



TIKALIA

INFORMACION CIENTIFICO-TECNOLOGICA

Vol. IX Nos. 1 y 2

AÑO 1991



Ingeniero
Fernando Rodríguez
Subárea Manejo y Mejoramiento
de Plantas
Facultad de Agronomía

**Sistemas de Producción Agrícola
Recursos Naturales Renovables**

ENERO-DICIEMBRE 1991



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía



Tikalía

La Revista Tikalía es el órgano oficial de divulgación de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Su propósito es contribuir al desarrollo de las Ciencias Agrícolas, mediante la publicación de artículos científicos y técnicos que reflejan los resultados de las investigaciones que realizan profesores y estudiantes de la Facultad; así como la publicación de artículos teóricos elaborados por científicos y técnicos de otras universidades e instituciones de investigaciones agrícolas, que se adecúen a las necesidades del desarrollo académico de la Facultad.

Los autores son responsables del contenido de sus artículos.



FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

JUNTA DIRECTIVA

Ing. Agr. Efraín Medina Guerra
DECANO

Ing. Agr. Marco Romilio Estrada Muy
SECRETARIO

Vocal I: Ing. Agr. Mynor Estrada Rosales
Vocal II: -----(vacante)
Vocal III: -----(vacante)
Vocal IV: P. Agr. Alfredo Itzep Manuel
Vocal V: P. Agr. Francisco Rafael Ibarra

COMITE EDITORIAL

Dr. José de Jesús Castro Umaña (Coordinador)
Ing. Fstal. José Mario Saravia Molina
Lic. Carlos Quezada Jerez
Br. Marco Tulio García
Pdsta. Dennis Escobar Galicia (editor)

CONTENIDO

AGRONOMIA

Determinación, Conservación y Manejo Agronómico de Especies de Bambú	1
<i>Negli René Gallardo P.</i>	
<i>Ernesto Carrillo</i>	
<i>Gustavo Oliva</i>	
<i>Héctor Gutiérrez</i>	
<i>Manuel Valdéz</i>	
<i>Pedro Almira Atz</i>	

CONSERVACION DE SUELOS

Evaluación de Prácticas de Conservación de Suelos en la Cuenca del Río Pensativo (Fase III).....	35
<i>Maxdelio Herrera</i>	
<i>Hugo Tobías</i>	
<i>Luisa Gálvez</i>	
<i>Samuel Tojín</i>	

FITOPATOLOGIA

Evaluación de la Susceptibilidad de Nueva Especies de Pino a la Roya Agalladora	51
---	----

BIOTECNOLOGIA

Colecta In Vitro de Germoplasma de Coffea Arábica L	57
<i>Miriam Borbor Ponce</i>	
<i>José Calderón Díaz</i>	
<i>Héctor Lozoya Saktaña</i>	
<i>Mabilia Oicata L.</i>	
Avances en la Genética de la Simbiosis Fijadora de Nitrógeno en las Plantas	67
<i>Luis Mejía De León</i>	

PARQUES NACIONALES

Contribución al Estudio de la Aplicación del Uso Múltiple en la Planificación de Parques Nacionales.....	75
<i>Oscar Manuel Núñez S.</i>	

ECONOMIA AGRICOLA

Relación de la Exportación Agrícola Tradicional con la Producción, los Precios y los Impuestos a la Exportación en Guatemala, 1964-1988	93
<i>Edwin A. Areano Berganza</i>	
<i>Ariel Ontz López</i>	

PRESENTACION

La Universidad como centro de producción sistematizada de conocimientos, necesita canalizar todas sus potencialidades en la prestación de servicios, impulsando sus programas de naturaleza cultural y científica.

Para la consecución de dicho objetivo la Universidad utiliza la comunicación. Es por ello que la Facultad de Agronomía no ha soslayado la importancia de seguir editando publicaciones que como TIKALIA, contribuyen a difundir los conocimientos científicos.

En nuestro medio publicaciones como TIKALIA son muy escasas. Ello es reflejo de la falta de generación de conocimientos científicos, juventud de nuestra comunidad científica y limitaciones de tipo económico.

La Facultad de Agronomía, a través de su Comité Editorial, está consciente de la importancia de la divulgación científica; en tal sentido está acrecentando su dinamismo a fin de mejorar la calidad de su producción.

TIKALIA continuará editándose y se espera que a partir de la fecha se convierta en una publicación más periódica, tal como lo establece el Reglamento del Comité Editorial.

"La divulgación científica es una misión impostergable de la Universidad"; por lo que una vez más solicitamos a los lectores sus aportes y críticas. El objetivo es hacer de TIKALIA una publicación que además de difundir la ciencia se convierta en "material didáctico" que contribuya al proceso de enseñanza-aprendizaje.

DETERMINACION, CONSERVACION Y MANEJO AGRONOMICO DE ESPECIES DE BAMBU.

*Negli René Gallardo P. ***

*Ernesto Carillo ****

*Gustavo Oliva *****

*Héctor Gutiérrez *****

*Manuel Valdés *****

*Pedro Armira Atz *****



RESUMEN

La importancia de la investigación en bambú está enmarcada en el déficit de vivienda, el alto grado de erosión de las cuencas hidrográficas frente al avance de la frontera agrícola, la explosión demográfica y la demanda de leña.

Los objetivos que se persiguen son: conocer el comportamiento en función de las propiedades físico-mecánicas, evaluar la respuesta a la propagación vegetativa y determinar el germoplasma existente en la región sur-occidental, tanto región costera como altiplano de la República de Guatemala.

En la determinación de las propiedades físico-mecánicas, se colectaron tallos de 3 a 6 años, los que fueron secados y se elaboraron probetas para someterlos a pruebas físicas y mecánicas, utilizando la máquina universal de ensayos de acuerdo a las normas de ASTM.(2).

La Evaluación de propagación vegetativa consistió en tomar fracciones del tallo identificados como basal, media y apical así como de la rama principal y secundaria parte basal, este material se organizó en un diseño experimental bifactorial a nivel de propagador utilizando como sustrato arena de río.

Para la colecta y determinación de especies, se realizaron expediciones de colecta explorando por caminos vecinales y áreas aledañas, colectando ramas funcionales y sus ápices foliáceos, ramitas complementarias, vainas y hojas caulinares, culmos hasta el quinto entrenudo, flores y frutos cuando éstos estuvieron presentes, para luego ser determinadas las especímenes en el Herbario de la Facultad de Agronomía por medio de claves de identificación.

** Investigador Coordinador del proyecto. Ing. Agrónomo Profesor de la FAUSAC.

*** Investigador adjunto del proyecto. Profesor de la FAUSAC.

**** Investigadores auxiliares del proyecto. Estudiantes de la FAUSAC

A nivel de propiedades físico-mecánicas la especie que mejor respuesta presenta es *Bambusa tulda* y la parte del tallo con mejor respuesta a los esfuerzos de tensión y compresión paralela a la fibra fue la parte apical, correspondiendo a la parte basal el valor más alto para el esfuerzo de corte paralelo a la fibra, tensión y clivaje perpendicular a la fibra.

Para la región sur-occidental se determinaron siete géneros de los cuales tres son nativos y cuatro exóticos, encontrándose en total diez y siete especies.

En la propagación vegetativa la especie que mejor respondió fue *Bambusa vulgaris* Var. *striata*.

El bambú, a juzgar por la respuesta en cuanto a características físico-mecánicas, de propagación, crecimiento y diversidad biológica, constituye un recurso biológico que debe estudiarse más para conocerlo y poder manejarlo en mejor forma a efecto de garantizar su conservación.

I. INTRODUCCION

La presente investigación para su fundamentación parte de las características de la realidad ambiental y social de Guatemala, la cual se puede visualizar brevemente por los siguientes indicadores.

- a) **Vivienda:** El perfil ambiental de la República de Guatemala (1987), indica que el déficit anual de vivienda es de 45,000 unidades, en tanto que el acumulado alcanza los 785,000 y la población con vivienda inadecuada alcanza el 50% del total.
- b) **Crecimiento poblacional:** (Segeplan 1988). La población guatemalteca para 1986 contaba con 8.2 millones de habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 3.2%, por lo que el tiempo de duplicación de la población es de 22 años.
- c) **Cubierta forestal:** En 1976, el Señor Mitak en un informe a la FAO indica que a partir de 1950 la cubierta vegetal ha sido seriamente disminuída. En 1950 el 64.7% del territorio estaba cubierto de bosque. En 1954 sin incluir el Petén, contaba con 48% de cubierta boscosa, en 1975 esa misma región tenía únicamente el 22%.
- d) **Consumo de leña:** Según Montenegro (1985) el consumo de leña ha tenido el siguiente comportamiento: En el año de 1972 fue de 9.47 millones de m³, en 1979 de 11.50 millones de m³, en 1990 de 16.6 millones de m³ y para el año 2,000 significarán 19 millones de m³ de demanda en función del crecimiento poblacional.
- e) **Pérdida de suelo:** La gravedad del fenómeno se puede visualizar en las siguientes cuencas.
 - Río Villalobos se erosionan 11.7 m³/Ha/año
 - Río Chixoy se erosionan 7.6 m³/Ha/año
 - Río Motagua se erosionan 3.86 m³/Ha/año.

Con base en los anteriores indicadores y tomando en consideración las características del bambú en cuanto a rápido crecimiento, consistencia de fibra, sistema radical abundante, diversidad biológica, amplio rango de adaptación, alta capacidad de cobertura y perspectivas de utilización en vivienda, artesanía, agricultura, industria, protección de cuencas etc., puede constituir una alternativa viable para contribuir a frenar la deforestación, dar protección al suelo permitiendo un mejor aprovechamiento de las cuencas hidrográficas, así como una alternativa como fuente de trabajo.

En función de lo anterior, la presente fase del proyecto contempla investigación en cuanto a propiedades físico-mecánicas, propagación y determinación de especies.

Los resultados que se presentan corresponden a los sub-proyectos:

1. Evaluación de propiedades físico-mecánicas de cuatro especies de bambú. Esta investigación se realizó en el laboratorio de Resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería.
2. Evaluación de propagación vegetativa en tres especies de bambú empleando secciones

de tallo y rama. La investigación se realizó en el Centro de Agricultura Tropical Buhxyá.

3. Colecta y determinación de especies exóticas y nativas existentes en los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, Sololá y San Marcos.

El trabajo de campo se realizó durante el segundo semestre del año 1988 y el primer semestre de 1989, finalizando los análisis de gabinete durante el segundo semestre de 1989.

II. OBJETIVOS

1. Evaluar las propiedades físico mecánicas de cuatro especies de bambu,
2. Evaluar la propagación vegetativa de tres especies de bambú, empleando secciones de tallo y rama.
3. Colectar y determinar las especies exóticas y nativas existentes en los Departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos y Sololá.

III. METODOLOGIA

A. "Evaluación de propiedades físico mecánicas de cuatro especies de bambú"

Para la realización de la investigación se seleccionaron las siguientes especies: *Bambusa vulgaris* Var. *Striata*, *Bambusa arundinacea*, *Gigantochloa Verticillata* y *Bambusa tulda*.

La edad del material osciló en tres y seis años, intervalo en el cual se encuentra su período de maduración; cada culmo o tallo se dividió en tres secciones iguales que se identificaron con su respectiva codificación, como aparece en el cuadro No. 1

Los culmos fueron almacenados a la sombra, colocándose en forma inclinada y apoyándose entre sí durante cuarenta y cinco días, la razón fue para permitir un secado a temperatura ambiente y evitar rajamiento.

Después del período de secado se procedió a la elaboración de probetas, se deshidrataron en horno a 100°C.

CUADRO 1. Descripción de los tratamientos a evaluar.

No.	ESPECIE	No.	Parte del tallo	Clave de Id. tratamiento	R	NP	TOTAL
1.	<i>Bambusa vulgaris</i> Var. <i>striata</i>	1	basal	1.1	3	8	24
		2	media	1.2	3	8	24
		3	apical	1.3	3	8	24
2.	<i>Bambusa arundinacea</i>	1	basal	2.1	3	8	24
		2	media	2.2	3	8	24
		3	apical	2.3	3	8	24
3.	<i>Gigantochloa verticillata</i>	1	basal	3.1	3	8	24
		2	media	3.2	3	8	24
		3	apical	3.3	3	8	24
4.	<i>Bambusa tulda</i>	1	basal	4.1	3	8	24
		2	media	4.2	3	8	24
		3	apical	4.3	3	8	24
Total de Pruebas o ensayos							288

Referencias:

- R = Repeticiones del mismo tratamiento
 NP = Número de pruebas a realizarse
 TOTAL = Total de pruebas de cada tratamiento

1. Propiedades físicas evaluadas:

- 1.1. Contenido de humedad
- 1.2. Contracción
- 1.3. Peso específico

2. Propiedades mecánicas evaluadas:

- 2.2. Tensión paralela a la fibra
- 2.2. Comprensión paralela a la fibra
- 2.3. Corte paralelo a la fibra
- 2.4. Clivaje y tensión perpendicular a la fibra

Las pruebas mecánicas fueron realizadas en la máquina universal de ensayos del laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

3. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar desbalanceado con 4 repeticiones y un

arreglo combinatorio factorial de 4X3.

3.1. Variables a evaluar:

Factor A: Especies

Factor B: Parte del tallo a utilizar

B. Subproyecto "Evaluación de propagación vegetativa en tres especies de Bambú, empleando secciones de tallo y rama".

1. Especies evaluadas:

1.1. *Bambusa arundinacea*

1.2. *Bambusa vulgaris* Var. *striata*

1.3. *Gigantochloa verticillata*

El material fue obtenido de macollas que han mostrado buena adaptación en el Centro de Agricultura Tropical Bulbuxyá, donde se realizó la investigación.

2. Esquejes utilizados

2.1. Secciones de tallo

Por cada especie se seleccionaron 20 tallos de dos a tres años de edad, con yemas turgentes. Cada tallo se dividió en tres secciones iguales, identificadas como parte basal, media y apical; a partir de la base de cada sección, se obtuvo una sección con cuatro nudos.

2.2. Secciones de ramas

De la parte media y apical de cada uno de los tallos seleccionados, se seleccionaron ramas con características adecuadas para la propagación.

2.2.1. Secciones de rama primaria

Se tomó la parte basa, llevando por consiguiente una fracción de tallo donde la parte basal, llevando por consiguiente una fracción de tallo donde se inserta la rama con la mitad de cada uno de los entrenudos adyacentes.

La rama principal se podó después del segundo entrenudo bien diferenciado.

2.2.2. Secciones de rama secundaria

A partir de las ramas primarias se seleccionaron dos secciones cuyas ramas secundarias mostraban yemas turgentes; al igual que en el caso anterior, la sección de la base de la rama secundaria se cortó en la misma forma. Esta modalidad conservó el follaje, se plantaron dejando enterrado hasta un entrenudo bien diferenciado de la rama secun-

daria.

2.2.3. Secciones de rama con astilla

Se obtuvieron de cada tallo seleccionado cuatro fracciones de rama principal, conteniendo su parte basal con una pequeña astilla del nudo del tallo.

Todo el material vegetativo seleccionado fue plantado en camas de propagación bajo un sombreador rústico. El sustrato empleado fue arena de río con una profundidad de 25 cms. El material fue desinfectado con una solución de pentacloronitrobenzeno (PCNB) al 1%

3. Diseño Experimental

El diseño experimental empleado fue un arreglo bifactorial. Los factores fueron: Especies de bambú y tipo de esqueje. El arreglo bifactorial se colocó en un diseño completamente al azar, con dos repeticiones.

El número de esquejes para cada tipo, por especie evaluada fue el siguiente:

- 10 para secciones de tallo
- 20 para secciones de rama principal con sección de tallo con un nudo.
- 40 para secciones de rama principal con astilla y secciones de rama secundaria respectivamente.

4. Parámetros evaluados

- 4.1. Días a brotación
- 4.2. Porcentaje de brotación
- 4.3. Porcentaje de sobrevivencia
- 4.4. Porcentaje de enraizamiento
- 4.5. Producción de materia seca

C. Sub-proyecto "Colecta y determinación de especies exóticas y nativas existentes en los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, Sololá y San Marcos.

1. Colecta

Para la colecta se realizaron recorridos en vehículo y a pie, en las áreas accesibles, en los municipios del área de trabajo.

2. Enumeración general de la información registrada en el área de colecta, en base a la boleta de campo.

- 2.1. Tipo de hábito
- 2.2. Rizoma

2.3. Culmos

2.4. Yemas

2.5. Ramas

3. Material colectado para la determinación en gabinete

3.1. Ramas funcionales y sus apéndices foliáceos, así como sus ramitas complementarias.

3.2. Vaina caulinar y hojas caulinares

3.3. Culmos, hasta el quinto entrenudo, cuando sea posible con yema.

3.4. Flores y frutos cuando estén presentes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Sub-proyecto "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de cuatro especies de Bambú".

1. Propiedades Físicas

1.1. Contenido de humedad

Se realizó un análisis de varianza para el contenido de humedad tomado al momento del corte del material y al momento de efectuar las pruebas o ensayos.

El porcentaje de humedad al momento del corte, presentó diferencia significativa en cuanto al factor B (fracción de tallo); por lo que se efectuó la prueba múltiple de medias, con los resultados siguientes:

a. Factor B

El mayor porcentaje de humedad se presenta en la parte basal del tallo disminuyendo gradualmente hacia la parte apical, donde presenta los menores porcentajes de humedad.

En el caso del porcentaje de humedad de las probetas secadas al ambiente, hubo significancia estadística para el factor A y B, por lo que se corrió la prueba múltiple de medias, con los resultados siguientes:

a. Factor A

La especie que presentó mayor porcentaje de humedad fue *B. arundinacea* siguiéndole *B. tulda* y *B. vulgaris* Var. *striata* que son iguales estadísticamente y la que menor porcentaje presentó fue *G. verticillata*.

b. Factor B

En cuando a las partes del tallo, la parte basal y media son estadísticamente iguales manifestándose diferencia únicamente en la parte apical. Ver gráficas 1 y 2 en apéndice I.

1.2. Contracción

En cuanto a la contracción paralela a la fibra, no hay diferencia significativa.

Para la contracción perpendicular a la fibra hubo diferencia significativa, por lo que se corrió la prueba múltiple de medias (Tukey), con los siguientes resultados:

a. Factor A (especies)

B. arundinacea presentó mayor grado de contracción y *G. verticillata* el menor grado de contracción.

b. Factor B (partes del tallo)

La mayor contracción la presentó la parte basal del tallo y la menor contracción la parte apical del tallo. Ver gráficas 3 y 4 en Apéndice I.

c. Interacción entre Factor A y B

La zona de mayor contracción fue la parte basal del tallo en *B. vulgaris* var. *striata* y *B. arundinacea*, así como la menor contracción fue para la parte apical del tallo en las especies *G. verticillata*, *B. tulda* y *B. vulgaris* var. *striata* respectivamente.

1.3. Peso específico aparente

Del análisis de varianza, todas las fuentes de variabilidad resultaron significativas, debiéndose correr la prueba múltiple de medias, con los resultados siguientes:

a. Factor A

La especie *B. tulda* obtuvo el mayor valor, mientras que las demás especies son estadísticamente iguales. Ver gráfica 5 en el Apéndice I.

b. Factor B

El mayor valor lo presentó la parte basal del tallo y el menor valor la parte apical del tallo.

c. Interacción entre factor A y B

Solamente *B. tulda* resultó diferente, teniendo su valor más alto en la parte basal del tallo.

2. Pruebas mecánicas

2.1. Tensión y compresión paralela a la fibra

En ambos esfuerzos hubo significancia en el análisis de varianza, corriéndose la prueba múltiple de medias, con los resultados siguientes:

a. Factor A

Los valores más altos correspondieron para *B. tulda*, siguiendo en orden descendente *B. arundinacea*, *G. verticillata* y *B. vulgaris* var. *striata*.

b. Factor B

Los valores más altos correspondieron para la parte apical del tallo y los más bajos para la parte media del tallo.

c. Interacción entre Factor A y B

El valor más alto lo presentó *B. tulda* en la parte apical del tallo, siguiendo en orden descendente *B. arundinacea*, *G. verticillata* y *B. vulgaris* var. *striata*.

Hubo significancia en el análisis de varianza únicamente para el factor A y el B, no así para la interacción, por lo que se corrió la prueba múltiple de medias con los resultados siguientes:

a. Factor A

La especie con mayor valor fue *B. tulda*, siguiendo *B. arundinacea*, teniendo el valor mas bajo *B. vulgaris* var. *striata* y *G. verticillata*

b. Factor B

El valor más alto lo presentó la parte basal del tallo y la parte media del tallo el valor más bajo. Ver gráficas 6 y 7 en Apéndice I

2.3 Clivaje y tensión perpendicular a la fibra.

Los análisis de varianza para los dos ensayos, resultaron significativos para todas las fuentes de variabilidad, corriéndose la prueba múltiple de medias, con los resultados siguientes:

a. Factor A

El valor más alto para ambas pruebas lo presentó *B. tulda*, siguiendo *B. arundinacea*, presentando el menor valor *G. verticillata* y *B. vulgaris* Var. *striata*.

b. Factor B

El mayor valor lo presentó la parte basal del tallo y el menor valor la parte apical, en ambas pruebas. Ver gráficas 8 y 9 en Apéndice I.

c. Interacción entre factor A y B

En el esfuerzo de clivaje, el valor más alto a nivel de especie fue el de *B. tulda*, siguiendo *B. arundinacea*, *G. verticillata*, *B. vulgaris*, var *striata*, parte basal, media y apical respectivamente.

En el esfuerzo de tensión los valores más altos los presentaron *B. tulda* y *B. arundinacea* en la parte basal del tallo disminuyendo hacia la parte apical y los valores más bajos se tuvieron en *B. vulgaris* Var *striata*, parte basal, media y apical respectivamente.

En el esfuerzo de tensión los valores más altos los presentaron *B. tulda* y *B. arundinacea* en la parte basal del tallo disminuyendo hacia la parte apical y los valores más bajos se tuvieron en *B. vulgaris* Var. *Striata* y *G. verticillata* en la parte apical.

B. Subproyecto "Evaluación de propagación vegetativa en tres especies de bambú, empleando secciones de tallo y rama".

1. Brotación

Hubo diferencia significativa, debiéndose correr la prueba múltiple de medias, con

los resultados siguientes:

a. Factor A

Los porcentajes de brotación promedio fueron de 68% para *G. verticillata*, 93% *B. arundinacea* y 95% *B. vulgaris*.

b. Factor B

Los esquejes con el porcentaje más bajo de brotación, abajo del 50% fueron los de rama secundaria. Ver cuadros 1 y 2 en apéndice II.

c. Interacción entre Factor A y B

Estadísticamente todos los esquejes son iguales, a excepción de los de rama con astilla y rama secundaria de *G. verticillata*, que presentan 43.75 y 1.25% de brotación respectivamente.

2. Sobrevivencia

a. Factor A

Las especies *B. vulgaris* Var *Striata* y *B. arundinacea* son estadísticamente iguales, pero diferentes a *G. verticillata*, habiendo sido sus porcentajes de sobrevivencia de 88.84 y 54%, respectivamente.

b. Factor B

Parte basal, media y apical del tallo y rama principal, se comportaron estadísticamente iguales; un segundo grupo lo constituyen: parte apical del tallo, rama principal y rama con astilla, con porcentajes de sobrevivencia menores que el primer grupo; pero muy superiores a los de rama secundaria. Ver cuadros 3 y 4 en apéndice II.

c. Interacción entre factor A y B

No son estadísticamente iguales los esquejes de rama principal de *G. verticillata* y los esquejes de rama secundaria de *B. arundinacea* y *B. vulgaris* var *striata*.

3. Enraizamiento

a. Factor B

El porcentaje promedio de enraizamiento de las especies evaluadas fue de 71.50% para *B. arundinacea*, siendo las dos últimas estadísticamente iguales.

b. Factor B

Los porcentajes promedios de esquejes con brotes y raíces fueron: 60.0% parte apical del tallo; 42% para rama principal; 34.2% para rama con astilla y 2.10% para rama secundaria. Ver cuadros 5 y 6 en apéndice II.

c. Interacción entre Factor A y B

No hubo diferencias significativas.

4. Producción materia seca

a. Factor A

Las tres especies se comportaron estadísticamente diferentes, correspondiente a *B. vulgaris* var *striata* un promedio de materia seca de 15.04 gramos, 7.87 gramos para *B. arundinacea* y 3.91 gramos para *G. verticillata*.

b. Factor B

Parte basal y media del tallo se comportaron estadísticamente iguales, cuyos promedios fueron 17.45 y 18.96 gramos respectivamente.

Parte apical del tallo y rama principal se comportaron estadísticamente iguales, cuyos promedios fueron 9.54 y 5.92 gramos respectivamente.

Rama con astilla y rama secundaria se comportan estadísticamente iguales, cuyos promedios fueron de 1.18 y 0.22 gramos respectivamente. Ver cuadros 7 y 8 en apéndice II.

c. Interacción de Factor A y B

La parte basal y media del tallo de *B. vulgaris* var. *striata* son estadísticamente iguales, fueron diferentes a los demás y reportaron los mayores promedios.

C. Subproyecto "Colecta y determinación de especies exóticas y nativas existentes en los Departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, Sololá y San Marcos".

Los géneros y especies determinados en la presente investigación tienen una ubicación altitudinal dentro del área de muestreo de los cinco departamentos seleccionados, que a continuación se enumeran.

1. Género *Chusquea*, es nativo, se encuentra a una altura promedio de 2706 m.s.n.m., siendo el que alcanza la mayor altitud; las especies determinadas fueron:

1.1. *chusquea heydei* Hitch

1.2. *chusquea lanceolata*

1.3. *chusquea longuifolia* Swallen

1.4. *chusquea pittieri* Hack

1.5. *chusquea* sp.

2. Género *Arthrostylidium*, es nativo, se encuentra a una altura promedio de 1050 m.s.n.m., las especies determinadas fueron:

2.1. *Arthrostylidium pittieri* Hack

2.2. *Arthrostylidium bartlettii* McChure

3. Género *Phyllostachys*, este género es de los más cosmopolitas, es exótico, se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1515 m.s.n.m. las especies determinadas fueron:
 - 3.1. *Phyllostachys aurea* A & C Riviere
 - 3.2. *Phyllostachys bambusoides* McClure
4. Género *Bambusa*, es conjuntamente con el anterior de los más cosmopolitas, es exótico, se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1515 m.n.s.m., las especies determinadas fueron:
 - 4.1. *Bambusa vulgaris* Schard
 - 4.2. *Bambusa vulgaris* Schard ex Wendl forma *Vittata* A. & C. Riv.
 - 4.3. *Bambusa arundinacea* Willd.
5. Género *Gigantochloa*, es exótico, se le encuentra a una altitud que no sobrepasa los 609 m.s.n.m. las especies determinadas fueron:
 - 5.1. *Gigantochloa aspera* (Schult.) Kurz
 - 5.2. *Gigantochloa apus* (Schukt) Kurz.
6. Género *Guadua*, es nativa, se le encuentra a una altura promedio que no sobrepasa las 609 m.s.n.m., las especies determinadas fueron:
 - 6.1. *Guadua aculeata* Rupr. ex Fourm
 - 6.2. *Guadua angustifolia* Kunth
7. Género *Schizostachyum*, es exótico, se le encuentra a una altura promedio de 609 m.n.n.m., las especies determinadas fueron:
 - 7.1. *Schizostachyum pseudolima*. McClure.

V. CONCLUSIONES:

- A. Sub-proyecto "Evaluación de propiedades físico-mecánicas en cuatro especies de bambú",
 1. El contenido de humedad en tallos maduros es mayor en la parte basal, disminuyendo hacia la parte apical.
 2. La resistencia a los esfuerzos de tensión, compresión y corte a nivel de especie se dió en el orden siguiente: *B. tulda* y *B. arundinacea* con los valores más altos, expresando los valores más bajos *G. verticillata* y *B. vulgaris* Var. *Striata*.
 3. En cuanto a la fracción de tallo, para los esfuerzos de tensión y compresión paralela a la fibra, el valor más alto lo presenta la parte apical y el menor valor la parte basal.

En cambio para los esfuerzos de corte paralelo a la fibra, tensión y clavaje perpendicular a la fibra, el mayor valor lo presente la parte basal apical del tallo y la parte media en valores más bajos.

4. Los resultados de clavaje son indicadores de la baja resistencia del bambú a este tipo de esfuerzo, puesto que si se compara con la tensión paralela a la fibra, se observará una relación de 15 a 1.

De acuerdo a lo anterior en el bambú no es factible el empleo de pernos, clavos, clavajes, como elementos de unión de piezas estructurales, debiéndose buscar otras alternativas.

- B. Sub-proyecto "Evaluación de propagación vegetativa entre especies de bambú, empleando secciones de tallo y rama.

1. De las tres especies de bambú, *B. vulgaris* var. *striata*, fue la que mostró mayor capacidad de propagación, siendo estadísticamente diferente a las otras especies.
2. Los tipos de esquejes que mostraron mayor capacidad para propagar las especies estudiadas fueron: parte basal y parte media del tallo para *B. arundinacea*, parte apical, parte media y parte basal del tallo para *B. vulgaris* var. *striata* y parte apical y parte media del tallo para *G. verticillata*.

- C. Sub-proyecto "Colecta y Determinación de especies nativas y exóticas existentes en los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, Sololá y San Marcos.

1. Las especies nativas correspondientes a los géneros *Chusquea* y *Arthrostyidium*, se encuentran ubicados hacia la región montañosa donde las condiciones de humedad y menor luminosidad intervienen en su desarrollo. Por el momento no corre el riesgo de extinción, pero en la medida que la frontera agrícola avance la alteración del habitat va influir drásticamente.
2. El género *Bambusa* se manifiesta como el más frecuente y más ampliamente distribuido, esto marca el hecho de tener una mayor capacidad de adaptación a los bosques húmedos y cálidos, razón por la cual sea muy frecuente *B. vulgaris*.

VI. BIBLIOGRAFIA:

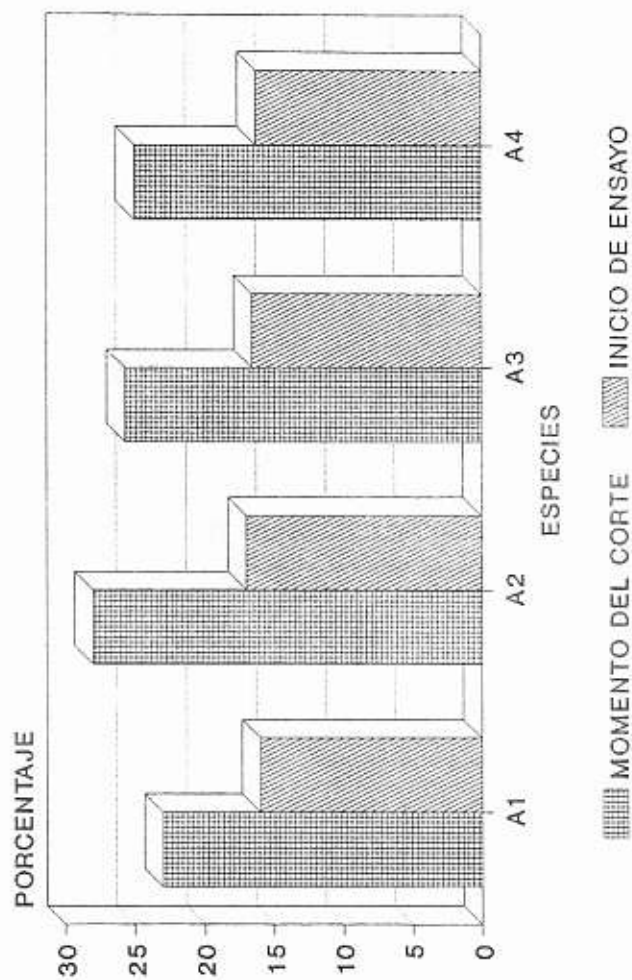
1. AGUILAR, J.M. 1981. Bambúes exóticos y nativos de Guatemala y su distribución. Instituto Nacional Forestal. 4p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. 1979. Book of ASTM Standards. Philadelphia, V.22, p.41-101.
3. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1972. Atlas Nacional de Guatemala. 141p.
4. _____, INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. S.F. Tarjetas de registro de precipitación y temperaturas; años 1970-1986, San Miguel Panán.s.n.t.
5. HEBBELER, R.C. 1984. Mecánica para Ingenieros; estática. México, Continental. p.223-248.
6. HIDALGO, O. 1974. Bambú, su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías. Colombia, Estudios Técnicos Colombianos. p.138.
7. _____, 1978. Nuevas Técnicas de construcción con bambú, Colombia. Estudios Técnicos Colombianos. p.136.
8. JUAREZ BARRERA, C. A. 1985. Estudio del crecimiento en 12 especies de bambú, bajo condiciones naturales durante época lluviosa en cuatro localidades de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 119p.
9. LUCAS, C. 1974. Míl y una maravillas del bambú, Selecciones del Reader's Digest (México 68 (406): 31-36.
10. MARDEN, L. 1980. Bamboo the gigant grass. National Geographic 80 (4). 504-529.
11. Mc-CLURE, F.A. 1973. Genera of Bamboos native to the new world Washington, Surithsonian Institution Press.
12. MENDEZ CAHUEQUE, R. 1983. Caracterización de 11 cultivares de bambú en la Finca Chocóla, Suchitepéquez. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 106p.
13. MORALES JOLA, H. E. Propiedades físico-mecánicas del bambú (6 especies recolectadas en los Departamentos de: Guatemala, Santa Rosa y Jutiapa). Tesis Ing. civil Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 69p. 1985.
14. SAGASTUME ANDRADE, F. 1986. Muestreo y caracterización preliminar de las especies de la sub-familia Bambusoideae (Poaceae) en la región de la vertiente de Océano Pacífico. Tesis Ing. Agr. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 140p.
15. SIMMONS C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Trad., por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000p.
16. URRUTIA REVILLA, J.F. 1983. Propiedades físico-mecánicas del bambú (estudio preliminar de 6 especies de la Finca Chocóla, Suchitepéquez). Tesis Ing. Civil Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 95p.
17. VAKOMIES, J.P. 1969. Materias primas para pulpa y papel en los países tropicales. Unasylva, Roma. p.2-7.
18. VELA GALVEZ, L. 1977. Los bambúes. México, Instituto Nacional de Investigación Forestal; IICA. 39p.

APENDICE I

Gráficas del Sub-proyecto "Evaluación de propiedades físico-mecánicas de cuatro especies de bambú"

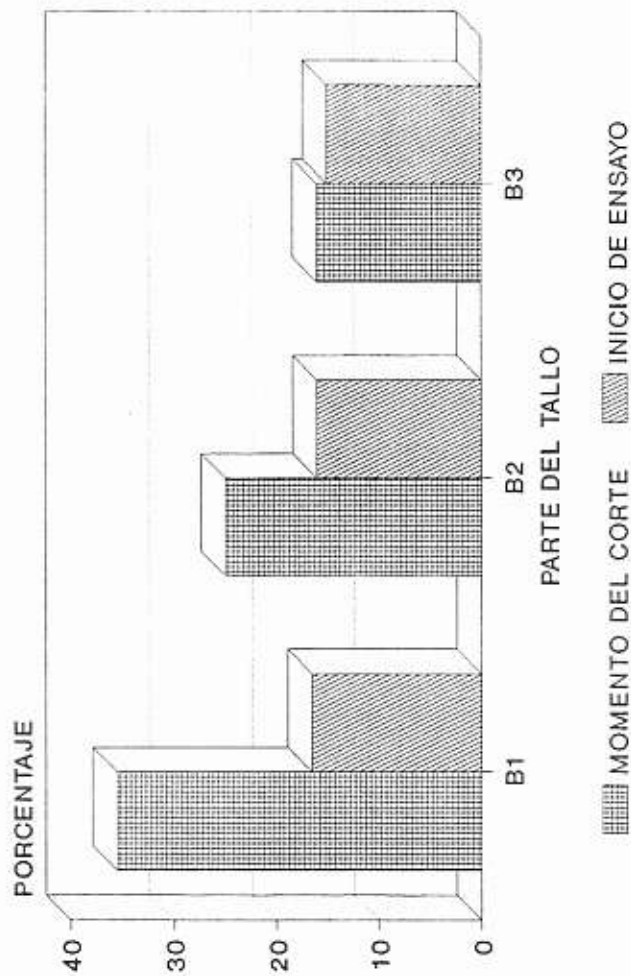
GRAFICA 1: CONTENIDO DE HUMEDAD A NIVEL DE ESPECIES

- A1: *B. vulgaris* var. *Striata*
A2: *B. arundinacea*
A3: *Gigantochloa verticillata*
A4: *B. tulda*



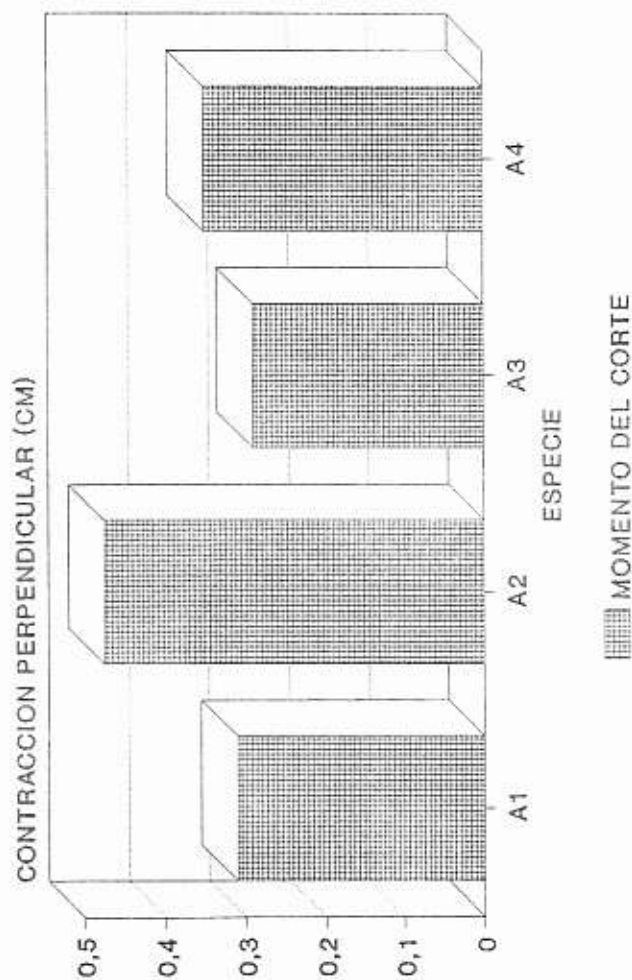
GRAFICA 2: CONTENIDO DE HUMEDAD DE FRACCION DEL TALLO

B1: Parte Basal
B2: Parte Media
B3: Parte Apical



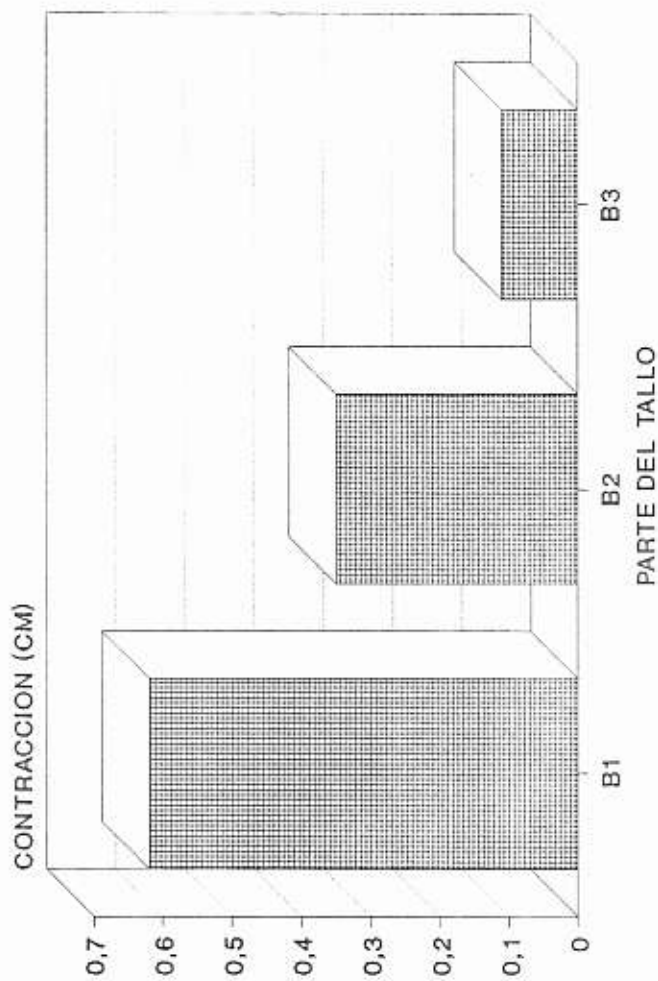
GRAFICA 3: CONTRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA POR ESPECIES

- A1: *B. vulgaris* var. *Striata*
A2: *B. arundinacea*
A3: *Gigantochloa verticillata*
A4: *B. tulda*



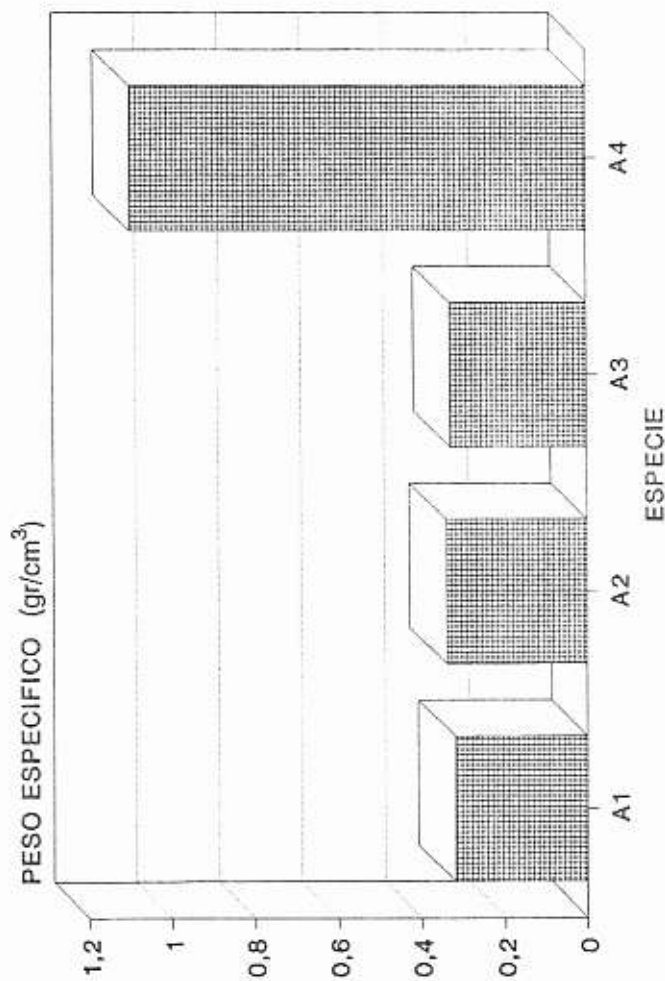
GRAFICA 4: CONTRACCION PERPENDICULAR A LA FIBRA
EN FRACCION TALLO

B1: Parte Basal
B2: Parte Media
B3: Parte Apical



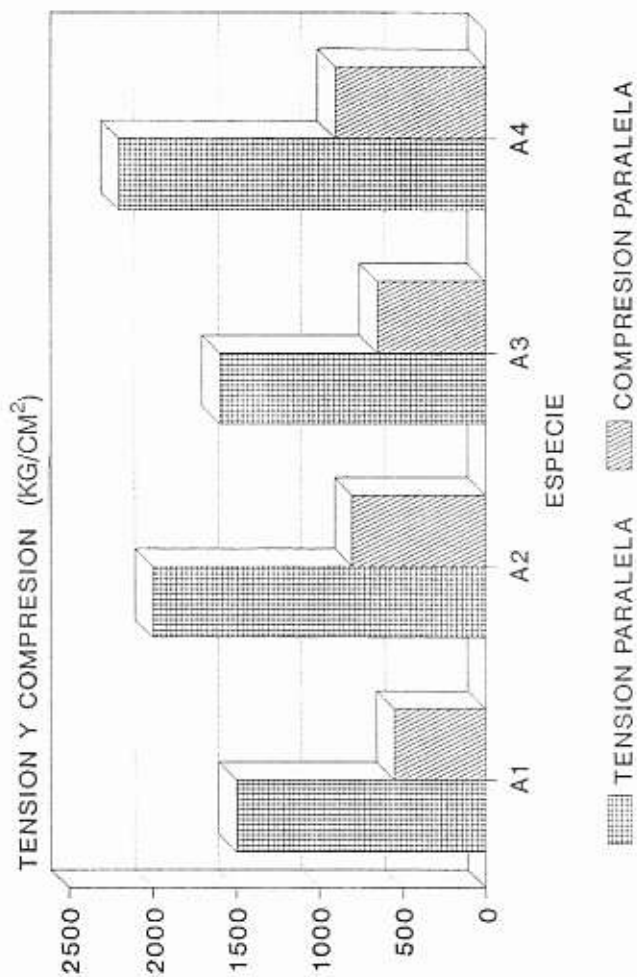
GRAFICA 5: PESO ESPECIFICO A NIVEL DE ESPECIE

- A1: *B. vulgaris* var. *Striata*
A2: *B. arundinacea*
A3: *Gigantochloa verticillata*
A4: *B. tula*

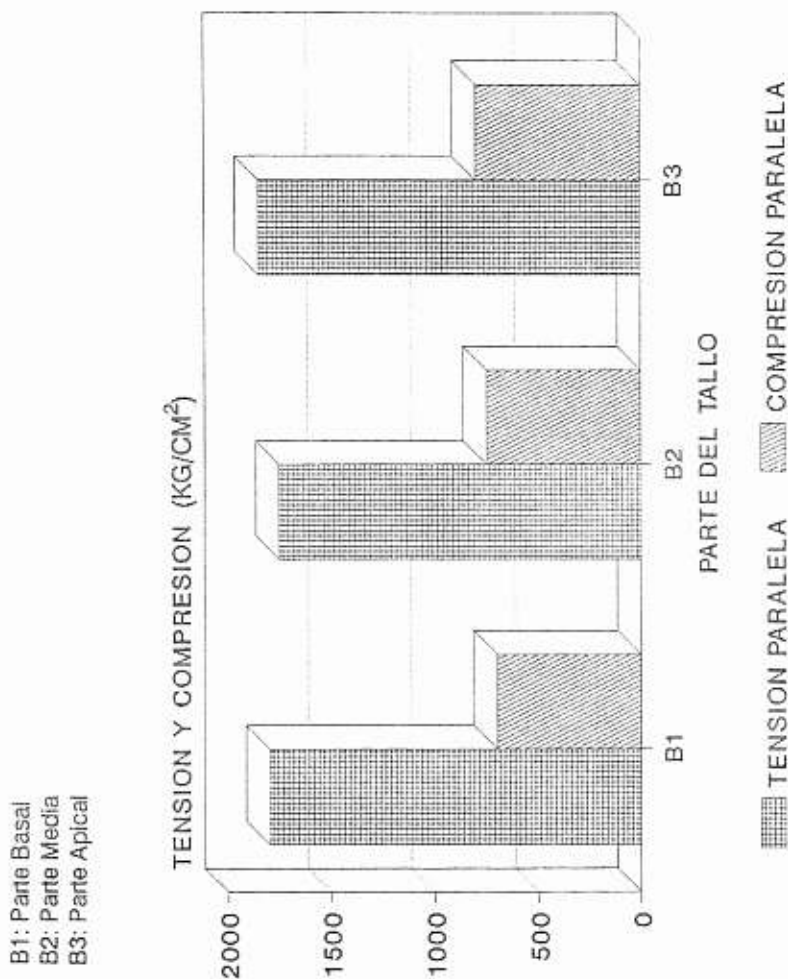


GRAFICA 6: ESFUERZO DE TENSION Y COMPRESION PARALELA
A LA FIBRA A NIVEL DE ESPECIE

- A1: *B. vulgaris* var. *Striata*
- A2: *B. arundinacea*
- A3: *Gigantochloa verticillata*
- A4: *B. tulda*

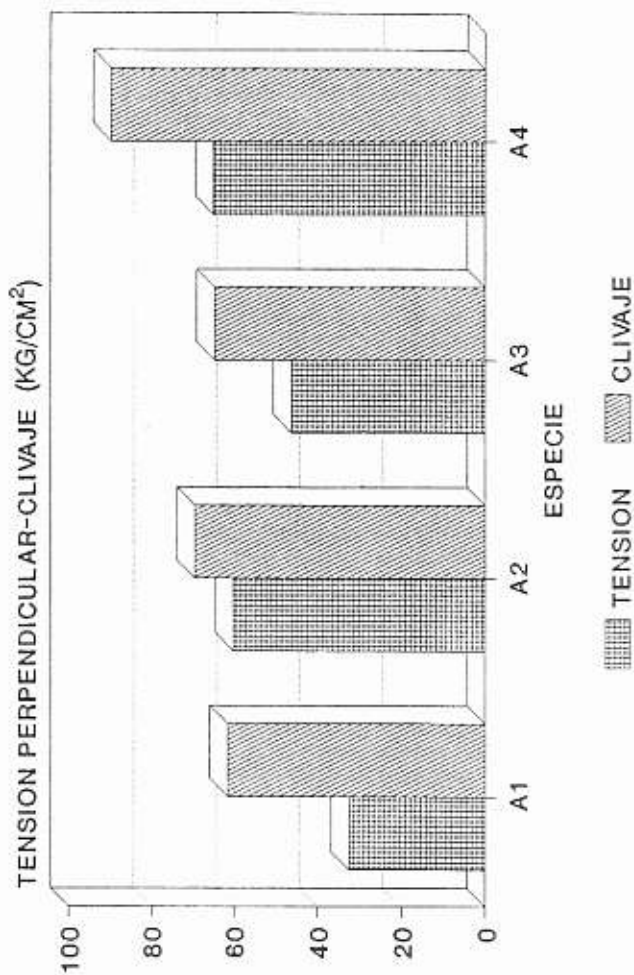


GRAFICA 7: ESFUERZO DE TENSION Y COMPRESION PARALELA A LA FIBRA A NIVEL DE FRACCION DEL TALLO



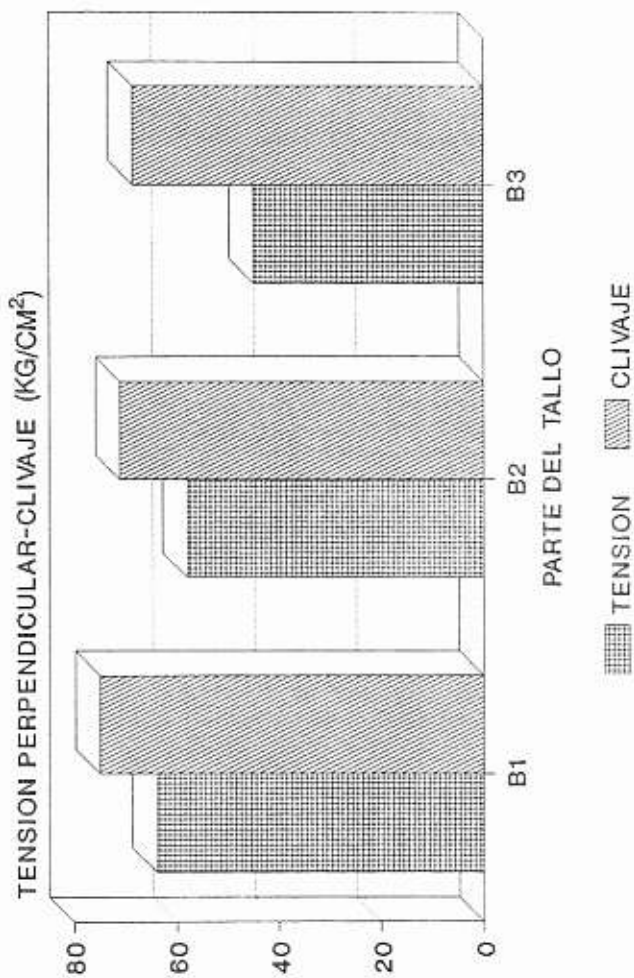
GRAFICA 8: ESFUERZO DE TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA Y CLIVAJE A NIVEL DE ESPECIE

- A1: *B. vulgaris* var. *Striata*
- A2: *B. arundinacea*
- A3: *Gigantochloa verticillata*
- A4: *B. tula*



GRAFICA 9: ESFUERZO DE TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA Y CLIVAJE A NIVEL DE FRACCION DEL TALLO

B1: Parte Basal
B2: Parte Media
B3: Parte Apical



APENDICE II

**Cuadros de análisis estadístico del Sub-proyecto
"Evaluación de propagación vegetativa en tres especies
de bambú empleando secciones de tallo y rama"**

CUADRO 1. Análisis de varianza para porcentaje de brotación

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Ft 0.05
Tratamientos	17	22470.13889	1321.77288	23.07	2.24*
Especie (A)	2	5355.55556	2677.77778	46.74	3.55*
Esqueje (B)	5	10099.30556	2019.86111	35.26	2.77*
Especie-Esqueje (AB)	10	7015.27778	701.52778	12.24	2.41*
Error	18	1031.25000	57.29167		
Total	35	23501.38889			

C. V. = 8.85%

* = Existe diferencia significativa.

Cuadro 2. Prueba de medias para porcentaje de brotación

ESPECIE Y TIPO DE ESQUEJE	% PROMEDIO DE BROTACION	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte basal	100	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte media	100	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte apical	100	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama principal	100	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama con astilla	100	a
<i>B. arundinacea</i> rama principal	100	a
<i>B. arundinacea</i> rama con astilla	100	a
<i>G. verticillata</i> parte basal	100	a
<i>G. verticillata</i> rama principal	100	a
<i>B. arundinacea</i> parte media	95	a
<i>B. arundinacea</i> parte apical	95	a
<i>B. arundinacea</i> parte basal	90	a
<i>G. Verticillata</i> parte apical	85	a
<i>G. verticillata</i> parte media	80	a
<i>B. arundinacea</i> rama secundaria	80	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama secundaria	70	a b
<i>G. verticillata</i> rama con astilla	43.75	b
<i>G. verticillata</i> rama secundaria	1.25	c

Las medias con igual letra, son estadísticamente iguales.

CUADRO 3. Análisis de varianza para porcentaje de sobrevivencia

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t 0.05
Tratamientos	17	31545.13889	1855.59641	19.71	2.24*
Especie (A)	2	8338.88889	4169.44444	44.31	3.55*
Esqueje (B)	5	19215.97222	3843.19444	40.84	2.77*
Especie-Esqueje (AB)	10	3990.27778	399.02778	4.24	2.41*
Error	18	1693.75000	94.09722		
Total	35	33238.88889			

C. V. = 12.84%

* = Existe diferencia significativa.

CUADRO 4. Pueba de medias para porcentaje de sobrevivencia

ESPECIE Y TIPO DE ESQUEJE	PORCENTAJE PROMEDIO DE SOBREVIVENCIA		
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama principal	100	a	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte apical	100	a	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte media	100	a	
<i>B. arundinacea</i> rama con astilla	100	a	
<i>B. arundinacea</i> rama principal	100	a	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte basal	95	a	
<i>B. arundinacea</i> parte apical	95	a	
<i>B. arundinacea</i> parte media	95	a	
<i>G. verticillata</i> parte basal	95	a	
<i>B. arundinacea</i> parte basal	90	a	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama con astilla	82.5	a	b
<i>G. verticillata</i> parte media	80	a	b
<i>G. verticillata</i> parte apical	65	a	b c
<i>G. verticillata</i> rama principal	50		b c
<i>B. arundinacea</i> rama secundaria	50		b c
<i>G. verticillata</i> rama con astilla	33.75		c d
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama secundaria	27.50		c d
<i>G. verticillata</i> rama secundaria	1.25		d

Las medias con igual letra, son estadísticamente iguales.

CUADRO 5. Análisis de varianza para porcentajes de enraizamiento

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F _t 0.05
Tratamientos	17	40250.86806	2367.69812	17.97	2.24*
Especie (A)	2	17867.01389	8933.50694	67.80	3.55*
Esqueje (B)	5	12671.70139	2534.34028	19.23	2.77*
Especie-Esqueje (AB)	10	9712.15278	971.21528	7.37	2.41*
Error	18	2371.87500	131.77083		
Total	35	42622.74306			

C. V. = 28.35%

* = Existe diferencia significativa.

CUADRO 6. Prueba de medias para porcentaje de enraizamiento

ESPECIE Y TIPO DE ESQUEJE	PORCENTAJE PROMEDIO DE ENRAIZAMIENTO	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama principal	95.0	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte apical	95.0	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte media	90.0	a
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte basal	75.0	a b
<i>B. arundinacea</i> parte basal	70.0	a b
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama con astilla	68.75	a b
<i>G. verticillata</i> parte apical	45.0	b c
<i>B. arundinacea</i> parte media	40.0	b c
<i>G. verticillata</i> rama con astilla	38.75	b c
<i>G. verticillata</i> parte basal	35.0	b c
<i>G. verticillata</i> rama principal	30.0	b c
<i>G. verticillata</i> parte media	30.0	b c
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama secundaria	5.0	c
<i>B. arundinacea</i> rama principal	5.0	c
<i>B. arundinacea</i> parte apical	5.0	c
<i>G. verticillata</i> rama secundaria	1.25	c
<i>B. arundinacea</i> rama secundaria	0.0	c
<i>B. arundinacea</i> rama con astilla	0.0	c

Las medias con igual letra, son estadísticamente iguales.

CUADRO 7. Análisis de varianza para materia seca producida en brotes

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F _c	F1 0,05
Tratamientos	17	3699,4570	217,6151	30,72	2,24*
Especie (A)	2	763,9341	381,9671	53,92	3,55*
Esqueje (B)	5	1915,1294	383,0259	54,07	2,77*
Especie-Esqueje (AB)	10	1020,3936	102,0394	14,40	2,41*
Error	18	127,5126	7,0840		
Total	35	3826,9696			

C. V. = 28,35%

* = Existe diferencia significativa.

CUADRO 8. Prueba de medias para materia seca producida en brotes

ESPECIE Y TIPO DE ESQUEJE	MATERIA SECA PRODUCIDA EN BROTES (Promedio por esqueje en g.)				
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte basal	36,84	a			
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte media	31,61	a			
<i>B. arundinacea</i> parte media	16,03		b		
<i>B. arundinacea</i> parte apical	12,19		b	c	
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> parte apical	11,70		b	c	
<i>B. arundinacea</i> parte basal	11,38		b	c	d
<i>G. verticillata</i> parte media	9,22		b	c	d e
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama principal	8,11		b	c	d e
<i>B. arundinacea</i> rama principal	6,65		b	c	d e
<i>G. verticillata</i> parte apical	5,92		b	c	d e
<i>G. verticillata</i> parte basal	4,13			c	d e
<i>G. verticillata</i> rama principal	2,99			c	d e
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama con astilla	1,84			c	d e
<i>B. arundinacea</i> rama con astilla	0,85				d e
<i>G. verticillata</i> rama con astilla	0,84				d e
<i>G. verticillata</i> rama secundaria	0,37				e
<i>B. vulgaris</i> var. <i>striata</i> rama secundaria	0,17				e
<i>B. arundinacea</i> rama secundaria	0,11				e

Las medias con igual letra, son estadísticamente iguales.

CONSERVACION DE SUELOS

EVALUACION DE PRACTICAS DE CONSERVACION DE SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO PENSATIVO (Fase III)

Maxdelio Herrera *
Hugo Tobías **
Luisa Gálvez ***
Samuel Tojín ***



RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó para evaluar en su tercera fase, el efecto de tres prácticas de conservación de suelos en el control de la erosión hídrica en la parte media de la cuenca del Río Pensativo en Antigua Guatemala, Sacatepéquez, durante la estación lluviosa del año 1989.

Las razones que se consideraron para efectuar este trabajo en dicha área fueron: los constantes desbordamientos del Río Pensativo y las inundaciones de la Ciudad de Antigua Guatemala como consecuencia de la deposición de sedimentos en el cauce principal de la cuenca, la escasa información cuantitativa sobre precipitación pluvial, escorrentía y erosión del suelo; así como la necesidad de continuar con el proyecto de investigación iniciado en 1987 por el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

*Para cuantificar la escorrentía y la erosión del suelo se utilizó el método de lotes de escurrimiento, instalándose un total de 20 parcelas de 49 metros cuadrados cada una, en un diseño experimental de bloques al azar con 5 repeticiones y 4 tratamientos: Acequia con barrera viva, camellón en contorno con acequia, barrera viva y el testigo. En las parcelas se sembró maíz (*Zea mays*) el que se evaluó de acuerdo al patrón de cultivo de los agricultores de la región.*

Los principales resultados muestran que bajo las condiciones del área de estudio, las tres prácticas de conservación de suelos redujeron significativamente la erosión hídrica con respecto al manejo tradicional del cultivo en el área.

Los valores de escorrentía superficial y pérdida de suelo por erosión, fueron menores en las parcelas con acequia con barrera viva y camellones contorno con acequia. Sin embargo, el rendimiento del cultivo, no presentó ninguna diferencia significativa con las tres prácticas de conservación de suelos evaluadas.

* Ingeniero Agrónomo Investigador Principal, Catedrático de la FAUSAC.

** Ingeniero Agrónomo, Investigador, Director del Instituto de Investigaciones Agronómicas.

*** Técnico Investigador.

INTRODUCCION

La degradación y destrucción de los recursos naturales del país, constituyen un gran peligro para la subsistencia de la humanidad. Entre los recursos naturales, el suelo es uno de los más deteriorados, principalmente por efecto de la erosión.

Una de las áreas del país en donde son más evidentes los efectos de la erosión es la cuenca del río Achiguate y dentro de ésta la subcuenca del río Pensativo en donde, según Cabrera (2) existe una degradación específica de 2,100 toneladas métricas por kilómetro cuadrado por año, acumulándose año tras año en el cauce de dicho río alrededor de 40,000m³ de sedimentos, los cuales en su mayoría provienen de la parte alta y media de la cuenca. Entre las principales causas de esta pérdida de suelo se tiene la utilización de áreas con fuertes pendientes para la siembra de cultivos limpios sin considerar la implementación de prácticas de conservación de suelos, la alta presión de uso de las Unidades Productivas por ser un área de minifundio, con alta densidad de población y donde en la mayoría de veces se practica una agricultura de subsistencia.

Con el propósito de buscarle soluciones adecuadas al problema de la erosión hídrica en la cuenca del río Pensativo, el Instituto de Investigaciones Agronómicas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, inició en 1987 una investigación cuya finalidad es evaluar la efectividad en el control de la erosión hídrica de algunas prácticas de conservación de suelos. La investigación se ha venido realizando en la Aldea San Mateo Milpas Altas, del municipio de Antigua Guatemala. Para el desarrollo de este proyecto de investigación, se ha contado con el apoyo financiero parcial de la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

OBJETIVOS

1. Objetivo General

Contribuir mediante la investigación básica y aplicada en conservación de suelos, a mejorar el manejo de la cuenca del río Pensativo.

2. Objetivos Específicos

- 2.1. Determinar el escurrimiento, la erosión y las características de los sedimentos por efecto de las precipitaciones pluviales en San Mateo Milpas Altas, durante la época lluviosa del año 1989.
- 2.2. Determinar la efectividad en el control de la erosión hídrica de tres prácticas de conservación de suelos en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*)
- 2.3. Determinar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays L.*)

METODOLOGIA

1. Ubicación del área de estudio.

El ensayo se estableció en la Aldea San Mateo Milpas Altas, Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez, la cual se ubica a $14^{\circ}34'45''$ latitud norte y $90^{\circ}41'46''$ longitud oeste, a una altitud de 1910 msnm y a una distancia de 7 kilómetros de la Cabecera Municipal (7), como se muestra en la figura 1.

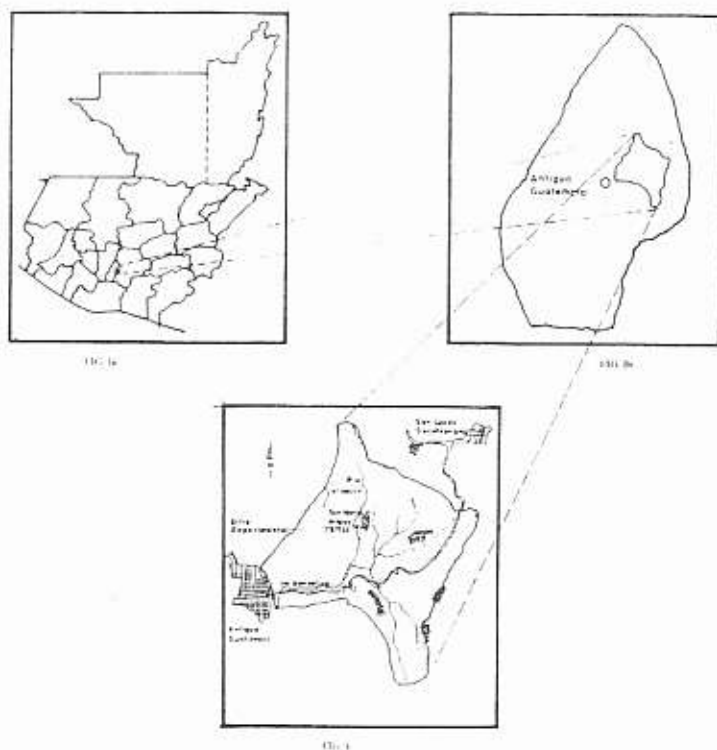


FIG. 1 Ubicación del sitio experimental: 1a. a nivel nacional 1b. en el departamento de Sacatepéquez 1c. dentro de la cuenca del río Pensativo.

El área se seleccionó por ser representativa de las condiciones fisiográficas del altiplano guatemalteco y por considerarse un área crítica de erosión en la cuenca por las características del suelo y la presión demográfica sobre el mismo.

2. Descripción del área de estudio.

La aldea se encuentra localizada en la zona ecológica bosque húmedo Montano Bajo Subtropical (2). La precipitación pluvial promedio anual distribuida de mayo a octubre es de 1200 mm. La temperatura máxima es de 22.4°C, mínima de 12.8°C y la temperatura media anual es de 16.5°C. La evapotranspiración potencial según el método Hargreaves es de 1400 mm, la humedad relativa es del 80% y el brillo solar medio mensual es de 180 horas-sol (7).

Los suelos están desarrollados sobre materiales fluvio-volcánicos recientes a elevaciones medianas, formada por abanicos aluviales traslapados, de material arrojado por los volcanes en época relativamente reciente (12). Se clasifican taxonómicamente como *Entic eutrandspts* (2).

Los suelos del área experimental son bien drenados, medianamente profundos, de color pardo oscuro amarillento, con un perfil constituido por una secuencia de horizonte Ap, Ac, 2B y 2C. Las características físicas de los horizontes superficiales Ap y Ac son: textura franco arenosa, estructura granular fina débilmente desarrollada, consistencia suave en seco y suelta en húmedo. Entre las principales características químicas se pueden mencionar bajo contenido de materia orgánica, alto porcentaje de saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico de 18.45 meq/100 ml. La pendiente promedio del terreno donde se desarrolló la investigación es del 32%, el suelo tiene un alto grado de deterioro, pues ha perdido un 80% del horizonte "A", existiendo áreas muy pequeñas donde ha desaparecido todo el horizonte "A" (7).

3. Selección de tratamientos.

Los tratamientos, los cuales se muestran en la figura 2, se seleccionaron con base a las características de los suelos y de la agricultura del área, disponibilidad de materiales en la misma y las principales características de la precipitación pluvial. Estos son:

- Acequia con barrera viva
- Camellón en contorno con acequia
- Barrera viva de zacatón (*Panicum maximum*)
- Testigo (cultivo tradicional)

4. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental Bloques al Azar por ajuste a las características del lugar donde se realizó el experimento. Se establecieron 5 repeticiones, asignando tratamientos a cada parcela aleatoriamente.

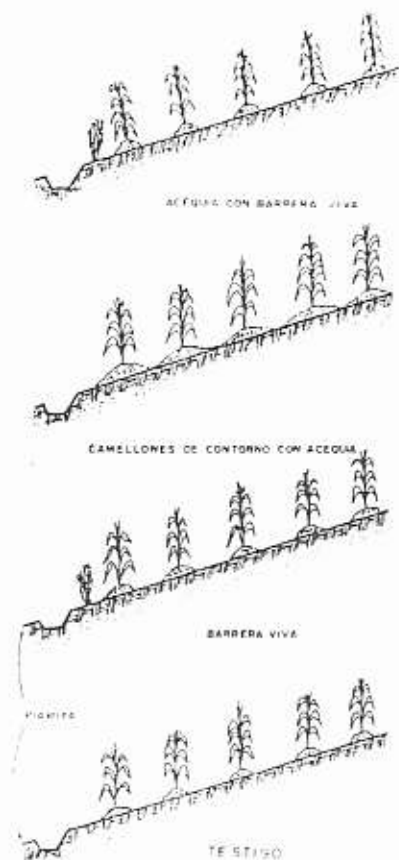


FIG. 2: Sección transversal de los tratamientos evaluados con cultivos de maíz

4.1. Variables respuesta

Para determinar el escurrimiento y la erosión, la efectividad de las tres prácticas de conservación de suelos y el rendimiento del cultivo de maíz, se consideraron las siguientes variables:

- Escurrecimiento superficial en metro cúbicos por hectárea;
- Cantidad de suelo erosionado en toneladas por hectárea y características granulométricas de los sedimentos;

–Rendimiento del cultivo en kilogramos por hectárea de grano de maíz al 14% de humedad.

5. Confinamiento de parcelas

Debido a que el método utilizado para estimar la escorrentía fue el de lotes de escurrimiento, se circularon las parcelas para evitar la penetración de escorrentía superficial de áreas aledañas, utilizando tablas de madera de segunda (lepas) de 0.25 m de ancho, las cuales se introdujeron en el suelo hasta una profundidad de 0.15 m, fijándose las mismas al terrero con estacas de madera de 1 m de largo y 0.50 m de diámetro. Figura 3.

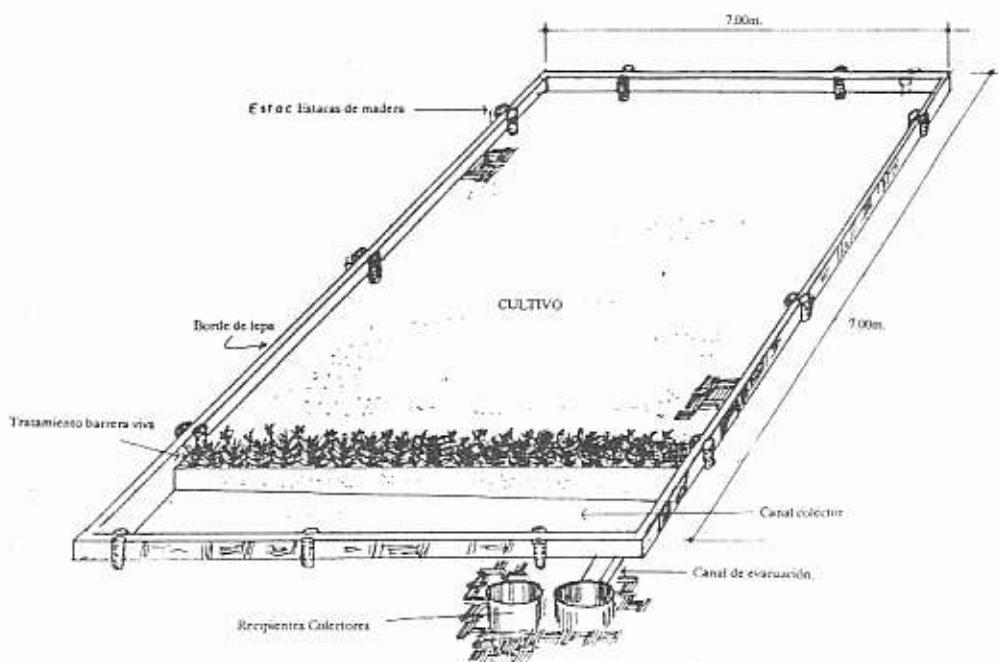


FIG. 3 Esquema de una parcela de escorrentía establecida en el ensayo.

5.1. Sistema colector de agua y sedimentos

Este consiste de canales colectores, los cuales son zanjas trapezoidales, recubiertas con plástico; canales de evacuación para conducir el agua y sedimentos de los canales colectores, utilizando canales semicirculares de lámina de 0.70 m de largo y toneles de plástico de 200 litros de capacidad, instalando 2 por cada parcela, como recipientes colectores.

6. Medición de las variables

6.1. Encurrimiento

La medición de la escorrentía se hizo con una escala graduada en litros, ésta se introdujo en los recipientes colectores. Estas mediciones se efectuaron después de cada evento.

6.2. Cantidad de suelo erosionado

El material acarreado por la escorrentía se cuantificó tomando en cuenta sólidos en suspensión y sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores.

6.2.1. Sólidos en suspensión

Se hicieron muestreos después de cada evento tomando una muestra de un litro de agua de escorrentía por cada parcela. Para determinar la cantidad de sólidos se filtró cada muestra, se colocó en papel filtro con sólidos en el horno a 60°C por 12 horas, determinando así el peso de los sólidos en suspensión contenidos en el volumen de la muestra.

6.2.2. Sedimentos

Todos los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores se pesaron para obtener el peso en húmedo, luego a cada una de las muestras se le efectuó las siguientes determinaciones:

- Porcentaje de humedad, método Gravimétrico (4)
- Granulometría, método del hidrómetro de Bouyoucus (4)
- Fragmentos mayores de 2 mm, método Gravimétrico(4)

6.2.3. Rendimiento del cultivo

Se tomó como base una parcela neta de 10.50 m², se eliminó un surco a ambos lados de la parcela y un metro lineal en cada extremo de la misma. La cantidad de grano obtenido en cada parcela neta se pesó con un porcentaje de humedad del 14%.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Precipitación pluvial

1.1. Precipitación pluvial mensual

En el cuadro 1 se presentan los valores de la precipitación mensual del período de estudio 1989 y los valores registrados en 1987 y 1988.

CUADRO 1. Precipitación pluvial registrada durante los años 1987 y 1989 en San Mateo Milpas Altas, Sacatepéquez.

MES	1987 (mm)	1988 (mm)	1989 (mm)
Junio	171.2	20.3	14.4
Julio	167.7	131.9	137.15
Agosto	63.3	340.6	177.10
Septiembre	129.7	192.7	239.2
Octubre	14.4	197.1	56.2
Noviembre	4.4	2.6	0.0
Diciembre	0.0	0.0	0.0
TOTALES	550.7	885.02	624.05

En este cuadro se observa que en el período de estudio la precipitación en el área fue de 624.05mm, considerándose como un año intermedio entre 1987 y 1988 en cuanto a volumen de precipitación. Los meses de mayor precipitación fueron agosto y septiembre, situación que influyó sobre la cantidad de sedimentos producidos, pues durante esos meses el cultivo estaba en su mejor estado vegetativo, evitando el choque directo de las gotas de lluvia con la superficie del suelo, reduciendo significativamente los cedimentos producidos, con respecto a los años anteriores.

1.2. Intensidad

La intensidad promedio de las lluvias para las mediciones efectuadas varió de 1.8 mm/h a 9.2 mm/h, las que en términos generales se consideran bajas. Las mayores intensidades registradas ocurridas el 15 de agosto con 9.2 mm por hora y, el 5 de octubre con 7.4 mm por hora. La mayor precipitación individual registrada ocurrió el 15 de agosto con un registro de 49 mm.

1.3. Frecuencia de las precipitaciones

En el cuadro 2 se presentan los valores correspondientes a la precipitación y la frecuencia de las lluvias. En este cuadro se observa que ocurrieron un total de 129 eventos distribuidos en 5 clases. Del total, 93 eventos o sea el 72% que correspon-

de a las precipitaciones menores de 5mm, no provocaron escurrimiento. Del resto de eventos, el 24% que corresponde a lluvias entre 5 y 20 mm provocaron escurrimiento pero con poco arrastre de sedimentos. El 4% restante corresponde a lluvias mayores de 9.2 mm/h. factor que aunado a la estabilización que presentaron las unidades experimentales y a la cobertura del cultivo del maíz, influyó en la cantidad de sedimentos producidos que fue significativamente baja.

CUADRO 2. Precipitación y frecuencia para cinco clases de lluvias ocurridas en San Mateo Milpas Altas, del 28 de junio al 31 de diciembre de 1989.

Clase (mm)	Frecuencia Eventos	%	Precipitación	
			(mm)	(%)
0-5	93	72.09	78.10	12.52
5-10	12	9.30	86.15	13.80
10-15	12	9.30	147.40	23.62
15-20	07	5.43	125.80	20.16
20	05	3.88	186.60	29.90
	129	100.00	624.05	100.00

2. Escurrimiento

El volumen total de la escorrentía registrada para los diferentes tratamientos fue de: Camellon en contorno con acequia 165.88 m³/ha. acequia que fue donde se registró el mayor valor de 648.94 m³/ha (ver figura 4).

Con base en el análisis de varianza para la escorrentía superficial, se comprueba que existen diferencias significativas entre tratamientos. Al ser sometidos éstos a la prueba de Tukey, se establece que el escurrimiento registrado en el testigo es estadísticamente igual al escurrimiento registrado en el tratamiento barrera viva, mientras que el tratamiento Camellones en contorno con acequia es estadísticamente igual con el que registró el menor volumen de escurrimiento.

3. Erosión y características de los sedimentos.

3.1. Cantidad de suelo erosionado

Debido a que durante el período de estudio, las lluvias que se presentaron resultaron ser de baja intensidad, la cantidad de suelo perdido por erosión es comparativamente menor que las cantidades registradas en los años 1987 y 1988.

Como se observa en la figura 5, los sedimentos registrados en los diferentes tratamientos con los siguientes valores Testigo con 148.7 Kg/ha (0.148 ton/ha), que equivale a la mayor cantidad de sedimentos arrastrados; Barrera viva con 56.02 Kg/ha (0.056 ton/ha) que representa el 38% de pérdida en relación al testigo, en el tratamiento Camellones en contorno con acequias hubo una pérdida de 42.38

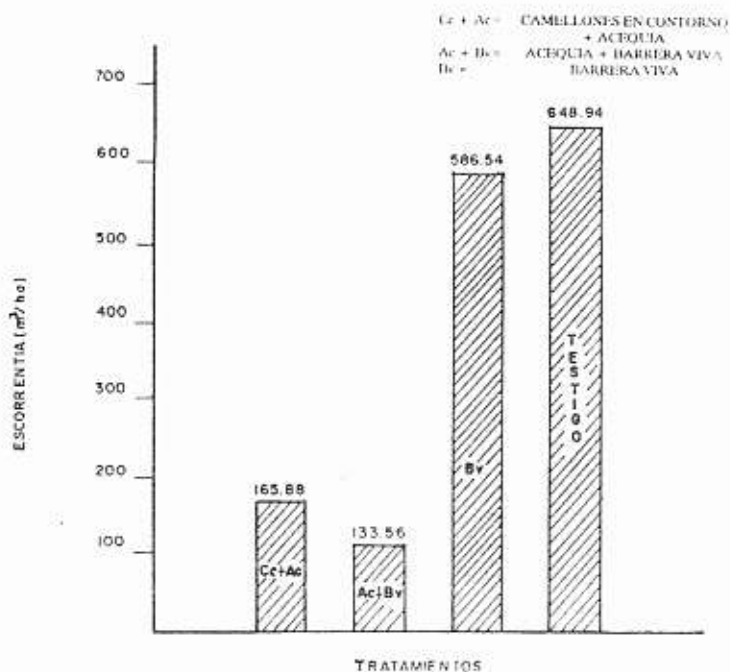


FIG. 4 Escorrentia superficial, (m³/ha) por tratamientos parcelas de escorrentia de San Mateo Milpas Altas. 1989.

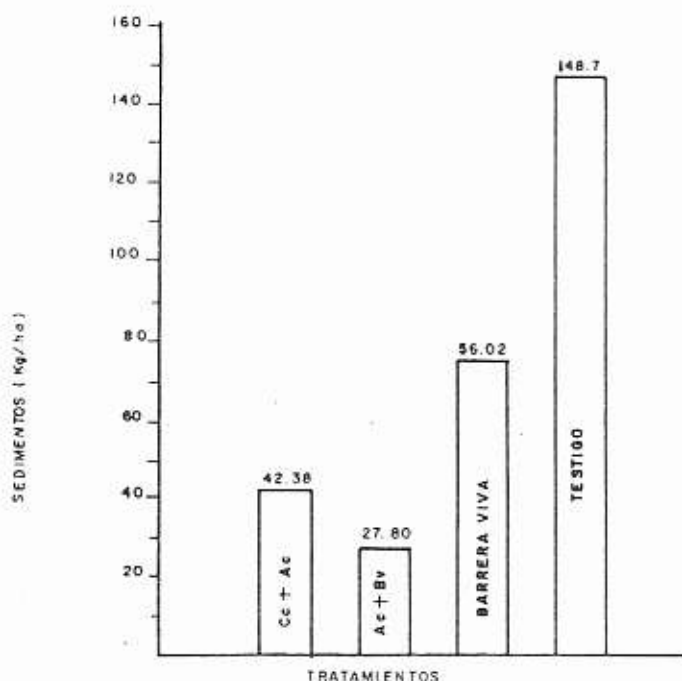


FIG.5 Sedimentos producidos en las parcelas de escorrentia San Mateo, Milpas Altas 1989.

Kg/ha (0.042 ton/ha) o sea el 28.5% en relación al testigo y en el tratamiento acequia con barrera viva se perdieron 27.80 Kg/ha (0.028 ton/ha) que corresponde al 18.7% en relación a las pérdidas del testigo.

Por lo anterior, las menores pérdidas de suelo se registraron en los tratamientos acequia con barrera viva y camellones en contorno con acequia respectivamente.

La razón para explicar el por qué la cantidad de suelo erosionado es comparativamente menor que en 1987 y 1988, es que para este año las prácticas de conservación de suelos están totalmente estabilizadas, las lluvias fueron más uniformes en cuanto a su distribución, el volumen total precipitado fue del 70% con respecto al del año 1988, así como también las intensidades fueron relativamente bajas ya que las mayores registraron valores de 9.2 mm/hora y 7.4 mm/hora respectivamente. Además, durante los meses de mayor precipitación que fueron agosto y septiembre, el cultivo presentaba abundante desarrollo vegetativo.

Con base en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La prueba de Tucky demuestra que el testigo es estadísticamente diferente a los otros tres tratamientos, produciéndose en éste pérdidas de sedimentos mucho mayores. Así mismo, los tratamientos barrera viva y camellones en contorno con acequia son estadísticamente iguales; mientras que acequia más barrera viva es el tratamiento en donde se produjeron las menores pérdidas.

3.2. Características granulométricas

3.2.1. Fracción mayor de 2 mm

Las mayores pérdidas de este tipo de partículas se registró en el testigo con 25.62%, mientras que las menores pérdidas se registraron en el tratamiento acequia con barrera viva con 14.46%. Esto se explica debido a que en el testigo no había ninguna estructura de conservación de suelos que detuviera el arrastre de dichas partículas. (ver figura 6)

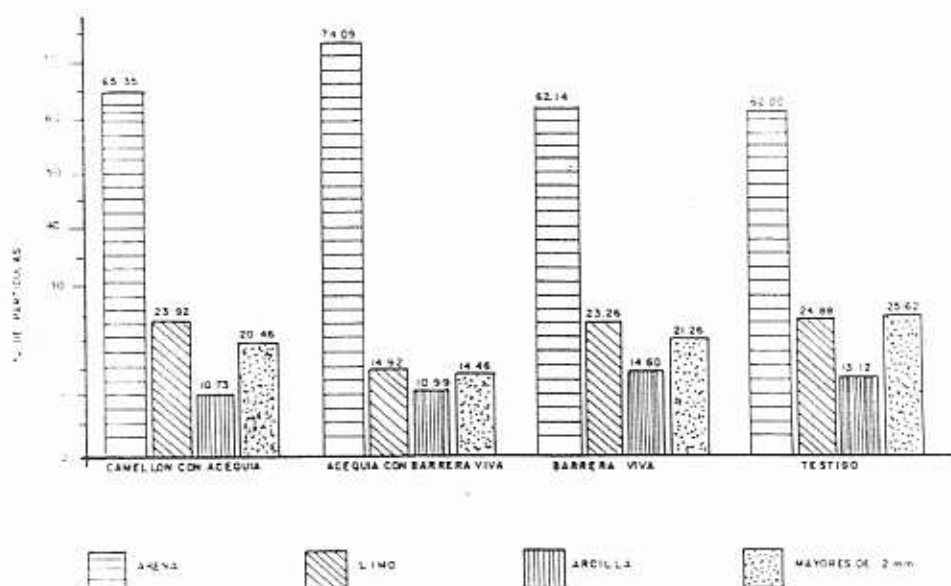


FIG. 6 Distribución del tamaño de partículas según tratamientos evaluados. San Mateo Milpas Altas, 1989.

3.2.2. Fracción menor de 2 mm

Estas se perdieron respectivamente así: arena, limo y arcilla. En la figura 6 se observa que en todos los tratamientos, la arena fue transportada en mayor cantidad por el agua de escorrentía, registrando porcentajes mayores del 62%; mientras que la arcilla se procedió en cantidades menores al 15%. Esto se debió a que en el área de estudio, el suelo presenta textura franco arenosa y por lo tanto un alto porcentaje de arena.

4. Rendimiento del cultivo

Como puede observarse en la figura 7 los rendimientos registran valores de poca diferencia entre todos los tratamientos. El mayor rendimiento se registró en el tratamiento acequia más barrera viva y el menor en el testigo. Esto puede explicarse porque en los tratamientos con prácticas de conservación de suelos se hace una mejor preparación del suelo al sembrar sobre un camellón, redundando esto en un mejor aprovechamiento del fertilizante aplicado y de la humedad del suelo.

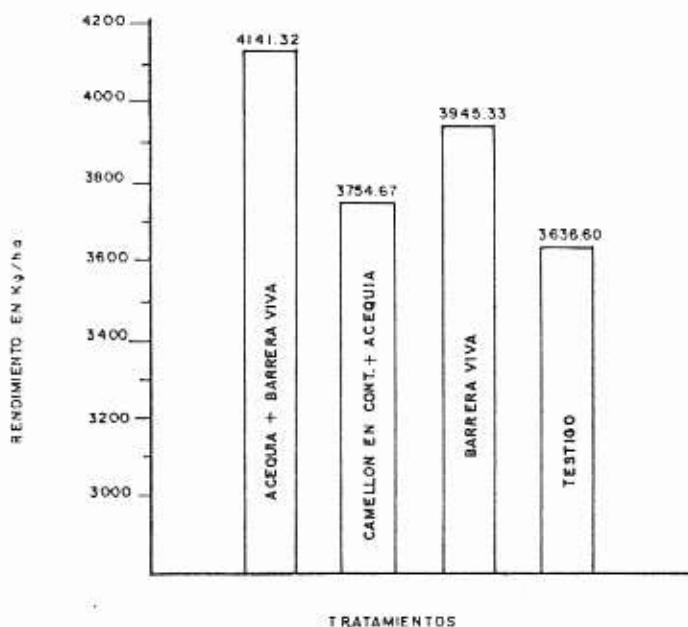


FIG. 7 Rendimientos de grano en maíz en Kg/ha de las parcelas de escorrentía de San Mateo Milpas Altas, 1989.

A pesar de la diferencia de 500 Kg/ha entre el tratamiento que registró el mayor rendimiento, acequia con barrera viva y el que registró el testigo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que no hubo efecto significativo de las prácticas de conservación de suelos sobre el rendimiento del cultivo en comparación con el testigo.

En la figura 8 se presenta una comparación entre los rendimientos de maíz en grano en Kg/ha entre los años 1987 año en el cual se estableció el experimento y 1989, observándose que en 1989 todos los tratamientos registraron valores más altos.

Esto puede explicarse tomando en cuenta que el efecto de las prácticas de conservación de suelos sobre el rendimiento de un cultivo no se aprecia inmediatamente, sino a mediano o largo plazo (4 a 8 años), lo cual depende del grado de erosión que presente el terreno antes de establecer una práctica de conservación y del manejo que se le dé posteriormente tanto al terreno como al cultivo (11).

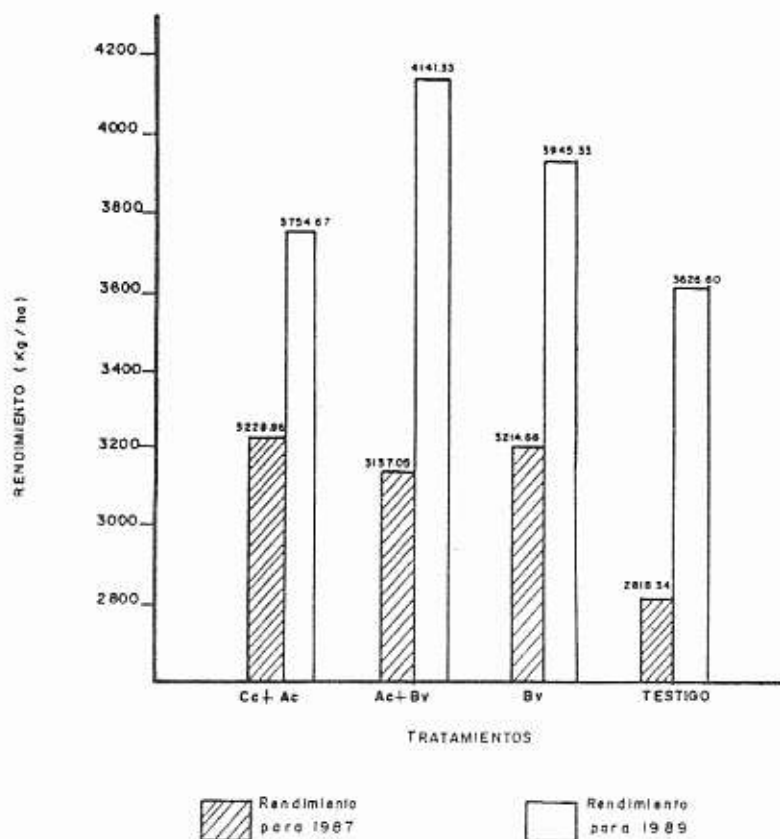


FIG. 8 Rendimiento de maíz en grano (kg/ha) de las parcelas de escurrimiento de San Mateo Milpas Altas, Años 1987 - 1989.

CONCLUSIONES

1. Las tres prácticas de conservación evaluadas, redujeron la escorrentía y los sedimentos con respecto a al técnica tradicional de cultivo (sin prácticas) de la región.
2. Los valores de escorrentía superficial y pérdidas de suelos fueron menores en las prácticas siguientes: Acequia con barrera viva y surcos en contorno con acequia.
3. Las prácticas evaluadas no tuvieron ningún efecto sobre el rendimiento del cultivo.

BIBLIOGRAFIA.

1. APOLO, W.A. 1980. Evaluación de la escorrentía superficial y la erosión en un pastizal con árboles aislados en la Suiza, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 69 p.
2. CABRERA, C.R. 1986. Caracterización de los Recursos naturales renovables de la sucesión del río Pensativo Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía. 212 p.
3. FLORES, Z.O. 1979. Quinto informe anual de las parcelas para la investigación del control de la erosión y escorrentía superficial en el distrito forestal de Metapán, El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Recursos Naturales Renovables, El Salvador. 29 p.
4. GAVANDE, S. A. Física de suelos. Limusa, México 1976. 351p.
5. GUATEMALA, INSTITUTO NACIONAL DESISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA, datos meteorológicos. Guatemala.
6. DIRECCION GENERAL DE SERVICIOS AGRICOLAS. 1980. Manual para construcción de acequías de ladera a nivel. Guatemala. 16 p.
7. LOPEZ, J.F. 1990. Segunda evaluación de tres prácticas de conservación de suelos en la cuenca del río Pensativo, Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 56 p.
8. MANUAL DE CONSERVACION DE SUELOS Y AGUA. 1977. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 580 p.
9. MEDINA, E. 1984. Instructivos de prácticas de laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.
10. ORTIZ, V.B. 1982. Estudio experimental sobre la conservación del suelo, la erosión y el escurrimiento. Chapingo, Universidad autónoma de México. México. 94 p.
11. TORRES, R.E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícola. México, Editorial DIANA. 163 P.
12. SIMMONS, J.M.; TARRANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. edit. José de Pineda Ibarra, Guatemala, 1000 p.

EVALUACION DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE NUEVE ESPECIES DE PINO A LA ROYA AGALLADORA

Edil R. Rodríguez¹
Edgar O. Franco¹
Rolando V. Guzmán²



RESUMEN

Se evaluó la susceptibilidad de nueve especies de pino a la roya agalladora bajo condiciones naturales, en la aldea Las Anonas, Salamá, Baja Verapaz. Las especies más susceptibles fue *Pinus caribea* Morelet mostrando 13% de las plantas síntomas de la enfermedad. *Pinus oocarpa* Schiede y *Pinus tecunumanii* Schiede mostraron el 5% y 3% de las plantas con síntomas de la enfermedad, respectivamente. *Pinus rudis* Endl, *Pinus ayacahuite* Ehrh, *Pinus taeda* Linneo y *Pinus Elliotti* Engelm, mostraron 2% de las plantas con la enfermedad. *Pinus Chiapensis* y *Pinus Tenuifolia* Benth no mostraron síntomas de la enfermedad. *Pinus oocarpa* forma estructuras de almacenamiento en la base del tallo, lo cual se ha confundido con síntomas de la roya agalladora.

1. Ingeniero Agrónomo, Profesor Titular de Agronomía.
2. Estudiante de la Facultad de Agronomía.

I. INTRODUCCION:

La roya agalladora del pino es una de las enfermedades de mayor importancia que afectan especies de coníferas. En los Estados Unidos la roya fusiforme y otras royas de los pinos causan pérdidas económicas de alta significancias (1).

En Guatemala se ha reportado una alta incidencia de la roya agalladora en plántulas en vivero, así como en bosques naturales (2). La mayoría de especies del género *Pinus* son susceptibles de esta enfermedad. El daño principal es ocasionado en la base del tallo de plántulas o en la base del tallo de árboles jóvenes.

Por otra parte se reporta que algunas especies del género *Pinus* forman estructuras de almacenamiento en la base del tallo (3), esto puede confundirse con el daño que causa la roya agalladora.

El estudio que se reporta es parte del proyecto sobre "Estudios de la roya agalladora del pino", el mismo se desarrolló en la aldea Las Anonas del municipio de Salamá, en un área con alta incidencia de roya agalladora. Bajo condiciones naturales se evaluó la resistencia a la roya agalladora de nueve especies de pino.

II. METODOLOGIA:

2.1 Localización del área de estudio

El estudio se realizó en la aldea Las Anonas, del municipio de Salamá, departamento de Baja Verapaz. La temperatura media anual del área oscila entre 19 y 24°C. La precipitación media total anual es de 855mm, distribuidos en su mayor parte de mayo a octubre.

2.2 Especies que se evaluaron y desarrollo del estudio

Se evaluó la susceptibilidad a la roya agalladora del pino de las especies siguientes: *Pinus tenuifolia*, *Pinus oocarpa*, *Pinus caribea*, *Pinus chiapensis*, *Pinus rudis*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus tecunumanii*, *Pinus taeda* y *Pinus elliotti*. Además para *p.oocarpa* se evaluó la susceptibilidad de las procedencias de Vado Hondo, La lagunilla y San José La Arada, para *P.tenuifolia* se evaluaron las procedencias de San Cristóbal A. V., San Juan Sacatepéquez, La Unión, San Jerónimo y Cobán.

Las semillas de las especies de pino se obtuvieron del Banco de Semillas Forestales de la Dirección General de Bosques y Vida Silvestre, y del Banco de Semillas del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición constó de veinticinco plantas. La variable respuesta evaluada fue el número de plantas que mostraron síntomas de la enfermedad en la base o a lo largo del tallo. Además se observó la presencia de estructuras de almacenamiento a la vase del tallo.

La primera evaluación de la presencia de síntomas de la roya agalladora, o de estructuras de almacenamiento, se hizo ocho meses después de trasplantadas las plantas de pino a bolsas de polietileno negro de 8 x 12 pulgadas. La segunda evaluación se realizó nueve meses después de la primera. Una muestra de las plantas que presentaron síntomas de la roya agalladora o estructuras de almacenamiento fue llevada al laboratorio, en donde se les hicieron cortes histológicos y se observó la presencia de haustorios, lo cual confirmó la enfermedad o la existencia de almidón, e indicó el desarrollo de estructuras de almacenamiento. El estudio se inició en el mes de noviembre de 1987.

III. RESULTADOS Y DISCUSION:

3.1 Evaluación de la susceptibilidad de nueve especies de pino.

En la primera lectura no se observaron síntomas de la roya agalladora en las especies de pino evaluadas, únicamente se observaron engrosamientos simétricos en la base del tallo de plantas de *P. oocarpa*; por lo que se determinó que estas eran estructuras de almacenamiento. En la segunda lectura se observaron síntomas de la roya agalladora en *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. tecunumanii*, *P. radis*, *P. ayacahuite*, *P. taeda* y *P. elliotii*. La especie que mostró mayor incidencia de la enfermedad fue *P. caribaea*. Las especies *tenuifolia* y *P. chiapensis* no mostraron síntomas de la enfermedad, esto no indica que sean resistentes debido a que se han encontrado en bosques naturales y plantados árboles jóvenes de *P. tenuifolia* afectada con la enfermedad. El cuadro 1 muestra la incidencia de la roya agalladora en las especies evaluadas.

CUADRO 1. Incidencia de la Roya Agalladora del Pino en las Especies Evaluadas.

Especie	Incidencia (%)
<i>P. caribaea</i>	13
<i>P. oocarpa</i>	5
<i>P. tecunumanii</i>	3
<i>P. radis</i>	2
<i>P. ayacahuite</i>	2
<i>P. taeda</i>	2
<i>P. elliotii</i>	2
<i>P. tenuifolia</i>	0
<i>P. chiapensis</i>	0

La formación de estructuras de almacenamiento se ha confundido con síntomas de la roya agalladora en *P. oocarpa*, para esta especie se ha reportado alta incidencia de dicha enfermedad (2). Los resultados del presente estudio, muestran que el daño ocasionado en vivero por la roya agalladora no es significativo en las condiciones de la aldea Las Anonas, para las especies evaluadas.

3.2 Evaluación de susceptibilidad de procedencia de *P. oocarpa* y *P. tenuifolia*.

Nueve meses después de iniciado el estudio no se observaron síntomas de la roya agalladora del pino en las procedencias de *P. oocarpa* y *P. tenuifolia*. En las procedencias de *P. oocarpa* se observó la presencia de engrosamientos simétricos en la base del tallo, la procedencia de Vado Hondo presentó el mayor porcentaje de plántulas con estas estructuras. Por medio de cortes histológicos se determinó que las estructuras simétricas constituyen estructuras de almacenamiento. El cuadro 2 muestra el porcentaje de plántulas de *P. oocarpa* con estructuras de almacenamiento por procedencia.

Los resultados obtenidos de la evaluación de procedencias de las especies de pino, que se han reportado susceptibles, indican que la roya agalladora del pino en las condiciones de la aldea Las Anonas no es una limitante para la producción de plántulas de pino

en vivero. Sin embargo, es necesario hacer estudios en otras áreas fuertemente infestadas por la roya agalladora, así como evaluar otras procedencias debido a la variabilidad existentes en las especies de pino y la enfermedad.

CUADRO 2. Formación de Estructuras de Almacenamiento en Procedencias de *P. oocarpa*.

Procedencia	Plántulas con Estructuras de almacenamiento (%)
Vado Hondo (Zacapa)	95
San José La Arada (Chiquimula)	90
La Lagunilla (Jalapa)	70

V. BIBLIOGRAFIA

1. HOOLEY, D.L. and VEAL, M. A. Economic impact of fusiform rust. In Management of fusiform rust in southern pines. USDA, Forest Service. 1977. pp. 39-50.
2. JUAREZ, M.R. Estudio sobre la roya agalladora *Cronartium quercuum* f. sp. fusiforme en plantas de pino (*Pinus spp*) en Guatemala. Tesis, Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 1983. 45 p.
3. VENATOR, C. R. Formation of root stored organs and sprouts in *Pinus oocarpa* seedlings. Turrialba (Costa Rica). 1977. 27(1):41-45.

COLECTA *in vitro* DE GERMOPLASMA DE *Coffea arabica* L.¹

BORBOR PONCE, MIRIAM²
CALDERON DIAZ, JOSE³
LOZOYA SALDAÑA, HECTOR⁴
OICATA L., MABILIA⁵



1. INTRODUCCION

El café (*Coffea arabica* L.) es una planta cultivada de primordial importancia en algunos países tropicales. Su mejoramiento genético se enfoca a incrementar el rendimiento, así como su adaptabilidad y resistencia a enfermedades y la calidad del producto, para todo lo cual es muy útil el mantenimiento de un Banco de Germoplasma viable, accesible y genéticamente estable. Dicho Banco de Germoplasma se inicia con expediciones internacionales que se organizan para recolectar fragmentos de tallo, plantas pequeñas, plántulas y semillas (1), pero dependiendo de la localización del lugar de las especies de interés, la duración de la expedición, época del año, etc., el material vegetal se puede deteriorar, perder viabilidad, o puede no haber semilla.

En otras plantas, posibles problemas adicionales son la temporada definida y limitada de colecta (arroz), el gran tamaño del material a seleccionar (coco), semillas recalcitrantes o de dudosa viabilidad (cacao, orquídeas), riesgo de dispersar agentes fitopatógenos con las colectas (*Coffea*, *Theobroma*, *Solanum*). También se da el caso de expediciones únicas que buscan muchas y muy diferentes especies (plantas medicinales) (4,10).

La colecta directamente *in vitro* se presenta como una alternativa de solución temporal a los problemas mencionados, y para aumentar la viabilidad del acopio vegetal (10). El cultivo de tejidos de *Coffea* está ampliamente perfeccionado desde hace tiempo (3, 5, 9),

-
- 1 Financiado por FAO/IBPGR y desarrollado en diversas instalaciones del CATIE, Costa Rica.
 - 2 Profesor, UNA, La Molina, Perú.
 - 3 Investigador, U. San Carlos, Guatemala, Guatemala.
 - 4 Profesor, UACH., Chapingo, México.
 - 5 Investigador, ICA, Bogotá, Colombia.

siendo sus principales obstáculos la oxidación y la contaminación con hongos y bacterias. Para contrarrestar estos problemas los lavados contienen antioxidantes, fungicidas y antibióticos. El presente trabajo intentó adecuar las metodologías de laboratorio al campo, de manera que permitiera una colecta eficiente, viable, práctica, en mayor cantidad de germoplasma pero a la vez en menor volumen.

2. OBJETIVOS

- 2.1 Adaptación de las técnicas del cultivo de tejidos vegetales *in vitro* directamente en el campo para la recolección de germoplasma de *Coffea arabica* L.
- 2.2 Validación de procedimientos de desinfección que incluyeron fungicidas, antibiótico y/o antioxidante, en combinación con dos medios de cultivo, respecto a la sobrevivencia del material colectado.

3. REVISION DE LITERATURA

El café ha sido cultivado *in vitro* a partir de diversos inóculos: embriones somáticos, ápices vegetativos, yemas axilares de ramas ortotrópicas y plagiotrópicas y microestacas (2, 3, 5, 9). Los principales problemas con siembras iniciales son la alta contaminación por microorganismos y la oxidación del tejido, por lo que las desinfecciones deben incluir antioxidantes y antibióticos, requiriendo además baja temperatura y/o permanencia en oscuridad por algún tiempo (2, 6). Los hongos y las bacterias presentes son generalmente saprófitos, contaminantes del medio, más no del tejido; sin embargo no dejan de ser importantes porque provocan la acidificación o descomposición del medio o por la completa invasión del reducido espacio de crecimiento del vegetal.

La eficacia del lavado previo a la siembra se aumenta cuando cualquier desinfectante se mezcla con adherentes-dispersantes, los que al disminuir la tensión superficial ponen en contacto a un mayor número de moléculas del biocida con los sitios receptores del microorganismo. Se favorece así la actividad, que es proporcional al número de moléculas que actúan independientemente. Los adherentes-dispersantes mencionados pueden ser desde detergente comercial hasta agroquímicos diversos, pasando por los clásicos tween y triton-x (7, 8).

Entre los desinfectantes como tales podemos mencionar al alcohol etílico, peróxido de hidrógeno, nitrato de plata, diversos compuestos de cloro, fungicidas y bactericidas. A su vez, los fungicidas pueden ser de contacto, de amplio espectro, o sistémicos específicos. La selección de los productos estará en función de su fitotoxicidad. Así, por ejemplo, el alcohol etílico es muy efectivo pero es fitotóxico o favorecen oxidaciones; la actinomicina y la cicloheximida inhiben la actividad y síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos en tejidos vegetales, mientras que la gentamicina, cefalosporina, eritromicina y colistina en bajas concentraciones son inocuos para la planta (7, 8). Los fungicidas de contacto pueden causar daño al inóculo por sus propiedades altamente reactivas, y a su vez los sistémicos solo actúan sobre ciertos grupos de hongos, el Benomyl, por ejemplo, que no afecta a los ficomicetos, mientras que el Ridomyl solo es efectivo contra éstos. (7, 8).

El problema de oxidación, que se manifiesta como un oscurecimiento externo del te-

jido, no siempre se resuelve con lavado con antioxidantes, ante lo cual se opta por otros recursos de manejo del inóculo, como siembra e incubación a bajas temperaturas y en la oscuridad, selección de inóculos no muy jóvenes, o múltiples enjuagues después de la desinfección (6).

Otra alternativa para aumentar la sobrevivencia y eliminar microorganismos es la incorporación de los productos inhibidores al medio de cultivo (7, 8), procurando el correcto manejo de las sustancias térmicamente inestables o de baja solubilidad en agua. Contra la oxidación también se ha procedido de la misma manera aunque sin éxito (6). El carbón vegetal activado no inhibe el proceso de oxidación solo absorbe etileno de la atmósfera y los desechos del tejido en el medio (6).

4. MATERIALES Y METODOS

Los cortes y siembras del inóculo se hicieron sobre una bandeja de acero inoxidable flameada continuamente, la cual en lo posible, se procuró colocarla lo más alejado del suelo, sobre troncos o piedras, cuando las colectas se efectuaron a la intemperie.

4.1 COLECTA Y SIEMBRA *in vitro* EN EL CAMPO.

Se utilizaron dos medios de cultivo:

MEDIO BLANCO: Sales básicas de Murashige y Skoog (M.S.)⁶ con 1 mg/l de tiamina, 100 mg/l de mio-inositol, 30 g/l de sacarosa y 6 g/l de agar, en agua destilada.

MEDIO NEGRO: Igual al anterior, pero además con 100 mg/l de benomyl, 100 mg/l de gentamicina y 1 g/l de carbón activado.

Se tomaron nudos de tallos ortotrópicos con yemas axilares, en dos localidades:

1. CAMPO CATIE, a 600 m de altitud, *Coffea arabica* cultivar (cv) Catuai. Previo a la siembra en el medio de cultivo los inóculos se sometieron a alguno de los siguientes métodos de desinfección:
 - a) Alcohol: Inmersión en Hipoclorito de sodio comercial, al 10%, en agua durante 10 minutos seguido de un lavado con agua destilada estéril.
 - b) Cloro: Inmersión en Hipoclorito de sodio comercial, al 10%, en agua durante 10 minutos seguido de un lavado con agua destilada estéril.
 - c) Mezcla BGA: Inmersión en una mezcla en agua de 100 mg/l de benomyl, 100 mg/l de gentamicina y 100 mg/l ácido ascórbico, durante 10 minutos, sin lavado.
 - d) Agua estéril (testigo): Inmersión durante 10 minutos en agua destilada estéril.

2. CAMPO LA LOLA, a 60 m de altitud, *Coffea arabica* cv. Catimor. Los tratamientos pre-siembra fueron:
 - a) Alcohol: Inmersión en alcohol etílico al 70% en agua durante 10 minutos, seguido de un lavado con agua destilada estéril.
 - b) Cloro: Inmersión en Hipoclorito de sodio comercial al 10% en agua con la adición de tween-80 (hasta una concentración de 0.05%), durante 10 minutos seguido de un lavado con agua destilada estéril.
 - c) Mezcla BGAT: Inmersión en una mezcla BGA con la adición de tween-80, (hasta una concentración de 0.05%) sin lavado posterior.
 - d) Acido Ascórbico: Inmersión en una mezcla de 100 mg/l de ácido ascórbico, disuelto en agua destilada estéril, con la adición de tween-80, (hasta una concentración de 0.05%) durante 10 minutos, sin lavado posterior.

4.2 COLECTA EN EL CAMPO Y SIEMBRA *in vitro* EN EL LABORATORIO.

La siembra *in vitro* se desarrolló en las instalaciones del CATIE, el mismo día de la recolección con los mismos procedimientos y materiales que se usaron para la siembra en el campo en esa localidad. Las varetas se transportaron del campo al laboratorio, inmersas en una solución de 100 mg/l de ácido ascórbico en agua.

4.3 RECUPERACION DE INOCULO.

A los cinco días después de las siembras (Etapas 4.1, 4.2), se tomaron los cultivos, y bajo condiciones de laboratorio se re-desinfestaron siguiendo en orden los siguientes pasos:

1. Cloro: Hipoclorito de sodio comercial al 10% en agua con la adición de tween-80 (hasta una concentración de 0.05%) durante 10 minutos.
2. Mezcla BGAT: Inmersión del tejido por 10 minutos.
3. Lavado: Lavado con una solución de ácido ascórbico (100 mg. por litro de agua destilada estéril).

El medio de cultivo utilizado en esta etapa fue similar al medio negro, pero sin carbón activado.

4.4 DEPURACION DE COLECTA DE CAMPO.

En base a las experiencias obtenidas de los métodos utilizados anteriormente, se modificó la técnica de colecta *in vitro* en el campo del CATIE, desarrollándose el siguiente procedimiento:

Cultivar Catuai: Se tomaron inóculos con dos nudos cada uno.

1. Hidratación del fragmento vegetal inmediatamente después de separarlo de la planta, con una solución de agua estéril con la adición de tween-80 (a la concentración de 0.05%) durante 10 minutos, con agitación continua.

2. Mezcla BGAT, durante 10 minutos.
3. Lavado en una solución similar a la del primer paso.

En todos los casos, a los cuatro días de la siembra en el medio artificial se cuantificó el grado de oxidación, así como la presencia de hongos y bacterias y el vigor general del tejido, equivalente a viabilidad o rescate potencial, en por lo menos de 5 a 7 repeticiones por tratamiento, en las combinaciones de tipo de medio, método de desinfección, localidad y etapa.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos incluidos en el Cuadro 1 corresponden a la cantidad relativa de la población afectada por el parámetro observado. No refleja, sin embargo, la severidad de la oxidación, ni la agresividad o grado de invasión de microorganismos en dicha población.

5.1 COLECTA DE CAMPO, CATIE

Al comparar los dos medios de cultivo se observó menor oxidación en el inóculo colocado en el medio blanco, de 8 a 31% de los inóculos sembrados, contra 11 a 73% en el medio negro. En cuanto a los métodos de desinfección, en ambos medios, el tejido se oxidó menos al tratarlos con cloro o con la mezcla BGA, mientras que el alcohol etílico fue el más dañino en este aspecto (cuadro 1, Fig. 1).

La contaminación por microorganismos fue total (100%) en los medios de cultivo cuando los fragmentos de tallo solo se lavaron con agua antes de la siembra, pero ninguno de los otros tratamientos de pre-siembra mostró consistencia de control de hongos y bacterias, excepto el cloro contra bacterias en explantes colocados en el medio negro, con 0% de incidencia.

La rescatabilidad, tomada como vigor del tejido independientemente de la presencia de oxidación o de microorganismos, se vio favorecida al desinfectar con cloro o con la mezcla BGA, siendo de 85% para ambos lavados en el medio testigo (blanco), y de 71 y 100% respectivamente en el sustrato más complejo (negro). Coincidentemente, estos tratamientos pre-siembra también indujeron la más baja oxidación.

5.2 COLECTA DE CAMPO, LA LOLA

En base a la experiencia anterior, se hicieron modificaciones significativas a los métodos de lavado; se incorporaron adherente y ácido ascórbico a los métodos c y d. Con esto se mejoró el control de microorganismos, pero no se redujo la oxidación. Las siembras en medio blanco que mostraron mayor oxidación fueron las lavadas con cloro o alcohol etílico y las más oxidadas en el medio negro fueron las pre-tratadas con cloro o ácido ascórbico. Por otro lado, en ambos medios el oscurecimiento se mantuvo aceptablemente bajo (14-18% de los inóculos) cuando el material fue desinfectado con la mezcla BGAT.

La contaminación se redujo notablemente en el medio blanco, con ausencia total de hongos y detectándose bacterias solo en inóculos pre-lavados con alcohol etílico o con ácido ascórbico. En los medios negros tampoco hubo hongos al haber desinfectado con alcohol

etílico, cloro o la mezcla BGAT, y las bacterias se mantuvieron bajas en todos los métodos utilizados, excepto en el de cloro.

En el medio blanco se mantuvo alto el vigor o valor de rescate potencial, sin relación con el grado de oxidación, presencia de contaminantes o método de lavado, mientras que en el medio negro el máximo vigor (80% de inóculos rescatables) coincidió con el menor oscurecimiento del tejido y ausencia total de microorganismos, resultado de la desinfestación con alcoholetílico. En este medio complejo los lavados con cloro o ácido ascórbico no inhibieron satisfactoriamente la oxidación y sí se abatió el vigor general del tejido (20% de inóculos rescatables). La mezcla BGAT indujo la menor oxidación (14% de inóculos) y ausencia de microorganismos en el medio blanco, con cifras parecidas en el medio negro, habiéndose obtenido el 80 y 60% de material vegetal rescatable respectivamente.

5.3 SIEMBRA EN EL LABORATORIO

Como ya se mencionó, esta siembra se efectuó el mismo día, y con los mismos procedimientos, que la del campo en el CATIE. En el medio blanco la oxidación fluctuó entre el 8%, en la población con lavado en agua, hasta 36% en los inóculos lavado con cloro. En el medio negro lavado con cloro fue el menos dañino (11%) y el alcohol el más dañino o demasiado fuerte (31%).

La contaminación bacteriana fue casi total en ambos medios y poco o nada se pudo controlar al respecto por cualquiera de los métodos de desinfestación aquí incluidos. Los hongos sí se eliminaron de los inóculos lavados con alcohol o cloro, pues en medio blanco no se detectaron y en el medio negro su incidencia fue en un 14 y 28% de la población de inóculos respectivamente.

El vigor del tejido como para trasplantar se conservó en un 85% de la población, como mayor cifra, en dos combinaciones de tratamientos: al lavar con la mezcla BGA y siembra en medio simple (blanco), y al lavar con cloro y siembra en medio complejo (negro).

5.4 RESCATABILIDAD

Al agrupar y analizar los datos de este parámetro (recuperación teórica) en combinación con medio de cultivo y sistema de desinfestación, se observó mayor vigor en el medio simple que en el complejo, y más uniformidad de vitalidad del tejido al ser pre-lavado con las mezclas BGA y BGAT antes de pasar a cualquiera de los dos medios (Cuadro 2). No se observó un efecto aditivo en los casos en los que tanto la solución de lavado como el medio de cultivo contenían al fungicida y al antibiótico; más bien, la conservación del tejido estuvo estrechamente relacionada con el manejo en el campo al momento de su colecta y siembra, esto debido a que a través de la práctica se fue depurando la técnica a utilizar en el campo.

5.5 DEPURACION

Considerando las etapas que se realizaron previamente, en ésta etapa se modificó todo el procedimiento, como se explica en la sección de materiales y métodos, siendo los cambios más significativos la siembra de inóculos con dos nudos y dos lavados con agua destilada con la adición de detergente, previos a la desinfestación con la mezcla BGAT. Como resultado la contaminación por microorganismos fue nula y la oxidación muy ligera, además el doble

nudo conservó el vigor. Considerando que las siembras *in vitro* en el campo son temporales, conservándose así no más de una semana, hasta que se transfiere el inóculo a un medio de crecimiento en un laboratorio equipado, este sistema modificado garantiza la viabilidad durante ese tiempo.

Es de notar que los medios de cultivo no contenían reguladores de crecimiento. Esto obedece a que el objetivo no fue el desarrollar los inóculos seleccionados en el mismo tubo desde la siembra original en el campo, sino que, conscientes de las altas contaminaciones iniciales, se pretendió solo la colecta *in vitro* como medida temporal, para pasar finalmente a medio fresco, con reguladores, en el laboratorio. La opción de transferencias posteriores estará dada según el vigor, contaminaciones, oxidación y grado de desarrollo de la yemas.

En nuestro caso, las altas contaminaciones y las inconsistencias de su control tanto en la colecta del campo en el CATIE como en la siembra directa en el laboratorio se debieron en gran medida a la falta de adherente en los líquidos de desinfección. Esto se corrigió en las colectas posteriores. La total incidencia de microorganismos en las siembras testigo donde el inóculo solo fue lavado con agua demuestra que el fungicida y el antibiótico incorporados al medio de cultivo no surtieron el efecto esperado. Suponemos que el hongo contaminante pudo ser un ficomiceto (*Rhizopus*) que no es afectado por benomyl.

Por otro lado, al promediar los porcentajes de sobrevivencia potencial como parámetro prioritario, sobresale la constancia de los tratamientos de desinfección a base de biocidas, con alrededor del 80% de sobrevivencia seguidos por los de cloro. El alcohol aparentemente favoreció la descomposición del tejido y la oxidación, mientras que muchos testigos, lavados solo con agua destilada o ácido ascórbico se contaminaron en grados superiores a cualquier posible rescate.

Considerando el éxito obtenido en la etapa de depuración, se recomienda:

- 1) El diseño de una cámara portátil de aislamiento,
- 2) Pre-lavar las varetas con agua destilada con la adición de detergente como primer paso de desinfección,
- 3) Incorporar mezclas más complejas de biocidas selectivos y antioxidantes, y
- 4) Para el ejemplo específico de café, tomar inóculos de 4-5 cm de longitud que incluyan dos nudos de dos yemas cada uno y así aumentar la probabilidad de rescate de tejido viable.

En general, con esta técnica se minimizan los riesgos de deterioro inmediato del tejido colectado, se puede ampliar la temporada de colecta, los patógenos endémicos de las plantas de distribución geográfica limitada también se ven confinados al tubo de ensayo y, con excepción de parásitos obligados, el resto de los patógenos contaminantes se evidencia visualmente por el crecimiento de la colonia en el medio de cultivo. Estas son otras bondades, además de las justificaciones mencionadas en la introducción, por las que se proyecta la colecta *in vitro* como una eficaz alternativa a los métodos tradicionales en las expediciones de recolección de germoplasma.

CUADRO 1. Incidencia (% de inóculos) de oxidación, bacterias, hongos y material rescatable a partir de yemas axilares de café colectadas *in vitro* bajo diferentes condiciones ambientales. Lectura a los cuatro días de colecta.

	MEDIOS SIN PRODUCTOS (BLANCO)				MEDIO CON PRODUCTOS (NEGRO)			
	Ox.	Bac.	Hond.	Resc.	Ox.	Bac.	Hon.	Resc.
<i>CAMPO CATIE</i>								
Alcohol	31	85	71	71	73	28	43	14
Cloro	8	85	14	85	27	0	28	71
Mezcla BGA	20	71	71	85	11	71	100	100
Agua estéril	24	100	100	43	35	100	100	0
<i>CAMPO LA LOLA</i>								
Alcohol	34	60	0	80	14	0	0	80
Cloro	42	0	0	100	48	80	0	20
Mezcla BGA	14	0	0	80	18	20	0	60
Acido ascórbico	20	40	0	80	38	20	60	20
<i>LABORATORIO</i>								
Alcohol	34	100	0	28	31	100	14	14
Cloro	36	100	0	43	11	57	28	85
Mezcla BGA	13	100	28	85	15	100	100	71
Agua estéril	8	100	28	71	24	100	28	14

* Ver descripción de métodos de desinfectación en la sección de materiales y métodos.

CUADRO 2. Porcentaje de la población de inóculos de café susceptible de ser rescatado de acuerdo a la combinación desinfección-medio de cultivo, a los cuatro días de la siembra bajo tres condiciones de colecta *in vitro*.

DESINFECTACION	MEDIO SIMPLE (BLANCO)					MEDIO COMPLEJO (NEGRO)				
	CATIE	LOLA	LAB	\bar{X}	X de X	CATIE	LOLA	LAB	\bar{X}	X de X
Alcohol	71	80	28	60	48	14	80	14	36	48
Cloro	85	100	43	76	68	71	20	85	59	68
Mezcla BGA	85	—	85	85	86	100	—	71	86	86
Mezcla BGAT	—	80	—	80	70	—	60	—	60	70
Acido ascórbico	—	80	—	80	50	—	20	—	20	50
Agua estéril	43	—	71	57	32	-0-	—	14	7	32

--- Método de desinfección no aplicado

-0- Rescate nulo.

6. REFERENCIAS

1. ANTHONY, F., BERTHAUD, J.L., GUILLAUMET and LOURD, M. 1987. Collecting wild *Coffea* species in Kenia and Tanzania. *Plant Genetic Resources Newsletter* 69:23-29.
2. BERTHOYLY, m. 1987. Multiplicación asexual de *Coffea arabica* mediante cultivo de tejidos, IICA. p. 57-62.
3. CUSTER, J.B., VAN-EE, G., and BUIJS, L. C. 1980. IX International Colloquium on Coffee. London.
4. DENTON, I.R. 1985. Problems in field collecting. *Plant Genetic Resources Newsletter* 62:15-16.
5. DUBLIN, P. 1980. IX International Colloquium on Coffee. London.
6. DUHEM, K., Le MERCIER, N. and BOXUS, P. 1988. Difficulties in the establishment of axenic *in vitro* cultures of field collected coffee and cacao germplasm. *Acta Hort.* 225:67-75.
7. POLLOCK, K., BARFIELD, D. and SHIELDS, R. 1983. The toxicity of antibiotics to plant cell cultures. *Plant Cell Reports*: 36-39.
8. SHIELDS, R., ROBINSON, S. and ANSLOW, P. 1984. Use of fungicides in plant tissue culture. *Plant Cell Reports*: 3:33-36.
9. SONDHAL M.R., MONACO, L.C. and SHARP, W.R. 1981. *in vitro* Methods Applied to Coffee. En: Thorpe, T.A. (Ed.), *Plant Tissue Culture, Methods and Applications in Agriculture*. Academic Press, EE.UU. 325-348.
10. WITHERS, L.A. 1987. *In vitro* Methods for Collecting Germplasm in the field. *FAO/IBPGR. Plant Genetic Resources Newsletter*. 69: 2-6.

AVANCES EN LA GENETICA DE LA SIMBIOSIS FIJADORA DE NITROGENO EN LAS PLANTAS *

Luis Mejía De León **



RESUMEN

Durante la fijación biológica de nitrógeno en las asociaciones simbióticas el huésped y el microsimbionte se afectan en funciones fundamentales como división celular, expresión génica, función metabólica y morfogénesis. Es por eso que el estudio de la simbiosis fijadora de nitrógeno en las plantas, además de su enorme importancia ecológica y económica en sí mismo, reviste un interés desde el punto de vista de la biología celular. Esta revisión de literatura pretende hacer una breve descripción de la comprensión actual de este proceso, así como resaltar algunos avances recientes de importancia, particularmente en relación a las interacciones moleculares que permiten el desarrollo del nódulo radicular. Finalmente, se hace referencia a algunas aplicaciones que la información básica obtenida está teniendo en la agricultura.

* Conferencia presentada en la XV Reunión Latinoamericana de Rhizobiología. Ciudad de Guatemala, 19-23 de noviembre, 1990.

** Profesor de Genética, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

INTRODUCCION

En condiciones naturales, las tasas más elevadas de fijación biológica de nitrógeno se encuentran en asociaciones simbióticas de bacterias con plantas. El sistema simbiótico mejor conocido y de mayor importancia en la agricultura es el constituido por bacterias del género *Rhizobium* con plantas de la familia Leguminosae. En esta asociación, las bacterias inducen en la planta la formación de un nuevo órgano, el nódulo radicular. En este nódulo se forma el ambiente fisiológico que permite la simbiosis, en la cual la bacteria fija el nitrógeno molecular reduciéndolo a amoníaco, exportándolo a la planta para su asimilación, haciéndola independiente del nitrógeno del suelo. La planta a su vez, reduce el bióxido de carbono a azúcar durante la fotosíntesis trasladándolo a las raíces para uso por la bacteria como fuente de energía.

El estudio de la fijación biológica de nitrógeno es de gran interés debido no solo a su enorme importancia económica y ecológica, sino también desde un punto de vista fundamental en el estudio de las interacciones moleculares que determinan los procesos de desarrollo en las plantas.

La interacción entre determinadas especies de *Rhizobium* y determinados grupos de plantas es altamente específica. Solo en una planta no-leguminosa, *Parasponia*, se ha encontrado la formación de nódulos radiculares simbióticos con *Rhizobium* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Asociaciones *Rhizobium*-planta

<i>Rhizobium</i>	Planta
<i>Rhizobium meliloti</i>	Alfalfa
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	
biovar <i>viciae</i>	Arveja, <i>Vicia</i> sp.
biovar <i>trifolii</i>	Trébol
biovar <i>phaseoli</i>	Frijol
<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	Soya
<i>Rhizobium loti</i>	<i>Lotus</i>
<i>Rhizobium caulinodans</i>	<i>Sesbania</i> (tallo)
<i>Bradyrhizobium</i> spp.	<i>Parasponia</i> (no-leguminosa)

Fuente: Long, 1989.

La formación de nódulos se inicia en respuesta a señales químicas específicas producidas en la raíz de la planta y liberadas en la rizosfera. Las bacterias infectan los pelos absorbentes o tricomas de la superficie radicular, produciendo deformaciones características en ellos. Las bacterias proliferan e invaden las células, induciendo la formación de un "hilo infeccioso" que penetra el tejido y se ramifica en la corteza radicular. El primordio del nódulo es formado por células de la corteza de la raíz que inician su división. Los hilos infecciosos penetran las células del primordio y las bacterias son liberadas al citoplasma celular y luego son envueltas por la membrana plasmática. Las bacterias se diferencian en bacteroides, su forma endosimbiótica, y comienza la fijación de nitrógeno y el intercambio de metabolitos bajo las condiciones morfológicas y fisiológicas del nódulo (Rolfe y Gresshof, 1988).

FUNCIONES GENÉTICAS DE RHIZOBIUM Y PLANTAS

Las diferentes especies de *Rhizobium* de crecimiento rápido son portadoras de plásmidos grandes (pSyms) en los cuales se encuentran los genes para la simbiosis. En algunas especies de crecimiento lento, como *Bradyrhizobium*, sin embargo, los genes simbióticos incluyen los genes relacionados con la nodulación (*nod*), la secreción de compuestos de superficie (*exo*, *lps* y *ndv*), la fijación de nitrógeno (*nif*, con homólogos en los sistemas de vida libre, y *fix*, cuya función no es análoga con una función de vida libre). Se han definido también algunos loci simbióticos en el huésped, específicamente para leghemoglobinas (proteínas relacionadas con la regulación de la disponibilidad de oxígeno) y otras nodulinas (productos génicos con diversas funciones expresado únicamente en los nódulos) (Long, 1989).

1. Genes de Nodulación

Los genes de nodulación (*nod*) se definen por su efecto sobre la habilidad de la bacteria para causar nodulación en el huésped, la mayoría de definiciones génicas han surgido de estudios con las especies indicadas en la Figura 1. Los genes *nod* pueden agruparse en genes de nodulación "comunes" o conservados entre las especies de *Rhizobium* y "huésped-específicos" o no-conservados (Long, 1989).

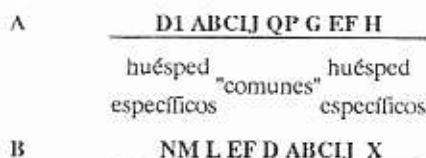


Figura 1. Mapa de los genes de nodulación de dos especies de *Rhizobium*. A) *R. meliloti*, B) *R. leguminosarum* (Long, 1989).

Los genes *nod* comunes de las diferentes especies son similares estructural y funcionalmente. Las mutaciones de los genes *nodABC* anulan la habilidad de nodular, lo cual indica su importancia en este proceso.

Los genes *nod* huésped-específicos confieren especificidad de nodulación en un huésped determinado, su mutación reduce la nodulación o produce alteraciones en el rango de huésped.

A diferencia de los demás genes *nod*, la expresión del gen *nodD* es constitutiva, la transcripción de los demás genes es inducida en presencia de extractos vegetales que actúan como reguladores positivos. Se cree que el producto del gen *nodD* es una molécula regulatoria que requiere del estimulador vegetal (compuestos aromáticos de tres anillos derivados del metabolismo fenilpropanoide denominados flavonoides, tales como luteolina en alfalfa y trébol) para convertirse a su forma activa y promover la expresión de los genes *nod*. El producto del gen *nodD* es una proteína (NodD) de 33 kilodaltons que tiene afinidad por una secuencia en el ADN de 50 pares de bases, esta secuencia está altamente conservada y se conoce como "caja nod". La proteína NodD es por lo tanto un activador de la transcripción y constituye el centro de la comunicación entre *Rhizobium* y su planta huésped (Long, 1989).

La formación de nódulos de anatomía normal en ausencia de *Rhizobium* indican que la planta posee todo el programa genético para la organogénesis nodular y que la función del microsimbionte es la de activar este programa mediante la producción de una señal extracelular. En un estudio reciente para identificar la naturaleza de una señal, Lerouge et al. (1990) indujeron la transcripción de los genes *nod* en *R. meliloti* por medio del flavonoide luteolina, obteniendo un filtrado con actividad de deformación de tricomas en alfalfa (el huésped homólogo) pero no en *Vicia* sp. (un huésped heterólogo). A partir de este filtrado se purificó una molécula con actividad biológica considerada como la señal simbiótica que determina la infección específica y la nodulación. Esta molécula se denomina NodRm-1 (un tetrasacárido, N-acil-tri-N-acetil-B-1,4-D-glucosamina) y tiene propiedades estructurales similares a algunas moléculas receptoras de las lectinas de la raíz. Las lectinas son proteínas con afinidad por carbohidratos y es sabido que las leguminosas pertenecientes a diferentes grupos de inoculación producen diferentes tipos de lectinas. La presencia de genes *nod* comunes es necesaria para la producción de este factor extracelular. Por lo menos un gen *nod* huésped-específico (*nodH*) también es necesario, un mutante de *R. meliloti* para este gen es incapaz de causar deformación del tricoma de alfalfa pero sí en *Vicia*. El mutante excreta un factor más hidrofóbico, denominado NodRm-2, que no posee un grupo sulfato. La proteína NodH podría ser entonces una sulfato transferasa (Nap y Bisseling, 1990). Es de esperarse que la disponibilidad de factores NodRm purificados y de mutantes de los diferentes genes *nod* permitirá determinar la naturaleza de las relaciones bioquímicas y genéticas que intervienen en la formación de esta señal y su transducción en el desarrollo del nódulo así como en la expresión de las nodulinas.

En un estudio reciente que apoya la participación de las lectinas en la inducción de la nodulación huésped-específica, Díaz et al. (1989) introdujeron un gen de lectina (*psl*), que determina una proteína con afinidad por glucosa/manosa, en la raíz de trébol blanco. La formación de nódulos pudo ser inducida en las raíces transgénicas por *R. leguminosarum* bv. *viciae* (el trébol normalmente es nodulado por *R. bv. trifolii*). Este resultado demuestra que el rango de huésped en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa está, al menos parcialmente, determinado por interacciones simbióticas simbiote-raíz-lectina. Este trabajo también es importante ya que constituye el primer caso de la ruptura de la barrera de especificidad de huésped en una interacción planta-bacteria.

Surgen entonces preguntas sumamente interesantes en relación con la forma como sucede el reconocimiento planta-microbio y el por que no se desencadenan las respuestas de defensa en el huésped. El estudio de los mecanismos bioquímicos que resultan de la acción de los genes *nod* permitirán elucidar no solamente la base de la especificidad en *Rhizobium* sino también la naturaleza de la resistencia en las plantas (Long, 1989).

2. Funciones de superficie

Al producirse una hidrólisis localizada de la pared celular en la deformación del tricoma las bacterias penetran la célula por invaginación de la membrana plasmática. Alrededor de la membrana invaginada se forma un hilo infeccioso de forma tubular por deposición de material similar al que constituye la pared celular. Las bacterias proliferan dentro del hilo infeccioso a medida que este penetra hasta el primordio del nódulo en la corteza radicular.

La penetración y liberación de las bacterias en las células huéspedes requiere de componentes de superficie adecuados en la bacteria y en la planta. Los estudios con mutantes

de *Rhizobium* deficientes en la síntesis de polisacáridos son consistentes con la idea de que estos polímeros juegan un papel importante en el proceso infeccioso, ya que los mutantes no pueden invadir normalmente a la planta, formándose "nódulos vacíos". Se han identificado diferentes genes relacionados con la síntesis de componentes de superficie bacterianos, tales como exolisacáridos (genes *exo*), lipopolisacáridos (genes *lps*), y glucanos (genes *ndv*). Se ha propuesto que estos compuestos podrían actuar también en el escape a los mecanismos de defensa del huésped.

Durante la penetración la bacteria altera la síntesis de la pared celular, ya que el hilo infeccioso representa una nueva pared en sí mismo, y debe por lo tanto interactuar con los elementos en la membrana y el citoplasma relacionados con la síntesis y deposición de los componentes de esta pared (Long, 1989).

3. Leghemoglobina y otras nodulinas

La enzima nitrogenasa es inactivada irreversiblemente por el oxígeno, las proteínas leghemoglobina (Lb) capturan el oxígeno y lo liberan cuando las concentraciones disminuyen por debajo de cierto nivel. Las leghemoglobinas, que constituyen hasta el 25% de la proteína soluble total en el nódulo, muestran homología y semejanza estructural con las oxihemoproteínas animales como la hemoglobina. La posición de dos de los tres intrones en el gen Lb son muy similares a las posiciones de los dos intrones del gen de la hemoglobina (Long, 1989).

Las leghemoglobinas forman familias multigénicas en las leguminosas, y se expresan varias formas de la proteína en los nódulos (Long, 1989).

La Lb es una verdadera "proteína simbiótica" ya que el grupo heme es considerado un producto bacteroide, mientras que la globina esta determinada por el genoma vegetal (Nap y Bisseling, 1990).

Las nodulinas son definidas como productos génicos de la planta, específicos de los nódulos. Se han identificado varias secuencias, y se han determinado funciones para varias de estas proteínas, tales como uricasa, glutamino sintetasa, colina dinasa y suerosa sintetasa. Existen muchas otras nodulinas cuya función se desconoce. Como estas nodulinas realizan funciones que ocurren también en otras partes de la planta, se ha propuesto que la formación de nódulos evolucionó a partir de alteraciones relativamente simples de los mecanismos de diferenciación de la raíz, durante las cuales los genes vegetales se adaptaron a las condiciones fisiológicas de la simbiosis. Los genes de las nodulinas se expresan de manera coordinada y podrían estar activados por una misma señal, talvez relacionada con la liberación de bacterias de los hilos infecciosos ya que estos no se expresan en nódulos que no poseen células infectadas. Se desconoce la naturaleza de esta señal o la participación de genes bacterianos (Nap y Bisseling, 1990).

La transferencia de un gen de leghemoglobina (*lbc3*) de soya a *Lotus corniculatus* no impidió la expresión nódulo-específica de este gen (Stougaard et. al., 1986), por lo tanto el promotor de soya fue reconocido adecuadamente en *Lotus* a pesar de que la nodulación en esta especie es inducida por otra bacteria (*R. loti*). Este resultado indica un mecanismo de inducción nódulo-específico de los genes de leghemoglobina conservado en las leguminosas. El análisis molecular de los promotores y de los factores que interactúan con ellos permitirá comprender mejor los mecanismos de regulación de las nodulinas, es decir, la naturaleza y el origen de las señales que activan la expresión de estos genes.

4. Genes para la fijación de nitrógeno

Los mutantes *nif* y *fix* son capaces de formar nódulos pero estos no fijan nitrógeno. La Figura 2 muestra la organización de estos loci en tres sistemas diferentes. Estos genes están relacionados con los componentes del sistema nitrogenasa y están altamente conservados a través de las especies. La activación simbiótica de los genes *nif* es activada por el gen *nifA*, la expresión de este gen depende de bajas concentraciones de oxígeno, el efecto del oxígeno esta regulado por genes *fix* constituyendo un sistema regulatorio con dos componentes (Long, 1989). Los genes *nif* se expresan después que los genes de las nodulinas más tardías, el nódulo se prepara para la fijación de nitrógeno sintetizando estas nodulinas.

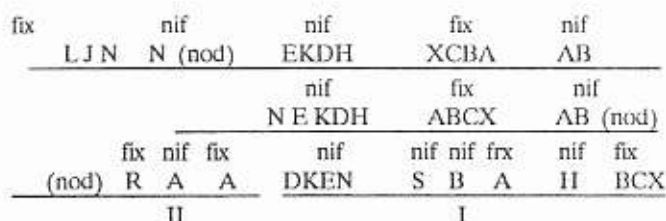


Figura 2. Mapas de los genes *nif* y *fix* en tres organismos con diferentes relaciones de ligamiento. Arriba: *R. meliloti*; en medio: *R. leguminosarum*; abajo: *B. japonicum*, (Long, 1989).

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO DEL ESTADO SIMBIOTICO

El estudio del intercambio de metabolitos entre dos células íntimamente asociadas, separadas por una interfase planta-bacterioide sujeta a ser manipulada, podría permitir la obtención de información relevante a aspectos de fundamental importancia en biología celular tales como el de la compartimentalización y su evolución.

Por otra parte, durante el establecimiento de la endosimbiosis, la bacteria entra bajo control del huésped y es el someterse a este control lo que le permite convertirse en simbiote en el lugar de patógeno. La determinación de los mecanismos que determinan el control de *Rhizobium* por su huésped, podría sugerir formas mediante las cuales otras bacterias patógenas podrían ser sometidas a un control biológico (Long, 1989).

AMPLIACIONES EN AGRICULTURA

Los resultados de la investigación básica sobre fijación de nitrógeno están empezando a ser utilizados en la agricultura. A continuación se proporcionan algunos ejemplos reportados por Triplett et al. (1989).

1. La reducción biológica de nitrógeno resulta en la producción de hidrógeno, el cual es un inhibidor de la nitrogenasa. Algunas cepas de *Rhizobium* contienen una hidrogenasa que oxida el hidrógeno, recapturando parte de la energía perdida en su producción y en el mantenimiento de una baja concentración en el nódulo. La presencia de hidrogenada en *B. japonicum* ha resultado en mejores rendimientos en soya.

2. Algunas líneas de alfalfa con altos contenidos de flavonas manifiestan un mayor nivel de fijación simbiótica de nitrógeno. La adición de flavonas a plantas de alfalfa inoculadas con *R. meliloti* ha resultado en un aumento de la nodulación y en la actividad de la nitrogenada.
3. La inoculación de alfalfa con cepas de *R. meliloti* que contienen copias adicionales del gen *nifA* ha resultado en mejores rendimientos en esta especie.
4. Los mutantes de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* sensibles al succinato, una molécula de 4 carbonos producto del catabolismo de la sucrosa incorporado por el bacteroide, inducen más nódulos y compiten mejor con las cepas nativas lo cual ha resultado en mayores rendimientos.
5. La transferencia de los genes *nifH* y *nifD* de *K. pneumoniae* a tabaco, ha resultado en la producción de proteínas pero sin actividad enzimática. Se considera que la expresión de productos génicos *nif* funcionales en plantas transgénicas será posible antes de la finalización del presente siglo.

Recientemente se reportó la inducción de nódulos por rhizobia en las raíces de arroz, la infección se produjo después de tratar las raíces con enzimas para digerir la pared de celulosa de las células (Al-Mallah et al., 1989; Moffat, 1990). También se ha logrado la nodulación en arroz por investigadores en China y Australia mediante el tratamiento mutagénico de rhizobia (Moffat, 1990). En ninguno de los casos anteriores se ha demostrado la fijación efectiva de nitrógeno en estas plantas. En todo caso, como las plantas no fueron alteradas genéticamente, las plántulas tendrán que ser tratadas antes de cada siembra.

Al considerar la posibilidad de extender la capacidad fijadora de nitrógeno, existen algunos riesgos con implicaciones ecológicas que es conveniente mencionar. Por ejemplo, algunas bacterias fitopatógenas dependientes del nitrógeno podrían aumentar su virulencia al adquirir esta capacidad. De igual manera, si algunas malezas se convirtieran en fijadoras de nitrógeno podrían proliferar en forma desmesurada causando alteraciones en el balance ecológico (Sánchez Díaz y Aguirreola, 1989).

Los riesgos anteriores y otros que pudieran visualizarse tendrán que ser sopesados con los grandes beneficios potenciales de extender la capacidad fijadora de nitrógeno en forma efectiva a otras especies vegetales de alta importancia alimenticia tales como maíz, trigo, cebada o arroz.

REFERENCIAS

- Al-Mallah, M.K., M.R. Davey & E.C. Cocking. 1989. Formation of nodular structures on rice seedlings by rhizobia. *J. Exptl. Botany* 40, 473.
- Díaz, C.L., L.S. Melchers, P.J.J. Hooykaas, B.J.J. Lugtenger & J.W. Kijne. 1989. Root Lectin as a determinant of host-plant specificity in the Rhizobium-legume symbiosis. *Nature* 338, 579-581.
- Lerouge, P., P. Roche, C. Faucher, F. Maillet, G. Truchet, J.C. Prome & J. Denarie. 1990. Symbiotic Host-specificity of Rhizobium meliloti is determined by a sulphated and acylated glucosamine oligosaccharide signal. *Nature* 344, 781-784.
- Long, S.R. 1989. Rhizobium-legume nodulation: life together in the underground. *Cell* 56, 203-214.
- Moffat, A.S. 1990. Nitrogen-fixing bacteria find new partners. *Science* 250, 910-912.
- Nap, J.P. & T. Bisseling. 1990. Developmental biology of a plant-prokaryote symbiosis: The legume root nodule. *Science* 250, 948-954.
- Rolfe, B.G. & P.M. Gresshoff. 1988. Genetic analysis of legume nodule initiation. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39, 297-319.
- Sánchez Díaz, M. & J. Aguirreolea. 1989. Evolución y posibilidades futuras de la simbiosis fijadora de nitrógeno en plantas. *Actas del Congreso de Biología Ambiental (II Congreso Mundial Vasco)*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco, Tomo I, 49-55.
- Stougaard J., J., K.A. Marcker, L. Otten & J. Schell. 1986. Nodule-specific expression of a chimaeric soybean leg-haemoglobin gene in transgenic *Lotus corniculatus*. *Nature* 321, 669-674.
- Triplett, E.W., G.P. Roberts, P.W. Ludden & J. Handelsman. 1989. What's new in nitrogen Fixation. *ASM News* 55, 15-21.

PARQUES NACIONALES

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA APLICACION DEL USO MULTIPLE EN LA PLANIFICACION DE PARQUES NACIONALES *



Ing. Agr. Oscar Manuel Núñez S. **

RESUMEN

La investigación fue realizada en la Floresta Nacional de Passa Quatro, Minas Gerais, Brasil, y tuvo como objetivo principal la planificación del manejo del bosque, planteando su conservación y desarrollo, optimizando sus posibles usos múltiples utilizando técnicas de programación lineal.

Fue propuesta una metodología para el inventario del uso múltiple, la cual, presentó los requisitos para la planificación a través de la programación lineal. Las características fisiográficas y ecológicas del área, favorecieron el desarrollo de los usos múltiples: Madera, pasto, piscicultura, apicultura, protección hidrológica y recreación.

El modelo propuesto de programación lineal consta de 4 partes: función objetivo, restricciones de uso múltiple, restricciones de presupuesto-costo y restricciones técnicas. Se trabajó con diferentes métodos silviculturales de corte: control por área, control por área basal y control por volumen. Cada método presentó un valor diferente en la maximización de la producción de madera (Función objetivo), lo que indica diferentes alternativas en la planificación del manejo forestal.

El análisis final del modelo presentó una solución óptima con todos los usos múltiples fijados en las restricciones del modelo. Se observó una disminución en el valor original de la función objetivo, detectándose que las restricciones de presupuesto fueron las principales determinantes en la disminución observada.

Se concluye que la utilización de la programación lineal en la planificación del uso múltiple es una herramienta muy útil y que es importante su utilización en las unidades administrativas del País.

* Trabajo de Tesis de Maestría del Autor.

** Profesor-investigador, Facultad de Agronomía, Universidad San Carlos de Guatemala.

INTRODUCCION

La humanidad está preocupada por la conservación del medio ambiente y por las prácticas de manejo forestal que determinan la sobrevivencia y continuidad de los recursos naturales renovables. Aparte de los aspectos conservacionistas, la sociedad se relaciona con muchos bienes y servicios procedentes simultáneamente de los bosques, que sólo serán preservados cuando los Gobiernos Nacionales y las Agencias Internacionales dediquen mayor atención y distribuyan más recursos financieros, en pro del desarrollo forestal de forma integral.

Las actividades de manejo forestal pueden ser implementadas para producir mayores cantidades de un determinado producto, pero estas modificaciones pueden conllevar a la disminución en la producción de otros. Lo ideal es que el manejo propiciase la producción de múltiples productos para satisfacer las necesidades de la sociedad. Tal meta se puede lograr con la planificación y ejecución del manejo forestal enfocado bajo un sistema de producción conjunta de uso múltiple.

El desarrollo de la técnica en los últimos años, es una consecuencia de la búsqueda de nuevas alternativas de uso de los recursos naturales. Fue así, cuando el término de "uso múltiple" fue asociado con el término de "rendimiento sostenido", y entonces la concepción de uso múltiple se tornó una alternativa real y viable de desarrollo, dadas las necesidades de nuestro pueblo. El integrar y equilibrar los usos, llevó a los científicos a involucrar la matemática y la economía en los estudios de uso múltiple y la planificación fue facilitada con el desarrollo de la computación en los últimos años.

Específicamente, en el presente trabajo, fue adoptada la técnica de programación lineal, para encontrar la mejor distribución de los recursos forestales y usos de la tierra, maximizando la producción conjunta de recursos naturales: madera, pastos, piscicultura, apicultura, protección hidrológica y recreación. El trabajo fue realizado en la Floresta Nacional de Passa Quatro, Minas Gerais, Brasil.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Uso múltiple.

La integración de las áreas y sus usos apropiados, representa una forma de integración óptima de usos, denominada de "Uso múltiple". El uso múltiple está asociado con otros conceptos en la literatura actual, y más directamente al uso múltiple en bosques. Según JAN-KA *et alii* (1981), la terminología utilizada en la actualidad indica, en algunos casos, la inseguridad que todavía caracteriza la discusión científica. En este sentido, son usados los términos uso múltiple, agrosilvopastoril y agroecosistemas, sin establecer diferencias entre ellos. De hecho, parece que el término "uso múltiple" enfatiza los posibles usos potenciales del suelo, basándose en un sólo principio. Mientras tanto, el término "agrosilvopastoril" busca incrementar la productividad, estructurando sus distintos componentes, según las circunstancias ecológicas y socioeconómicas particulares. Ya el término "agroecosistemas" es usado más como una terminología histórica general.

La conservación unida al desarrollo y al uso múltiple, es definida como la gestión de la utilización de la biósfera por el ser humano, de tal manera que permita el mayor beneficio sostenido para las generaciones presentes, y ello también le permita su potencialidad para satisfacer las necesidades y mantener las aspiraciones de las generaciones futuras. Esto indica que la conservación unida al uso múltiple es positiva porque abarca la preservación, el mantenimiento, el aprovechamiento sostenido, la restauración y la mejoría del medio ambiente biótico, que engloba también la conservación de los recursos vivos, específicamente las plantas, los animales y los elementos inanimados (POORE, 1975).

Según McARDLE (1960), el uso múltiple no es la mejor forma de uso, tiene sus limitaciones, pero también ofrece enormes ventajas. Antes que todo, el uso múltiple contribuye para solucionar problemas de escasez, busca disminuir o resolver conflictos de oferta y demanda de los recursos naturales, fomenta el equilibrio en el aprovechamiento de esos recursos y neutraliza la influencia de gestiones particulares. Cuando es aplicado en la debida forma, el uso múltiple engloba las consideraciones de orden estético y económicas en las decisiones de la administración y equilibra los valores materiales con los no materiales.

El uso bien planificado y bien aplicado es y continuará siendo, la mejor forma de administrar la mayoría de las tierras de propiedad pública y gradualmente va a convertirse en la mejor forma de administración para propiedades privadas.

El concepto de uso múltiple puede encontrarse en muchas áreas de la Ciencia, pero su concepción original como término "uso múltiple" fue adoptado en las Ciencias Forestales. El término fue creado por el Servicio Forestal de los Estados Unidos, en la década de los 50, cuando se pasó a adoptar el manejo integrado de los recursos naturales. Luego de la aprobación del término de "uso múltiple", se le unió la acción de rendimiento sostenido y en forma conjunta fueron el tema central en el Congreso Forestal Americano (1950), V. Congreso Forestal Mundial (1960), VI Congreso Forestal Brasileño (1986).

La importancia del uso múltiple está en el aumento de la población, en la escasez de la tierra y productos básicos, en la conservación del medio ambiente y en la agricultura ecológica (FBCN, 1986).

2. Teorías interpretativas sobre uso múltiple.

Los conceptos de uso múltiple han sido enfocados bajo diferentes puntos de vista y algunas veces en forma opuesta. HALL (1972), analiza las 2 principales teorías de pensamiento que fueron resultado de la interpretación de los diferentes conceptos de uso múltiple: teoría de igual oportunidad para la utilización de los recursos y teoría de uso dominante.

- Teoría de igual oportunidad para utilización de los recursos.

Esta teoría se basa en dos principios. El primero, indica que el uso múltiple no requiere la maximización de la producción por unidad de área y ni de determinado producto. El uso múltiple necesita sólo de la armonía y coordinación de usos. El segundo, indica que todos los recursos tienen la misma importancia, pero sus valores relativos serán respetados en la aplicación de los planes de manejo. Todo esto especifica que no debe buscarse una combinación de recursos que produzca el máximo beneficio económico y que ningún uso tenga prioridad sobre otro.

- Teoría de uso dominante.

Se basa en el principio y la necesidad de la separación, en el espacio y en el tiempo, de usos forestales competitivos, de modo a maximizar los beneficios. Según esta teoría, cada tierra o zona es distribuida para usos y servicios, para los cuales presenta mejor vocación. Otros servicios pueden ser adicionados, si ellos son independientes o complementarios (TEEGUARDEN, 1979). En este caso, deben ser consideradas las prioridades de producción o de uso. En esta teoría, debe ser considerado un uso principal para cada calidad de sitio.

3. Aplicación de uso múltiple en bosques.

Como visto, el término de uso múltiple tuvo su origen y formación en bosques de los países desarrollados. Ahora, el concepto es utilizado en el mundo entero, pero sin ninguna línea de aplicación definida. No dude que nuestros indígenas: Mayas, Aztecas e Incas, manejaban sus bosques según un sistema integrado de uso múltiple. Los Mayas, por ejemplo, practicaban el uso múltiple en los bosques tropicales de Petén. Los bosques eran utilizados para extracción de leña y madera para construcción, sin embargo, muchas áreas eran manejadas para conservación de agua para sus campos agrícolas, otras áreas para caza y los bosques que rodeaban Tikal eran usados para ceremonias religiosas (VON HAGEN, 1978).

La historia del uso múltiple es la historia de los bosques y una discusión sobre esto es de cierta forma controvertida y complicada, en el momento de buscar la mejor aplicación de uso múltiple. La aplicación se resume en que los bosques proporcionan simultáneamente muchos de los valores fisiológicos, físicos y culturales.

La planificación de una aplicación de uso múltiple en bosques es lo que no ha existido, pero inconscientemente se ha practicado al manejar los bosques bajo los criterios de rendimiento sostenido. Para GUILLAUMON & OGAWA (1986), lo incipiente de la planificación de uso múltiple se debe a la escasez de la información de investigaciones y a la falta de políticas condincentes con la realidad del país.

La presión de todo el mundo sobre la conservación de los bosques no puede ser sólo

para la conservación del medio ambiente, tiene que producirse y aprovechar los recursos con una mentalidad cierta, ligada a la conservación. Conservación está ligada a la preservación de la capacidad productiva de la tierra para sostener el desarrollo, bienestar social y económico, para garantizar la calidad de vida. El uso múltiple es la mejor forma de manejar los bosques para integrar la conservación con la explotación, la conservación con el rendimiento sostenido y la conservación con el desarrollo forestal (POORE, 1975).

4. Aplicación de modelos matemáticos en la planificación de uso múltiple forestal.

Para MENDOZA *et alii* (1987), el empleo de técnicas y de modelos de programación matemática en la planificación de uso múltiple forestal, está limitado al uso de la programación lineal.

Para LEUSCHNER *et alii* (1975), la programación lineal es aplicada a una variedad de situaciones forestales. Las aplicaciones incluyen solución de problemas en las industrias forestales, regulación y ordenación de bosques, planificación económica forestal y una serie de modelos en el área de protección forestal. Según MENDOZA *et alii* (1987), la planificación de uso múltiple es todavía más limitada a la programación por metas u objetivos (Goal Programming). Para MENDOZA (1987), la programación por metas fue introducida en la literatura forestal por FIELD (1973), el cual manifiesta que la programación por metas es una modificación de la programación lineal convencional. El modelo primal de la programación lineal es enfocado sobre el problema de determinación de la distribución óptima de recursos escasos, para satisfacer el grupo de objetivos especificados. La programación por metas, en formato similar, busca una estructura que logre cerrar las posibilidades para encontrar las metas especificadas. El procedimiento de trabajo es con optimización de restricciones y también son limitados por la suposición de que las variables de los modelos son continuas y que se integran sólo por relaciones lineales.

La dependencia o relación de la programación por metas con la programación lineal, está en los modelos o en la estructura utilizada. Según FIELD *et alii* (1980), la técnica para la complementación del uso de la programación lineal y programación por metas, promueve mejoras sensibles en los test y en las estrategias de selección en la planificación del manejo forestal, específicamente en la programación del corte de madera. Los autores indican que el modelo que tiene un objetivo de manejo simple, comúnmente analizado por programación lineal, puede auxiliarse de la programación por metas como valiosa técnica de análisis de post-optimización.

INVERSON & ALSTON (1986), presentan un análisis histórico de uso múltiple y su relación con los modelos matemáticos y de computación. Resaltan los siguientes programas: ARVOL, SORAC, SIMAC, ACE, TREES, NIMRUM, RPA, NIMRAS, NIFMA, NEPA, RCS, RAA, Timber RAM, MUSYC, y el FORPLAN que particularmente analiza los efectos de los cortes y explotaciones forestales, aparte de lo que es su planificación, sobre el medio ambiente. Es utilizado actualmente en la planificación y manejo de los Parques y Bosques Nacionales de los Estados Unidos.

MATERIALES Y METODOS

1. Características generales de la Floresta Nacional de Passa Quatro (Bosque Nacional).

El bosque de Passa Quatro ocupa una área de 335 ha y está localizado en la región sur de Minas Gerais, Brasil. Se sitúa entre las coordenadas de 22A 33' a 22A 34' latitud sur y 44A 57' a 44A 58' longitud oeste. El bosque de Passa Quatro pasó a formar parte del sistema de Parques Nacionales de Brasil en 1947, siendo administrado por el Instituto Nacional del Pino, posteriormente por el Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Forestal y actualmente por el Instituto Brasileiro del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

El bosque se encuentra a una distancia de 3 km. de la ciudad de Passa Quatro y posee una buena estructura vial hacia el bosque y dentro del bosque. El parque, en general, posee una topografía que varía de ondulada a montañosa, con exposición predominante sureste y noroeste, con pendientes que varían de 20A a 60A, llegando hasta 80A en las partes más elevadas del parque.

Las altitudes varían de 950 msnm a 1450 msnm, con temperatura media anual que varía de 18.8AC a 14.5AC. La precipitación está en torno de 1437 mm, con una evapotranspiración potencial de 830 mm y un déficit hídrico de 4 mm. De acuerdo a la clasificación de Koppen, Passa Quatro pertenece al grupo Cwb, con clima mesotérmico de invierno seco y verano lluvioso.

En lo referente a suelos y geología, el parque se encuentra entre 2 formaciones geológicas: un macizo alcalino de Itatiaia (Triásico Jurásico) y un complejo granitoide (Pre Cámbrico superior). El análisis físico de los suelos indica un alto porcentaje de suelos arcillosos (44-61%) y en las características químicas se encuentran valores muy bajos de Carbono y Nitrógeno, suelos ácidos con pH inferiores a 5. Los suelos son descritos como Latosoles y Litosoles degradados (OLIVEIRA, 1971; SALOMÃO, 1986). El parque es parte de la cuenca hidrográfica del río Prata y es cruzada por los riachuelos Verde, Vargem Grande y Retiro.

En lo que respecta a la vegetación el área es compuesta tanto de bosques naturales, como de plantaciones forestales. El bosque natural ocupa una área de 102.4 ha y las plantaciones forestales un área total de 172.5 ha. (Cuadro 1).

CUADRO 1. Distribución de la vegetación en el área del Bosque Nacional de Passa Quatro, M.G.

CATEGORIA	TIPO DE VEGETACION	AREA (ha)	AREA (%)
Bosque artificial	<i>Araucaria angustifolia</i>	108.3	32
	<i>Pinus eiliottii</i>	59.7	18
	<i>Pinus taeda</i>	4.6	1
	total	172.6	51
Bosque natural	<i>Araucaria angustifolia</i>	18.6	6
	<i>Latifoliadas</i>	61.9	18
	Mata secundana y regeneración de Candeia	21.9	7
	total	102.4	31
Superficie forestal		275.0 ha	82% *

Fuente SALOMAO (1986).

* 82% de área forestal

Desde el punto de vista turístico el parque se encuentra dentro de una zona potencialmente explotada con estos fines, conocida como estaciones hidrominerales del Circuito de las Aguas, las cuales poseen una buena infraestructura hotelera, buena estructura vial y programas de promoción turística a nivel Nacional. La mayor atracción turística del parque es un festival de pesca, de Trucha, realizado de los meses de Julio a Octubre.

2. Determinación del potencial de sitio para uso múltiple

Para la aplicación del uso múltiple forestal, fue necesario disponer de informaciones de inventario más específicas, de las que proporciona un inventario forestal convencional. El levantamiento realizado, determinó el volumen de madera posible de explotar, además de una clasificación de los diferentes biomas forestales, según sus condiciones ecológicas y su potencialidad silvicultural y de uso múltiple. La finalidad del levantamiento fue realizar un diagnóstico de los tratamientos más apropiados a los diferentes tipos de rodales, sobre los objetivos del manejo forestal integrado.

La metodología propuesta para este tipo de inventario de uso múltiple se basó en un modelo experimentado por PORRAS (1979). Se realizó una serie de modificaciones y transformaciones con respecto al modelo base, fundamentalmente en la estructuración de la codificación de los datos.

La definición de las características que determinan el uso múltiple en las diferentes áreas y rodales, fue establecida en base a una subdivisión general del parque en 5 sectores primarios, de acuerdo a su posición fisiográfica e intensidad de uso.

Fue realizada la codificación de los datos del inventario para manejo silvicultural y de uso múltiple y fueron definidas 6 actividades principales: método de tratamiento silvicultu-

ral, método de reforestación, actividades suplementarias, sistema de explotación, tiempo de intervención y definición del uso múltiple. Por ejemplo, la definición del uso múltiple para cada rodal, esta en función de las características que se observan en el cuadro 2.

Se observan los 5 usos múltiples propuestos para la realización de su planificación, por medio de la programación lineal y los números de cada variable son parte de la codificación realizada.

3. Determinación del modelo matemático.

El proceso de maximización de uso múltiple fue efectuado via modelos matemáticos, específicamente por programación lineal. El modelo de programación lineal base, utilizado en este estudio, fue elaborado por LEUSCHNER *et alii* (1975), el cual, fue estructurado para planificación de uso múltiple.

CUADRO 2. Definición del uso múltiple de acuerdo a las condiciones ecológicas, silviculturales, método de tratamiento y el uso más conveniente y económico del suelo.

CUADRO 2. Definición del uso múltiple de acuerdo a las condiciones ecológicas, Silviculturales, método de tratamiento y el uso más conveniente y económico del suelo.

Especie	Calidad de sitio	Altitud	Pendiente	Método de Tra-	Uso Múltiple de bosques y:	Código
1,3,5-8	2,4,5	0-5	0,2,3	2,3,5	Pastos	A
8	2,5,6	0-3	3	5	Piscicultura	B
1-8	0-5,7	0-8	0-3	0-4	Apicultura	C
1-6	1,4,5	3-8	0-2	0-4	Hidrología	D
1-8	0-5	0-8	0,2,3	0,2,4	Recreación	E

El modelo consta de 4 partes: Función objetivo (a), restricciones de producción de uso múltiple (b), restricciones de presupuesto-costo (c) y restricciones técnicas y de explotación (d).

a) $\text{Max } T = \sum C_j X_j$

b) $H_i - (\sum A_{ij} X_j) + (\sum B_{ijk} Y_{ijk}) > R_i$

c) $\sum \sum D_{qjk} X_j + \sum \sum E_{qjk} Y_{ijk} > E_q$

d) $X_j > F, \sum X_j > G_j$

Donde:

- T = Volumen total de madera cortado en el período de 1 año.
- C_j = Rendimiento estimado por unidad de área de corte, en la j -ésima unidad.
- X_j = Área de corte en la j -ésima unidad de la variable escogida.
- H_i = Capacidad existente sobre la unidad para producir el i -ésimo producto de uso múltiple.
- A_{ij} = Pérdidas estimadas por unidad de área de corte del i -ésimo producto de uso múltiple, en la j -ésima unidad de trabajo.
- B_{ijk} = Contribución media por unidad de la k -ésima actividad de manejo, para el i -ésimo producto de uso múltiple, en la j -ésima unidad de trabajo o área de corte.
- Y_{ijk} = El número de unidades de la k -ésima actividad de manejo que contribuye para el i -ésimo producto de uso múltiple, en la j -ésima unidad de trabajo o área de corte.
- R_i = El objetivo de producción para el i -ésimo producto de uso múltiple.
- D_{qjk} = El costo por unidad de área de corte de la k -ésima actividad de manejo de la madera, en la j -ésima capacidad de producción de la unidad de trabajo, para el q -ésimo presupuesto del período de planificación.
- E_{qjk} = El costo por unidad de actividad de manejo de la k -ésima actividad de manejo, en la j -ésima unidad de trabajo, atribuido al q -ésimo presupuesto a gastar, en el i -ésimo producto de uso múltiple no maderero.
- E_q = La restricción para el q -ésimo presupuesto del período de planificación.
- F = El objetivo del área de aclareos de la unidad, durante el período planificado.
- G_j = El número total de hectáreas que pueden ser cortadas en la j -ésima unidad de trabajo.

El proceso de cálculo y simulación fue dividido en 2 partes:

1. Maximización de la producción de madera.
2. Experimentación del modelo propuesto.

La maximización de la producción de madera fue realizada con diferentes metodologías de cálculo de los cortes (aclareos): Control por área, control por volumen, control por área basal estimada y control por área basal reduciendo a 18-25 m²/ha el área basal de cada rodal.

a) Control por área:

Basado en el manejo tradicional del bosque y el objetivo es maximizar el área a cortar en cada rodal. Las clases caracterizan los cortes como se presenta a continuación:

- Clase 0 = 10% de corte del área.
 Clase 1 = 20% de corte del área.
 Clase 2 = 30% de corte del área.
 Clase 3 = 50% de corte del área.
 Clase 4 = 100% de corte del área.

b) Control por volumen:

Tiene como objetivo el desbaste de determinado volumen por unidad de área. Generalmente es relacionado al crecimiento de la masa forestal. Las clases caracterizan el % de corte en volumen como se presenta a continuación:

Método de tratamiento silvicultural para volumen y área basal estimada.	Clase	Porcentaje de corte para el control por volumen y área basal estimada. (%)
---	-------	---

Corte de mejoramiento	0	5
Corte por lo bajo	1	10
Corte selectivo suave	2	20
Corte de liberación	3	30
Corte selectivo fuerte	4	50
Corte raso	5	100

c) Control por área basal estimada:

Es de más fácil realización en el campo y es acorde a la realidad volumétrica necesaria de ralear. El objetivo es aclarar un porcentaje determinado del área basal total del rodal.

d) Control por área basal reducida:

Tiene como objetivo mantener una área basal de 18 a 25 m²/ha, que es recomendado para bosques de coníferas (DAVIS & JOHNSON, 1987).

El proceso de planificación de uso múltiple se basó completamente en el modelo de LEUSCHNER *et alii* (1975), descrito anteriormente y que conduce a la resolución de la segunda parte del proceso de cálculo y simulación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las políticas y objetivos de manejo del bosque Nacional de Passa Quatro, no están bien establecidos y no permiten hacer previsiones sobre las principales actividades que van a realizarse en los próximos años. En el presente año, el presupuesto fue incierto y no existe planificación futura en este sentido.

Los resultados presentados están en función de los inventarios realizados, pero los objetivos de planificación estructurados, no responden a ningún objetivo ya establecido por el jefe del Parque, ni por el Instituto Brasileiro del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA).

La presentación y discusión de resultados es dividida en tres partes: definición de la aptitud de los diferentes áreas y rodales para determinado uso múltiple, maximización de la producción de madera y evaluación del modelo matemático propuesto como un instrumento para la planificación de uso múltiple.

1. Análisis de aptitud y de uso múltiple para las diferentes áreas y rodales.

En el Cuadro 3 se observa el registro de la aptitud de las diferentes áreas y rodales, así como sus principales características dendrométricas. Los diferentes usos múltiples factibles de trabajarse, son la asociación de madera y: pastos (Código A), piscicultura (Código B), apicultura (Código C), protección hidrológica (Código D), uso intensivo (Código E). La mayor actividad de uso múltiple es la producción conjunta de madera y protección hidrológica (48.28% del total de rodales y 65.79% del total del área). La razón es que la mayoría de los rodales poseen una pendiente elevada y otro uso sería en perjuicio de la conservación del bosque y del suelo. Del mismo modo es necesario proteger las fuentes de agua que surten a los tanques piscícolas, ya que esta actividad es el mayor ingreso económico para el Parque.

2. Maximización del rendimiento de madera.

El máximo rendimiento de la producción de madera fue estimado con la ejecución del modelo matemático, la función objetivo (Ecuación 1) y las restricciones de orden técnico y área (Ecuación 4). En el Cuadro 3, se observa el tratamiento silvicultural para cada rodal que fue determinado según las condiciones ecológicas y de ordenamiento forestal.

La maximización del rendimiento de la producción de madera por medio del control por área, dió un valor de $13,526.47 \text{ m}^3$, (Cuadro 4) observándose en el análisis que muchos rodales no poseen ningún porcentaje de corte en su área. Esto es debido a que el modelo matemático de programación lineal da mayor importancia (peso), a los rodales con mayor área y consecuentemente una mayor producción de madera por hectárea.

Esto inviabiliza la utilización de la programación lineal en la planificación forestal, cuando es utilizado el control por área en los bosques que tienen rodales pequeños y que necesitan de manejo.

El análisis de sensibilidad indica los márgenes de aumento o disminución de cada rodal. Así, por ejemplo, la variable X3, puede aumentar su coeficiente normal (168.71) hasta 58.32 m^3 y puede tener una disminución de infinito. Se realizó también el análisis de sensibilidad de las restricciones, donde se indica el posible aumento o disminución del coeficiente corriente de la restricción. Así, la restricción 21, por ejemplo, tiene un sobrante de 0 ha, un precio sombra (Shadow prices) de $158.89 \text{ m}^3/\text{ha}$, que indica la máxima cantidad que el valor de la función objetivo puede cambiar si una unidad de la restricción fuese adherida o sustraída.

El análisis de sensibilidad de las restricciones indica un incremento posible hasta 1.53 ha y una disminución de 0.23 ha, sobre el valor del lado derecho de la restricción (RHS) de 0.89 ha.

Para cada rodal existe un valor óptimo de corte sobre el área y su variación según indica el análisis de sensibilidad, está sujeto a un análisis en el campo, donde se consideren las características del rodal y su uso múltiple asignado.

La maximización del rendimiento de la producción de madera por medio del control por volumen, tiene ventajas sobre el control por área. Esto es debido a que la variable a maximizar, expresada en m^3/ha , puede tener un aumento o disminución sin alterar mucho el valor de la función objetivo. La fijación del volumen de corte por rodal puede variar en pequeñas cantidades sin alterar el tratamiento silvicultural y el uso múltiple fijado para el rodal.

CUADRO 3. Características dendrométricas, registro y aptitud de las diferentes áreas y rodales forestales y tratamientos silviculturales de la Floresta Nacional de Passa Quatro.

Rodal nA.	Código de Especie	nA de variable	Area (ha)	Area basal (m ² /ha)	Frecuencia (Arb/ha)	Vol. s.c. (m ³ /ha)	Uso múltiple	Tratamientos silviculturales (*)			
								(1)	(2)	(3)	(4)
2	Aa	X1	2.69	33.73	2763	132.85	C, D	0	3	3	2
4	Aa	X2	3.52	37.34	3375	173.24	C, D	0	3	3	2
6	Aa	X3	2.54	37.20	2488	168.71	A	3	2	2	1
8	Aa	X4	17.84	20.31	2300	90.59	C, D	0	3	3	2 + 1
9	Aa	X5	15.27	14.32	2850	37.89	D	0	3	3	0
10	Aa	X6	12.98	37.11	1900	227.03	A	3	2	2	1
12	Aa	X7	6.61	42.99	2113	271.54	A	3	2	2	1
14	Aa	X8	7.42	15.44	1963	52.27	A	3	2	2	0 + 2
18	Aa	X9	13.56	35.71	3175	184.83	D	0	0	0	2
19	Aa	X10	9.98	35.24	3583	178.12	D	0	0	0	2
20	Pt	X11	2.46	59.68	1891	533.07	D	0	0	0	3 + 3
22	Aa	X12	6.75	30.44	2175	160.95	D	0	0	0	2
25	Pe	X13	13.31	37.49	1369	244.17	D	0	0	0	2
26	Pe	X14	3.36	61.67	4125	437.10	E	1	1	1	4 + 2
27	Pe	X15	1.93	68.41	1742	607.34	B	2	3	3	4 + 3
31	Aa	X16	2.12	33.20	1575	164.04	A, E	1	4	4	2
33	Pe	X17	2.86	48.44	1925	344.57	E	1	1	1	3 + 3
35	Pe	X18	0.64	48.95	1813	419.19	E	1	1	1	3 + 3
37	Pe	X19	1.76	65.27	2337	468.20	E	1	1	1	4 + 2
39	Pt	X20	0.89	58.38	1013	627.09	E	1	1	1	3 + 3
42	Aa	X21	6.99	27.14	2285	140.09	D	0	0	0	1
44	Pe	X22	7.37	44.54	1800	309.08	B	2	3	3	3 + 3
45	Pt	X23	1.23	52.33	1600	506.99	B	4	5	5	5
46	Pe	X24	4.58	63.15	2251	436.05	E	1	1	1	3 + 3
53	Pe	X25	0.97	53.10	1876	506.45	B	2	3	3	3 + 3
54	Pe	X26	12.77	36.45	1725	194.17	D, E	1	3	3	2 + 2
58	Pe	X27	1.75	55.13	1712	481.37	C, D	0	4	4	3 + 3
59	Pe	X28	4.22	62.70	2187	517.81	D, E	1	3	3	4 + 2
61	Pe	X29	4.13	53.14	3050	377.75	C, D	0	4	4	3 + 3
			172.50	1269.00	24961	8992.55					
29 rodales			5.95	43.76	2240	310.09					

Aa *Araucaria angustifolia*

Pe *Pinus eliottii*

Pt *Pinus taeda*

* Tratamientos silviculturales:

(1) Control por área.

(2) Control por volumen.

(3) Control por área basal estimada.

(4) Control por área basal reducida.

CUADRO 4. Resultados de la maximización de la producción de madera, correspondientes al control por área, control por volumen y control por área basal estimada y reducida

Rodal nA.	Variable	Control por Área (ha)	Control por volumen (m ³ /ha)	Control por Área basal estimada (m ² /ha)	Control por Área Basal reducida (m ² /ha)
2	X1	0.00	0.00	0.00	0.00
4	X2	0.00	0.00	0.00	0.00
6	X3	0.00	0.00	0.00	0.00
8	X4	0.00	90.59	20.31	20.31
9	X5	0.00	37.89	14.32	1.49
10	X6	8.16	143.91	26.55	14.44
12	X7	6.61	0.00	0.00	0.00
14	X8	0.00	0.00	0.00	0.00
18	X9	0.00	72.06	11.30	35.71
19	X10	0.00	0.00	0.00	0.00
20	X11	2.46	0.00	0.00	0.00
22	X12	0.00	0.00	0.00	0.00
25	X13	1.49	0.00	0.00	3.96
26	X14	0.00	0.00	0.00	61.67
27	X15	1.93	0.00	0.00	4.65
31	X16	0.00	133.83	17.60	0.00
33	X17	0.00	0.00	0.00	0.00
35	X18	0.00	0.00	0.00	0.00
37	X19	1.53	0.00	0.00	0.00
39	X20	0.89	0.00	0.00	0.00
42	X21	0.00	0.00	0.00	0.00
44	X22	0.18	309.08	40.19	44.54
45	X23	1.23	506.99	52.33	52.33
46	X24	0.00	273.22	34.59	63.15
53	X25	0.97	0.00	0.00	0.00
54	X26	0.00	194.17	36.45	0.00
58	X27	1.75	0.00	0.00	0.00
59	X28	4.22	139.10	0.00	62.70
61	X29	4.13	377.75	53.14	37.66
Valor de la función objetivo		13526.27	14103.04	2319.96	2427.69

Otra ventaja del control por volumen es que el corte puede ser hecho en función del manejo más apropiado para el rodal. Así, para un uso múltiple de Bosque-Pasto, el tratamiento debe de ser corte selectivo o corte de liberación. Estos tratamientos no son posibles en el control por área, porque el corte es hecho sobre una cantidad de área y no se considera la posición del árbol dentro del bosque. El valor de la función objetivo para este método fue de 14,103.04 m³ (Cuadro 4), indicando que maximiza en mejor forma la producción de madera. Para cada rodal existe un valor óptimo de corte en volumen con su respectivo análisis de sensibilidad.

La maximización del rendimiento de madera por medio del control por área basal estimada, es más eficiente que los métodos discutidos anteriormente. Particularmente, el término de área basal estimada se refiere a un corte en cada rodal, realizado en función del tratamiento silvicultural recomendado para ese rodal. Del mismo modo la operacionalidad del marcaje de los árboles en el campo es más fácil que los métodos anteriores. El valor de la función objetivo de $2,319.96 \text{ m}^2$ es el óptimo para este método y se observa en el Cuadro 4.

La maximización del rendimiento de madera por medio del control por área basal reducida, buscó reducir todos los valores de área basal de cada rodal, a un valor cercano a $18-25 \text{ m}^2/\text{ha}$. Esto no fue posible para todos los rodales. Porque el corte necesario para llegar a la jerarquía establecida, sería excesivo en algunos rodales.

Observe por ejemplo (Cuadro 3), el rodal 37 (variable X19) que actualmente tiene un área basal de $65.27 \text{ m}^2/\text{ha}$. Para disminuir el área basal a $25 \text{ m}^2/\text{ha}$, el corte tendría que ser de $40 \text{ m}^2/\text{ha}$, lo que equivale a un corte de 62% , el cual sería un corte muy fuerte para el rodal. En función de ello, se observa en el cuadro 3, que el tratamiento silvicultural 4, que equivale al control por área basal reducida, presenta una clase de corte inicial para el presente año y es planificado otro corte para el futuro. Para el rodal ejemplo (rodal 37), se planificó un corte de 50% (Clase 4), en el presente año y en el futuro un corte de 20% (Clase 2), para que el área basal total quede en torno de $25 \text{ m}^2/\text{ha}$. Así fue planificado para todos los rodales que tienen un área basal actual muy elevada.

El valor de la función objetivo de $2,427.69 \text{ m}^2$ (Cuadro 4), es mayor que el valor encontrado en el control por área basal estimada, porque el volumen de corte para llegar a $18-25 \text{ m}^2/\text{ha}$ en cada rodal es mayor.

3. Experimentación del modelo matemático de programación lineal propuesto.

En el proceso de planificación se determinó la cantidad requerida para cada producto de uso múltiple, restricciones de producción y capacidad existente. Estos valores y los coeficientes A_{ij} , B_{ijk} , D_{qjk} y E_{qjk} se basaron en los datos existentes y en las características de raleos corrientemente empleadas en las unidades de planificación.

Las características generales de los productos de uso múltiple están en función de los resultados encontrados actualmente en el Parque de Passa Quatro. Algunos datos son estimados, debido a la falta de registro y problemas de medición de los mismos. Para cada producto de uso múltiple se encontraron los siguientes datos (resumidos):

- Pasto = Producción actual de 886.5 Ton de forraje.
Objetivo de producción de 1,500 Ton de forraje.
- Piscicultura = Producción actual de 18,000 truchas.
Objetivo de producción de 36,000 truchas.
- Apicultura = No existen datos de producción actual.
Objetivo de producción de 600 kg.
- Hidrología = No es posible determinar productos directos.

Recreación = Capacidad actual para número de visitantes de 13,496 personas.
Objetivo de número de visitas de 17,034 personas.

Se observa en los datos anteriores que los objetivos de producción son superiores a la capacidad actual, siendo necesario la realización de algunas transformaciones.

El análisis final del modelo matemático de programación lineal, incluye las cuatro partes descritas en la metodología. El coeficiente de cada variable en las restricciones de uso múltiple es la producción media/ha del producto, que al multiplicarlo por el número de hectáreas de cada rodal, se obtiene el resultado en kg/año, Ton/año y número de visitantes/año.

Las restricciones de uso múltiple fueron incluidas en el modelo y la solución óptima inicial tuvo una disminución de 672.91 m^3 . Al incluir las restricciones de presupuesto, la solución disminuyó todavía más, hasta un valor de la función objetivo de $12,097.30 \text{ m}^3$, donde indica una diferencia de $1,429.17 \text{ m}^3$ en relación a la solución inicial óptima (Cuadro 5).

Es necesario indicar que fue necesario trabajar con control por área como base, para poder integrar las restricciones de uso múltiple. El trabajar con los otros tipos de control de corte no es posible por la inexistencia de datos. Por ejemplo, es difícil encontrar datos disponibles sobre la producción conjunta de pastos y una determinada área basal de determinada especie forestal. También es difícil determinar el número de visitantes por año si el Parque es transformado sólo a área de bosques, conservación o uso intensivo. Son las dificultades conocidas en economía de uso múltiple como externalidades o bienes públicos.

El análisis de sensibilidad fue efectuado para examinar la producción entre los diferentes usos múltiples y los efectos de los recursos absolutos restringidos sobre la solución. Obsérvese en el Cuadro 5 las últimas dos columnas, donde fueron incluidas todas las restricciones, pero el valor final de la función objetivo es diferente. Al procesar el modelo original de control por área, adicionando todas las restricciones de uso múltiple y de presupuesto, resultó una solución óptima, cuyo valor de la función objetivo fue de $12,097.30 \text{ m}^3$ (Columna 5).

CUADRO 5. Resultados de las variables diferentes de cero y variación del valor de la función objetivo determinado por el uso de las restricciones.

Rodal nA.	Variable	Valor del control por área	Valor con restricciones de uso múltiple	Valor con restricciones de presupuesto	Valor con restricciones de presupuesto (Revisado)
6	X3	---	---	2.54	2.54
10	X6	8.16	8.16	4.01	5.62
12	X7	6.61	6.61	6.61	6.61
14	X8	---	---	1.61	---
18	X9	---	---	1.49	1.49
20	X11	2.46	2.46	2.46	2.46
25	X13	1.49	1.49	---	---
26	X14	---	---	1.87	3.36
27	X15	1.93	1.93	1.93	1.93
31	X16	---	2.12	2.12	---
37	X19	1.53	---	1.76	1.76
39	X20	0.89	0.89	0.89	0.89
44	X22	0.18	0.18	0.18	0.18
45	X23	1.23	1.23	1.23	1.23
46	X24	---	---	---	0.12
53	X25	0.97	0.97	0.97	0.97
58	X27	1.75	1.75	1.75	1.75
59	X28	4.22	3.63	---	0.51
61	X29	4.13	4.13	4.13	4.13
Valor de la función objetivo		13.526,47	12.853,56	12.097,30	12.997,48

Examinando el análisis de sensibilidad se observó un valor negativo en la restricción nA 38, el cual fue corregido y la función objetivo aumentó su valor hasta 12,997.48 m³ (Columna 6). Resalta entonces la importancia del análisis de sensibilidad. De esta forma fueron analizados los diferentes valores presentados en los diferentes análisis de sensibilidad, y el valor máximo encontrado fue de 12,997.48 m³ de madera a cortar.

El análisis de sensibilidad indica que la solución óptima es relativamente insensible a las variaciones de adición de restricciones de uso múltiple y que muchas alternativas de producción no afectan otras posibilidades de producción de uso múltiple. Esto puede indicar algunas controversias sobre el manejo del uso múltiple, que pueden resolverse fácilmente si imaginamos que esos resultados son generalmente aplicables en la realidad. Obsérvese en el Cuadro 5 que la disminución en el valor de la función objetivo, cuando es sólo el control por área, en relación al valor de la función objetivo con las restricciones de uso múltiple, fue solamente de 672.71 m³.

Lamentablemente las alternativas de producción son sensibles para modificaciones de presupuesto, particularmente en la madera, donde la reducción en el presupuesto causa sus-

tanciales reducciones en el rendimiento. En el Cuadro 5, se observa la reducción de 13,526.47 m³ en la solución con la restricción presupuestaria fijada (Columna 5). De igual forma que la reducción sea mayor, se verificó que la restricción presupuestaria es función sólo de las variables "X" y no de las "Y". La razón es que el presupuesto fue establecido por actividad de manejo, para evitar los problemas en la determinación del lucro máximo, de la combinación de 2 o más usos múltiples y por la falta de datos de producción conjunta de varios productos.

CONCLUSIONES

1. La metodología propuesta para inventarios de uso múltiple satisface los requisitos para la planificación del uso múltiple, por medio de la programación lineal.
2. Fueron determinados 5 usos múltiples potenciales: Madera-pastos, madera-piscicultura, madera-apicultura, madera protección hidrológica y madera-recreación.
3. Se observó una variación en el valor de la función objetivo, relacionada a la maximización de la producción de madera. El trabajo por los diferentes métodos de control de corte y la fijación de restricciones de uso múltiple y presupuestarias, causó la variación observada.
4. La maximización de la producción de madera tienen que procesarse por control por área basal, para que los raleos sean más reales y de fácil operacionalidad.
5. La maximización de la producción de uso múltiple tiene que procesarse por medio del control por área, debido a la falta de datos o a la integración de los mismos.
6. Las principales ventajas del modelo para la planificación de uso múltiple son:
 - Buena guía para planificación de uso múltiple.
 - Pueden utilizarse varias alternativas de manejo.
 - El análisis de sensibilidad ayuda a tomar la decisión correcta.
 - Existe la posibilidad de simulación con datos estimados.
7. Fueron encontradas algunas desventajas:
 - La necesidad de trabajar con control por área, en el modelo de maximización de uso múltiple.
 - No se especifica la capacidad de las restricciones para el tamaño de los raleos o cortes.
 - El modelo en general establece mayor importancia para las restricciones de presupuesto-costo.

BIBLIOGRAFIA

1. DAVIS, L.S. & JOHNSON, K.N. 1987. Forest Management. Mc Graw Hill Book Company, Inc. United States, 790 p.
2. FBCN-FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. 1980. Uso múltiplo e rendimento sustentado. Boletim FBCN, 15:60-61.
3. FIELD, D.B. 1973. Goal programming for forest management. Forest Science, Washington, 19:125-135.
4. FIELD, R.C.; DRESS, P.E. & FORTSON, J.C. 1980. Complementary linear and goal programming procedures for timber harvest scheduling. Forest Science, Washington, 26:121-133.
5. GUILHAUMON, J.R. & OGAWA, H.Y. 1986. Usos múltiplo-lazer. Silvicultura, São Paulo, 11(41):25-36. (Anais do 5to Congresso Florestal Brasileiro).
6. HALL, G.R. 1972. The myth and reality of multiple use forestry. In: THOMPSON, D.L. Politics, policy and natural resources. New York, Collier-McMillan, p.363-375.
7. IVERSON, D.C. & ALSTON, R.M. 1986. The genesis of FORPLAN: A historical and analytical review of forest service planning models. Intermountain Research Station. General Technical Report INT-214. 31 p.
8. JANKA, H. 1981. La economía forestal comunal. Una alternativa para el trópico húmedo? En: Estudios del acuerdo sobre planificación y uso de recursos forestales tropicales. México-Alemania, publicación especial número 26. México, tomo 1, p. 55-64.
9. LEUSCHNER, W.A.; PORTER J.R.; REYNOLDS, M.R. & BURKHART, H.E. 1975. A linear programming model for multiple-use planning. Canadian Journal of Forestry Research, Ottawa, 5:485-491.
10. McARDLE, R.E. 1960. Concepto del uso múltiplo de bosques y tierras forestales: su valor y limitaciones. In: PROCEEDINGS FIFTH FORESTRY CONGRESS. Seattle, Univ. of Washington, vol 1, p 149-152.
11. MENDOZA, G.A. 1987. Goal programming formulation and extensions: an overview and analysis. Canadian Journal of Forest Research, Ottawa, 17:575-581.
12. MENDOZA, G. A.; BARE, B.B. & CAMPBELL, G.E. 1987. Multiobjective programming for generating alternatives: A multiple-use planning example. Forest Science, Washington, 33(2):458-468.
13. OLIVEIRA, B. 1971. A situação atual da Floresta Nacional de Passa Quatro, Minas Gerais. Brasil Florestal, Rio de Janeiro, 2(8):45-54.
14. POORE, D. 1975. Normas ecológicas para el desarrollo del trópico húmedo americano. UICN. Documento ocasional número 11. Morges, Suiza. 39 p.
15. PORRAS, J.M. 1979. Inventario para manejo silvícola y uso múltiplo en la UIEF, Michoacana de Occidente. En: La investigación forestal en las unidades forestales y organismos descentralizados. Publicación especial número 15. Coordinación de los servicios técnicos-forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. p 153-169.
16. SALOMÃO, A.L.F. 1986. Determinação de subsídios técnicos para elaboração de un plano de ordenamento dos plantios da Floresta Nacional de Passa Quatro, Minas Gerais. Vicosá, UFV, 171 p. (Tese M.S.)
17. TEEGUARDEN, D.E. 1979. Multiple service. In: DUERR, W.A.; CHRISTIANSEN, N.B. & GUITTENBERG, S. Forest resources management. Decision-making, principles and cases. Philadelphia, W.B. Saunders, p 276-290.
18. VON HAGEN, V. 1978. El mundo de los Mayas. Editorial Diana. 11 impresión. México.

RELACION DE LA EXPORTACION AGRICOLA TRADICIONAL CON LA PRODUCCION, LOS PRECIOS Y LOS IMPUESTOS A LA EXPORTACION EN GUATEMALA, 1964-1988. *



Edwin A. Arcano Berganza **

Ariel Ortíz López ***

RESUMEN

Durante los 25 últimos años, la exportación de productos agrícolas tradicionales ha estado sujeta a distintos regímenes impositivos. Sin embargo, actualmente (a partir de abril de 1990) la actividad exportadora agrícola ha sido desgravada del pago de impuestos, como una medida incentivadora que contribuya al crecimiento económico del país. No obstante el estímulo de la actividad exportadora, depende también del nivel de los precios de exportación, cuotas, etc. En ese contexto, el presente estudio pretende describir el comportamiento pasado de la actividad exportadora en relación con los regímenes impositivos, los precios de exportación y los volúmenes producidos, a fin de dar una idea de la tendencia de la actividad ante lo que está pasando con las variables que la explican en este caso. Los productos considerados en el estudio son el café, el azúcar, el algodón, el banano, la carne bovina y el cardamomo, en cada uno de los cuales se estimó un modelo de regresión lineal múltiple, en el que los volúmenes exportados son la variable dependiente y los precios de exportación, los volúmenes producidos y las tasas impositivas con las variables independientes. Se encontró que, en general, los volúmenes exportados varían en forma inversa con respecto a la magnitud de las tasas impositivas y directamente con respecto a los precios y a los volúmenes producidos.

Este resultado general permite inferir que la desgravación del pago de impuestos a la actividad exportadora puede estimularla; sin embargo los precios contrarrestan el efecto positivo de la desgravación pues para los casos del café, cardamomo, algodón y azúcar, hay una tendencia hacia la baja en los precios de exportación.

* Escrito con base al trabajo de tesis "Influencia de los impuestos sobre las exportaciones en el sector agrícola de Guatemala, 1964-1988: una evaluación preliminar".

** Autor de la Tesis de grado.

*** Ingeniero Agrónomo, profesor titular III, Facultad de Agronomía, USAC.

INTRODUCCION

En Guatemala el ingreso proveniente de los impuestos a las exportaciones agropecuarias llegaron a ocupar el segundo lugar en importancia por la magnitud del volumen de quetzales recaudados para el financiamiento del presupuesto nacional. No obstante tal importancia, los sectores productivos y exportadores han adversado la política de grabar con impuestos a la exportación, argumentando que un régimen impositivo muy agresivo o demasiado volátil tiende a desestimular la producción y la exportación.

La tendencia actual de la política comercial del país es desgravar de impuestos a la actividad exportadora agrícola, como una medida para estimularla, esto se da dentro del contexto de reactivación económica que se ha pretendido implementar a partir de la mitad de la década de los ochentas. Sin embargo, el estímulo que la actividad pueda recibir a través de la desgravación, puede verse contrarrestado por el efecto de los precios de exportación. En ese sentido, este trabajo pretende estudiar el pasado comportamiento de la actividad exportadora en función de los regímenes impositivos, los precios de exportación y los niveles de producción de los últimos 25 años, a fin de inferir, al menos cualitativamente, el comportamiento futuro de dicha actividad, considerando la desgravación que se ha dado a partir de abril de 1990 y la tendencia de los precios de exportación de los productos tradicionales.

MATERIALES Y METODOS

Los datos utilizados en el estudio se obtuvieron de los anuarios de comercio exterior de Guatemala, en los que se encontraron los volúmenes exportados anualmente y los precios FOB¹ promedio anual. Los niveles de producción anual se obtuvieron en boletines estadísticos del Banco de Guatemala y las tasas impositivas de la Nomenclatura Arancelaria Uniforme Centroamericana, así como del compendio de leyes de Guatemala.

Los datos se analizaron estimando, por cuadros mínimos ordinarios, un modelo de regresión lineal múltiple en que los volúmenes exportados se expresen en función de los volúmenes producidos, los precios de exportación y las tasas impositivas para los productos agrícolas tradicionales de exportación, café, azúcar, algodón, banano, carne bovina y cardamomo.

El modelo teórico es:

$$VE_{it} = B_0 + B_1 V_{Pit} + B_2 Pit + B_3 Pit-1 + B_4 Pit-2 + B_5 D1 + \dots B_n Dn-4 + E$$

donde:

VE_{it} = Volúmen exportado en el t-ésimo año para el i-ésimo producto, en toneladas métricas.

VP_{it} = Volúmen producido en el t-ésimo año para el i-ésimo producto, en toneladas métricas.

1 Precio FOB significa el precio recibido por el vendedor cuando el producto es puesto a bordo del barco u otro medio de transporte hacia el país importador.

- P_{it} = Precio FOB promedio anual en el t -ésimo año para el i -ésimo producto, en US \$/tonelada métrica.
- P_{it-1} = Precio FOB promedio anual con un año de rezago con respecto al t -ésimo año para el i -ésimo producto, en US \$/tonelada métrica.
- P_{it-2} = Precio FOB promedio anual con dos años de rezago con respecto al t -ésimo año para el i -ésimo producto, en US \$/toneladas métrica.
- B_0 = Intercepto del modelo.
- B 's = Coeficientes de regresión que miden el efecto que la variable asociada con cada uno de ellos tiene sobre los volúmenes exportados.
- D 's = Variables binarias que tomarán el valor de cero o uno de acuerdo con las diferentes tasas impositivas vigentes en el período 1964-1988.
- E = Término para el error o perturbación.

Los modelos estimados se evaluaron estadísticamente utilizando la prueba de F para establecer significancia global, la prueba de t para establecer la significancia de los coeficientes de regresión individualmente y el coeficiente de determinación (R^2) para establecer el grado en que la variabilidad de la variable volumen exportado es explicada por las variables dependientes.

Se espera que, en general, los signos para los coeficientes de regresión de volúmenes producidos y precios de exportación sean positivos y para tasas impositivas sean negativos.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los modelos estimados para cada producto:

Producto	Modelo Estimado	Prob. > F	R^2
Café	$VE_t = 39642.15 + 0.53 VP_t + 57664.91 D_1$	0.0001	0.8086
Algodón	$VE_t = 0.68 VP_t + 34.67 Pt-1 - 26657.74 D_2$	0.0001	0.7703
Banano	$VE_t = 46336.43 + 0.86 VP_t - 410.46 Pt-2 + 102709.22 D_2$	0.0001	0.9431
Azúcar	$VE_t = 72164.51 + 0.042 VP_t + 407.60 Pt-2 + 62150.72 D_2$	0.0001	0.9108
Carne	$VE_t = 8262.85 + 0.29 VP_t + 7.01 Pt - 4.69 Pt-2$	0.0002	0.6280
Cardamomo	$VE_t = VP_t - 0.20 Pt - 0.08 Pt-2$	0.0001	0.9794

En base a los valores reportados para el estadístico de F se establece que cada modelo es significativo en conjunto o globalmente. En General, los valores de R^2 indican que la forma lineal se ajusta adecuadamente a los datos de las variables incluidas, a excepción de los modelos para algodón y carne, cuyos coeficientes de determinación no están tan altos para la forma lineal.

En el modelo para café, se observa que el volumen producido afecta directamente al volumen exportado a razón de 0.53 TM por cada TM producida. Dicha razón indica que no todo el café que se produce se exporta; esto es lógico porque una parte de la producción se destina al mercado local y además, por la existencia de un mercado mundial sujeto a cuotas; lo que da margen a la existencia de inventarios que son parte del volumen producido no exportando. Además, el régimen impositivo durante el período 1985 ejerció un efecto positivo sobre el volumen exportado, pues la tasa impositiva fue menor en dicho año que durante el período anterior y posterior. No se observa efecto significativo del precio probablemente porque este pudo haber sido contrarrestado por el sistema de cuotas del mercado.

Con respecto al modelo estimado para la exportación de algodón, se nota claramente que el volumen producido afecta también en forma directa el volumen exportado en una proporción alrededor de 0.68 toneladas métricas por cada tonelada producida. La diferencia tiene por lo menos dos destinos, el mercado local y el inventario nacional. El precio FOB del algodón muestra un efecto directo con rezago de un año; depende entre otros factores, del precio FOB que se observó el año anterior. El efecto del régimen impositivo a la exportación de algodón fue negativo durante el período 1986-88 debido a que hubo un cambio en el tipo de impuestos pues este pasó a ser ad-valorem en vez de específico como era antes del mencionado período.

En relación con el modelo estimado para volumen exportado de banano, la producción de una tonelada métrica implica un incremento de 0.86 TM en el volumen exportado, en este caso, la diferencia no puede atribuirse al incremento de inventarios, pues el banano es un producto perecedero; pero si puede atribuirse a parte de la producción que no llena la calidad necesaria para exportación y se consume en el mercado interno. La relación entre el volumen exportado y el precio FOB es inversa y con un riesgo de dos años. El rezago podría ser explicado por el tiempo necesario después de plantado para empezar a producir (18 meses). La relación inversa indica que a alzas en el precio de dos años atrás, la exportación se reduce y a bajas en dicho precio, la exportación se incrementa; esto no parece lógico y puede deberse a fenómenos naturales (inundaciones) o a que la renovación de las plantaciones no se hace de acuerdo con el movimiento de los precios. El volumen de banano exportado varió directamente con el régimen impositivo vigente durante el período 1986-88, pues éste sufrió un cambio en su forma de aplicación.

El modelo estimado para el volumen exportado de azúcar presenta una relación directa con respecto al volumen producido, en una magnitud de 0.04TM exportadas por cada TM producida. Existe un efecto positivo del precio con dos años de rezago y también del régimen impositivo del período 1986-88, en virtud de que durante ese período el precio por kilogramo no alcanzó el mínimo a partir del cual se empieza a cobrar el impuesto (0.25.00/Kg) por lo cual se exportó prácticamente libre de pago de impuestos.

El modelo estimado para el volumen exportado de cardamomo indica que la relación entre exportación y producción es directa y que prácticamente toda la producción se exporta en el mismo período de tiempo (t), o sea, que no se destina parte alguna de la producción a inventario ni a consumo local, o bien dichas cantidades no son significativas. También se observa en el modelo que la relación de exportación con precio es inversa, probablemente porque a partir de la drástica caída de los precios inicios de la década de los '80, el volumen

producido y exportado también ha decaído a pesar de que el precio recientemente ha dado signos de una leve recuperación. El efecto de impuestos a la exportación es no significativo durante el período estudiado, pues la tasa impositiva no existía hasta 1986 y porque a partir de ese año en que se instituyó el impuesto, el precio alcanzado por el producto lo hizo exento por no llegar al nivel inicial determinado en la tabla impositiva.

Con respecto al modelo para carne, éste indica que el volumen exportado varía en forma directa con el volumen producido a una tasa de 0.29 toneladas de carne exportada por cada tonelada producida, quedando el resto para el mercado local. El precio FOB del mismo año afecta positivamente al volumen exportado, pero el precio FOB con dos años de rezago lo afecta negativamente, probablemente porque el tiempo necesario para incrementar el volumen exportado puede tomar más de dos años; en ese sentido, puede ser, por ejemplo, que hace dos años el precio FOB de carne haya sido bajo y no obstante, el volumen de carne exportado este año haya sido alto. En otras palabras, si el tiempo necesario para exportar carne (desde fertilización hasta destace y empaque) toma tres años, puede ser que hace tres años el precio FOB haya sido alto, lo que incentivó el incremento en la producción; pero hace dos años el precio FOB bajó pero ya el proceso se ha iniciado, de tal modo que a pesar de que el precio hace dos años era bajo, este año hay alto volumen de carne para exportar y dado que no se puede guardar por varios años (ni en corral ni en pie) se exporta. Finalmente, no se observa efecto significativo del régimen impositivo sobre el volumen exportado, ya que el precio en raras ocasiones ha alcanzado el nivel inicial de la tasa impositiva establecida.

CONCLUSIONES

- a. La relación de los volúmenes exportados es directa con los volúmenes producidos y varía en magnitud según sea el grado en que cada producto se consume dentro del país.
- b. La relación de los volúmenes exportados con el precio de exportación es en general directa; pero en algunos casos como el del cardamomo, ésta es inversa y para el café no es significativa.
- c. Se estableció que a mayores tasas impositivas, menos volúmenes exportados y a menores tasas, mayores volúmenes exportados.
- d. El efecto neto de incentivo a la exportación dependerá de si el grado en que la desgracia afecta favorablemente, es mayor que el grado en que la tendencia a la baja en los precios de exportación afecta negativamente a la actividad.

REFERENCIAS

1. Guatemala, Dirección General de Estadística. Anuario de Comercio Exterior, 1964, 1965-66, 1969, 1970, 1975, 1976, 1980, 1981, 1985 y 1987.
2. GUJARATI, D. 1981. *Econometría Básica*. Traducción Juan Manuel Mesa. México, McGraw-Hill, 463 p.
3. Secretaría Permanente del Tratado General de Integración Económica Centroamericana (Guatemala). 1968. *Nomenclatura Arancelaria Uniforme Centroamericana*. Guatemala, 686 p.
4. _____ 1988. *Arancel Centroamericano de Importación*. Guatemala, 429 p.

Se terminó de imprimir el 30 de
noviembre de 1991, en los
Talleres de DIXON PRINT Calle
Mariscal 6-95 Zona 11, Tel.
731184. Edición: 500 ejemplares.

¿POR QUE EL NOMBRE tikalia

El nombre de esta revista con temática relativa a la ciencia y la tecnología agrícolas se debe a que Tikal fue un exponente clásico de la antigua cultura maya, establecida otrora sobre una base constituida por la producción agrícola.

Las evidencias obtenidas por diversos mayistas muestran que en los asentamientos iniciales de aquel pueblo, es decir, las tierras bajas de lo que ahora es El Petén, se desarrollaron sistemas de producción agrícola basados en el maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), piloy (*Phaseolus coccineous*), con otras especies cultivadas y forestales.

Se ha estimado que en el período clásico Tikal llegó a tener una población de 50,000 a 70,000 habitantes, dentro de un radio de 6 kms. al derredor de la ciudad, o sea una área aproximada de 120 kms.². Una densidad poblacional de tal magnitud requería de sustentarse en sistemas de producción agrícola sumamente intensivos, los cuales incluyeron una infraestructura especializada, constituida por terrazas, riego y drenajes. Como consecuencia de lo anterior, se dice que la agricultura y el manejo de los Recursos Naturales Renovables de aquella zona alcanzaron un alto grado de desarrollo.

Por haber sido Tikal un sitio histórico-geográfico privilegiado durante el florecimiento maya, y por estar actualmente la Facultad de Agronomía orientada al estudio y manejo de los sistemas de producción agrícola y de los Recursos Naturales Renovables —actividades primigeniamente conocidas por los mayas—; por esas razones, se reitera, esta revista dedicada a difundir la ciencia y la tecnología ha sido denominada con el nombre de TIKALIA.

CONTENIDO

AGRONOMIA

Determinación, Conservación y Manejo Agronómico de Especies de Bambú	1
<i>Negli René Gallardo P.</i>	
<i>Ernesto Carrillo</i>	
<i>Gustavo Oliva</i>	
<i>Héctor Gutiérrez</i>	
<i>Manuel Valdéz</i>	
<i>Pedro Almira Atz</i>	

CONSERVACION DE SUELOS

Evaluación de Prácticas de Conservación de Suelos en la Cuenca del Río Pensativo (Fase III).....	35
<i>Maxdeño Herrera</i>	
<i>Hugo Tobías</i>	
<i>Luisa Gálvez</i>	
<i>Samuel Tojín</i>	

FITOPATOLOGIA

Evaluación de la Susceptibilidad de Nueve Especies de Pino a la Roya Agalladora	51
---	----

BIOTECNOLOGIA

Colecta In Vitro de Germoplasma de Coffea Arábica L	57
<i>Minam Borbor Ponce</i>	
<i>José Calderón Díaz</i>	
<i>Héctor Lozoya Saldaña</i>	
<i>Mabilia Olcata L.</i>	

Avances en la Genética de la Simbiosis Fijadora de Nitrógeno en las Plantas	67
<i>Luis Mejía De León</i>	

PARQUES NACIONALES

Contribución al Estudio de la Aplicación del Uso Múltiple en la Planificación de Parques Nacionales.....	75
<i>Oscar Manuel Núñez S.</i>	

ECONOMIA AGRICOLA

Relación de la Exportación Agrícola Tradicional con la Producción, los Precios y los Impuestos a la Exportación en Guatemala, 1964-1988	93
<i>Edwin A. Areano Berganza</i>	
<i>Ariel Ortiz López</i>	