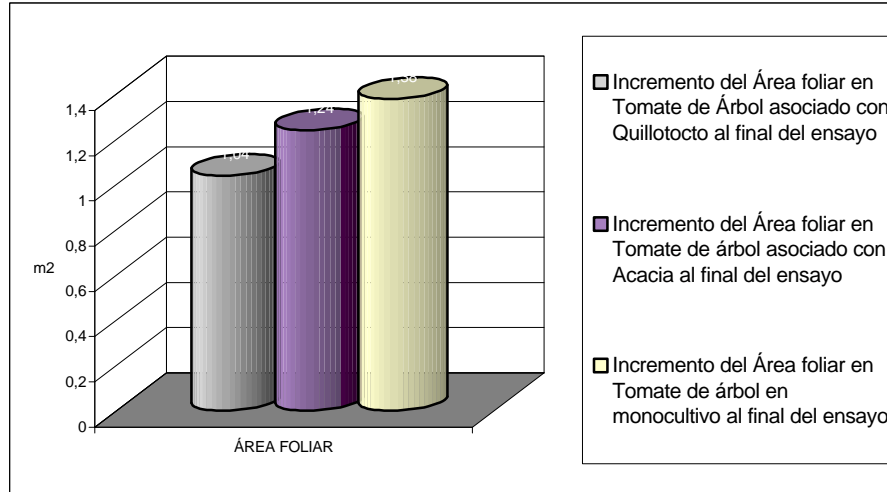
- **Área Foliar.** La tabla 11 muestra promedios para el área foliar de tomate de árbol en dos asociaciones de cultivo en callejones y en monocultivo.

Tabla 11. Promedios para la variable área foliar en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con Quillotocto (*Tecoma stans*), acacia (*Acacia decurrens*) y en monocultivo.

| ÁREA FOLIAR | | | |
|-------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| MES | VALOR PROMEDIO (m ²) | | |
| | TOMATE ASOCIADO CON QUILLOTOCTO | TOMATE ASOCIADO CON ACACIA | TOMATE EN MONOCULTIVO |
| MAR | 0.31 | 0.41 | 0.41 |
| MAY | 0.62 | 0.67 | 0.72 |
| JUL | 0.87 | 1.07 | 1.11 |
| SEPT | 1.14 | 1.37 | 1.43 |
| NOV | 1.35 | 1.65 | 1.79 |

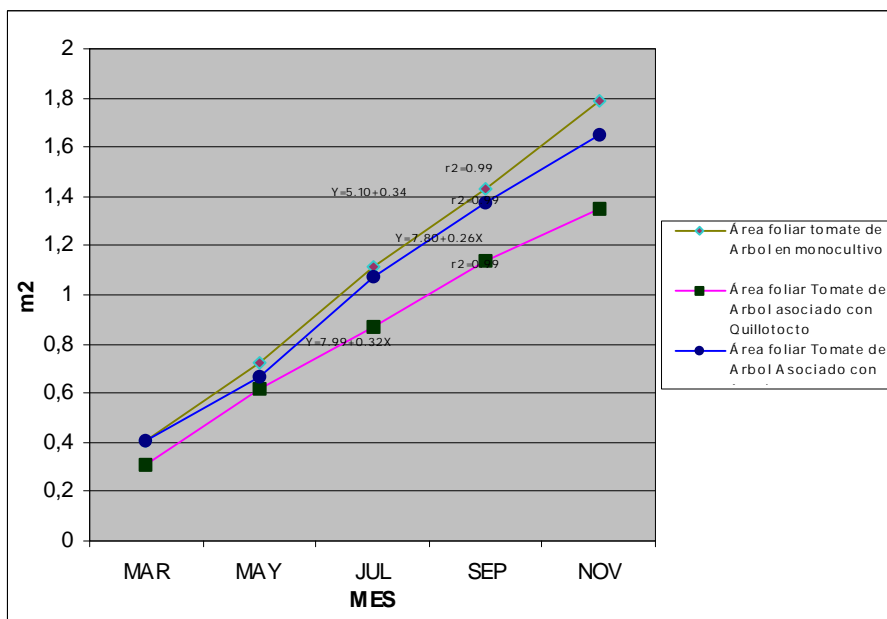
En Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *T. stans*, los valores variaron de 0.31 a 1.35 m² generando incremento al final del periodo de evaluación (10 meses) de 1.04 m². Para el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *A. decurrens* los valores variaron de 0.41 m² a 1.65 m², para un incremento de 1.24m² al final del ensayo, finalmente para el monocultivo el área foliar varió entre 0.41 m² y 1.79 m² lo que representó un incremento de 1.38 m². (figura 11)

Figura 11. Incremento del área foliar de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en asocio con quillotocto (*Tecoma stans*), acacia (*Acacia decurrens*) y en monocultivo al final del ensayo.



El análisis de crecimiento demostró que el mayor incremento respecto al área foliar, se presentó en el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) establecido como monocultivo, seguido de la asociación con *A. decurrens*. Los menores valores se registraron en la asociación con *T. stans* (figura 12)

Figura 12. Comportamiento de la variable área foliar de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con quillotocto (*Tecoma stans*), acacia (*Acacia decurrens*) y en monocultivo.



Para esta variable el análisis de varianza realizado en el final del proceso indicó diferencias altamente significativas entre los tres tratamiento (tabla12).

La prueba Duncan al 95% indicó que existe igualdad entre el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) que se desarrolló como monocultivo y el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en asociación con *A. decurrens* observándose en estos un mayor crecimiento en cuanto al área foliar se refiere, el tomate asociado con *T. stans* mostró inferioridad y diferencia frente a los demás tratamientos.(tabla 10)

Tabla 12. Análisis de varianza para la variable área foliar en tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) bajo diferentes sistemas de cultivo en el mes de noviembre de 2002.

| FUENTE DE VARIACION | GRADOS DE LIBERTAD | SUMA DE CUADRADOS | CUADRADO MEDIO | F CALCULADO | F TABULADO | |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|------------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| TRATAMIENTOS | 2 | 1,08902 | 0,54451 | 15,91 | 3,32 | 5,39 |
| ERROR | 30 | 1,02646 | 0,034215333 | | | |
| TOTAL | 32 | 2,11548 | | | | |

Los posibles factores que alteraron tanto la altura del tomate (*Cyphomandra betacea*) como el área foliar, en su asociación con *T. stans* son de forma directa la competencia ejercida por esta especie debido a su sistema de raíces (medianamente profundo). Este hecho también se presento en la asociación de esta especie con el cultivo de maíz, por lo que su uso en este tipo de arreglos estaría fuertemente limitado por este aspecto.

Montagnini, establece como concepto de competencia la remoción de un factor que es esencial para el crecimiento o desarrollo de una especie en particular. Para esta autora, el conocimiento de la biología y de la fenología de las especies y las practicas de manejo que van a ser utilizadas en el diseño e implementación de un sistema agroforestal es un aspecto de relevante importancia en su manejo.

Figura 13. Cultivo en callejones de Quillotocto (*Tecoma stans*) Asociado con maíz (*Zea mays*).



Figura 14. Registro de altura en Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*).



CONCLUSIONES

Para el número de mazorcas por planta en las asociaciones de Maíz (*Zea mays*) con *T. stans*, Maíz (*Zea mays*) con *A. decurrens* y para el Maíz (*Zea mays*) establecido como monocultivo se obtuvieron promedios de 1.82, 2.36 y 2.18 mazorcas por planta respectivamente. No se observó diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos y el testigo. Por ello se concluye que esta variable no se vio afectada por la fertilización realizada con el forraje de las especies forestales asociadas.

Para la variable peso de cien semillas la evaluación hecha al final del ciclo determinó valores de 28.33 gr. para el maíz (*Zea mays*) asociado con *T. stans*, 32.62 gr. para el maíz (*Zea mays*) asociado con *A. decurrens* y 30.87 gr. para el maíz (*Zea mays*) establecido como monocultivo. Los valores fueron estadísticamente iguales entre el maíz (*Zea mays*) asociado con *A. decurrens* y el maíz (*Zea mays*) establecido como monocultivo siendo a la vez los tratamientos superiores, El tratamiento dos Maíz (*Zea mays*) con *T. stans* fue diferente e inferior a los demás tratamientos. Lo anterior pudo deberse a que la competencia ejercida por la especie forestal debido a sistema radicular poco profundo, incidió negativamente en el desarrollo del cultivo en cuanto esta variable.

El rendimiento del Maíz (*Zea mays*) fue de 2.081 Kg. / Ha en el sistema de monocultivo. En las dos asociaciones el rendimiento por hectárea fue de 2.012 Kg. /Ha para Maíz (*Zea mays*) con *A. decurrens* y de 1.905 Kg. /Ha para Maíz (*Zea mays*) asociado con *T. stans*. El índice equivalente de uso de la tierra fue de 0.96 para la asociación con *A. decurrens* y 0.91 para la asociación con *T. stans*. La asociación de maíz (*Zea mays*) con especies forestales *T. stans* y *A. decurrens* tuvo menores rendimientos que el monocultivo, debido a que la biomasa aportada por las especies arbóreas y utilizada como fertilización, no compensó la competencia ejercida por las mismas. Así mismo La disminución del número de plantas por área debido al espacio ocupado por los setos de las especies arbóreas disminuye notoriamente la producción, este aspecto podría cambiarse a lo largo del tiempo, al mejorar la cantidad y calidad de forraje aplicado al suelo. No obstante, inevitablemente habría que considerar otros factores como tasa de descomposición de los forrajes y condiciones edafoclimáticas del medio.

Para Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) el análisis de crecimiento permite concluir que existió un mayor desarrollo de la altura en el tomate de árbol establecido como monocultivo, mientras que los menores registros de crecimiento se observaron en la asociación con *T. stans*. Se determinó que existió igualdad estadística en la altura de plantas del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *A. decurrens* y el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en

monocultivo, que además fueron superiores. El Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *T. stans* presentó diferencia e inferioridad frente a los demás tratamientos. Ello se debió, a la competencia ejercida por la especie forestal asociada debido a su sistema radicular medianamente profundo.

Para la variable área foliar en Tomate (*Cyphomandra betacea*) asociado con *T. stans* se obtuvo un incremento al final del periodo de evaluación de 1.04 m². Para el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) asociado con *A. decurrens* existió un incremento de 1.24m² al final del ensayo, finalmente para el monocultivo el incremento fue de 1.38 m². Se determinó que existe igualdad entre el tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) que se desarrolló como monocultivo y el tomate (*Cyphomandra betacea*) en asociación con *A. decurrens* observándose en estos un mayor crecimiento en cuanto al área foliar se refiere, el tomate asociado con *T. stans* mostró inferioridad y diferencia frente a los demás tratamientos.

Los posibles factores que alteraron tanto la altura del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) como el área foliar, en su asociación con *T. stans* son de forma directa la competencia ejercida por esta especie debido a su sistema de raíces medianamente profundo. Este hecho también se presentó en la asociación de esta especie con el cultivo de maíz, por lo que su uso en este tipo de arreglos estaría fuertemente limitado por este aspecto.

5. RECOMENDACIONES

Establecer rodales de las especies forestales utilizadas en los arreglos para evaluar estadísticamente variables de crecimiento, desarrollo y producción de biomasa en las mismas.

Continuar la evaluación de los arreglos a través del tiempo a fin de determinar si la biomasa aportada por las especies forestales compensa la competencia ejercida y la disminución de plantas debido al espacio ocupado por los setos establecidos.

Se recomienda dejar mayor intervalo de tiempo entre el establecimiento de las especies arbóreas y la siembra de los cultivos, con el fin de inducir que las especies arbóreas crezcan y se desarrollen normalmente lo que permitirá obtener mayor biomasa aprovechable en menor tiempo.

Evaluar la influencia que tiene la aplicación de la biomasa de las dos especies arbóreas en el suelo para tener una información en cuanto a la dinámica edáfica que presente la incorporación de la hojarasca de estas especies.

Realizar estudios posteriores concernientes a la evaluación de la producción del Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), debido a que no se evaluaron los componentes de productividad en esta especie por haberse estudiado los aspectos de establecimiento y la evaluación inicial de los arreglos en su primer año.

Realizar estudios concernientes a tasas de descomposición de la biomasa incorporada al suelo, debido a que las bajas temperaturas presentes en la zona, exceso de humedad en el suelo y otros factores pueden estar incidiendo en retardar significativamente la descomposición del material vegetal y por ende el aprovechamiento de este por el cultivo.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA MUNICIPAL DE SAN FRANCISCO PUTUMAYO. Esquema de ordenamiento territorial de San Francisco, Putumayo. Putumayo: Alcaldía Municipal, 2.001. 200 p.

AYTE CALVACHE, J. y NARVÁEZ PARRA, C. Evaluación del valor nutritivo de forrajes, Chilca (*Brachiaria latifolia*), Guarango (*Caesalpinia espinosa*) y Quillotocoto (*Tecoma stans*) en la etapa de levante cuyes (*Cavia porcellus*). San Juan de pasto, 1999, 112 p. Trabajo de grado (Zootecnista). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias pecuarias.

BARTHOMAUS, L. *et al.* El manto de la tierra. Bogota: GTZ, Eschborn, 1990. 322 p.

CASTILLO POTOSÍ, Yaneth y VILLOTA INSUASTI, Álvaro. Análisis agro económico del cultivo de Tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) en el municipio del tambo, Nariño. Pasto, 1993, 132 p. Trabajo de grado (Ingeniero agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas.

DEVLIN, R. Fisiología Vegetal. Barcelona, España: Editorial Acribia, 1980. 542 p.

ERAZO, C. y RODRÍGUEZ, C. Estudio preeliminar del establecimiento de un arreglo multiestrato con *A. decurrens*, *T. stans* y *Rubus sp.* Pasto, 2002, 142 p. Trabajo de grado (Ingeniería agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas.

FASSBENDER, H. Modelos Edafológicos de sistemas Agroforestales. Turrialba, Costa Rica : Centro Agronómico Tropical de Investigación y de Enseñanza, 1993. 494 p.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS. El cultivo del Tomate de árbol. Bogota: La federación, 1989. 20 p.

FERNÁNDEZ, J. *et al.* . Consorcio para la investigación y desarrollo de sistemas silvopastoriles: Uso de la *A. decurrens* como suplemento alimenticio para vacas lecheras, en clima frío de Colombia. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1999. 45 p.

GIRALDO, Luis Alfonso. Consorcio para la investigación y desarrollo de sistemas silvopastoriles: Potencial de la Arbórea *A. decurrens* como componente en sistemas silvopastoriles en el clima frío de Colombia. Medellín : Universidad Nacional de Colombia, 1999. 29 p.

HERNÁNDEZ, A. Y FORERO, F. Zonificación forestal y plan general de ordenamiento de los bosques del municipio de San Francisco, Departamento del Putumayo. Tolima, 2001, 168 p. Trabajo de grado (Ingeniería Forestal). Universidad del Tolima.

HIDROVO, N. Tecnología del cultivo de Tomate de Árbol (*Cyphomandra betacea*). Quito: SICA, Servicio de información Agropecuaria del Ecuador, 2000. 42 p.

JARAMILLO, Y. y JIMENEZ, J. Evaluación nutricional de árboles forrajeros en la alimentación de vacas Holstein en el trópico alto de Nariño. Pasto: s.n., 2000, p 36.

KASS, D.; JIMÉNEZ, J. y SCHOLONGVOIGT A. Como hacer el cultivo en callejones productivo aceptable y sostenible a pequeños agricultores. En: Agroforestería de las Ameritas. Vol. 4, No 14 (Abril – junio .1997). 78 p.

MARROQUIN, F. Evaluación de la propagación vegetativa y producción de biomasa foliar de matarratón (*Gliricidia sepium*) en el valle del Patia. Pasto, 1995, 67 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas.

MONTAGNINI, F. et al. Sistemas agroforestales: Principio y aplicaciones en los trópicos. San José, Costa Rica: Organización para estudios Tropicales, 1.992. 264 p.

MUÑOZ, D. y TULCÁN, L. Establecimiento de coberturas forestales en la microcuenca quebrada Juan Dayan, veredas Botana y Bella vista, municipio de Pasto. San Juan de pasto, 1999, 161 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agroforestal). Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas.

NAIR, R. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. México : Universidad autónoma de Chapingo, 1997. 537 p.

NAVIA ESTRADA, J. Producción de maíz en un cultivo en callejones con matarratón (*Gliricidia sepium*), Informe final. Palmira, Colombia : CORPOICA, 1.999. 52 p

PREISIG, A. ESPINOSA, H. Sistemas agroforestales para el manejo de cuencas Andinas En: Agroforestería de las Ameritas. Vol. 5. No 20 (Oct – Dic.1998). p.11.

RODRÍGUEZ, José; PEÑA, José y PLATA, Eduardo. Flora de los andes: cien especies del altiplano Cundiboyasense. Bogota, Colombia: Corporación Autónoma regional de las cuencas de los ríos Bogota, Ubate y Suárez, 1994. 247 p.

REYES, P. El maíz y su cultivo. México: Editorial Limusa, 1990. 460 p.

SÁNCHEZ TÉLLEZ, M. Cultivo en Callejones sistema alternativo de producción sostenible en zona de ladera del oriente Caldense: CORPOICA, Regional nueve, 1999. 22 p.

SANTACRUZ, L. Y ZAMBRANO, L. Proyecto Revegetalización de la microcuenca “La Cofradía” en el municipio de San Francisco, Putumayo. San Francisco, Putumayo: s.n., 2.001. 40p.

SAÑUDO SOTELO, B. *et al.* Introducción al manejo de frutales andinos. Pasto, 2002, 118 p. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias agrícolas.

SENA – INDERENA. Especies vegetales para la protección del recurso hídrico. Santa fe de Bogotá : SENA - INDERENA, 1986. 298 p.

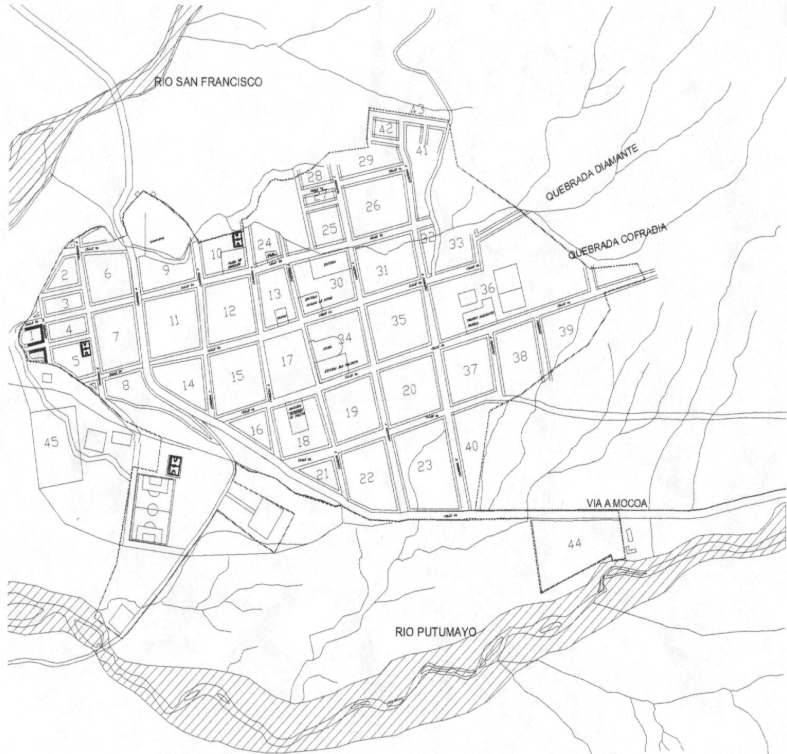
SIMON, M. TRUJILLO, A. determinación del Área Foliar en cinco clones de ocumo (*Xanthosoma sagittifolium*) En : Revista Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela Vol. 16 No 14 (1990). p. 17.

UNIDAD REGIONAL DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA – URPA. Evaluaciones agropecuarias del departamento del Putumayo del año 2000. San miguel de Agreda de Mocoa, Putumayo: URPA, 2.002. 60 p.

ZAMBRANO, J e IBARRA, J. Identificación y establecimiento de algunas especies arbóreas para el corregimiento de Obonuco, municipio de Pasto, dentro del proyecto Unidad Ambiental y recreativa Pastosidad para el tercer milenio. Pasto, 2001, 153 p. Trabajo de grado (Ingeniero agroforestal). Universidad de Nariño. Facultad de ciencias Agrícolas.

Anexos

Anexo A. Microcuenca “La Cofradía”, municipio de San Francisco, Departamento del Putumayo.



MAPA MUNICIPIO DE SAN FRANCISCO

Anexo B. Localización del municipio de San Francisco, Putumayo.

