



INFORMACION CIENTIFICO – TECNOLÓGICA
VOL. X Nos. 1 Y 2
AÑO 1992



**Sistema de Producción Agrícola
Recursos Naturales Renovables**

ENERO-DICIEMBRE 1992



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Agronomía**



La Revista Tikalia 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 R. Estrada Muy
SECRETARIO**

Vocal I: Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales
Vocal II: Ing. Agr. Waldemar Nufio
Vocal IV: Br. Elías Raymundo Raymundo
Vocal V: P. Agr. Francisco Rafael Ibarra

COMITE EDITORIAL

Dr. José de J. Castro Umaña (Coordinador)
Ing. Ftal. Mario Saravia
Lic. Carlos Quezada
Lic. David Pinto
Pdsta. Dennis Escobar Galicia

CONTENIDO

PRESENTACION

10 años de contribuir a la divulgación científico—tecnológica

FLORICULTURA

Evaluación del efecto de horas frío, sustratos y tamaño de esqueje de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) sobre el enraizamiento 1

José Francisco Girón Mayorga

Edgar Martínez Tamayo

Carlos Fernández Pérez

Marco Tulio Acetuno

ECONOMIA AGRICOLA

La importancia de los cultivos agrícolas en las unidades estatales de riego de la zona semiárida de Guatemala: una explicación microeconómica 17

Ariel Ortiz López

Análisis económico de la superficie de producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en función de la aplicación de nitrógeno y tórtora, en un suelo de la serie Cauque 21

Ariel Ortiz López

MEDIO AMBIENTE

Bosques, ambiente y ambientalismo 27

Claudio Cabrera Gaillard

SILVICULTURA

Estudio preliminar de las interacciones de los sistemas agro-silvo — pastoriles en 5 aldeas del bosque seco de Jutiapa, Guatemala 37

Marco Vinicio Fernández Montoya

BIOTECNOLOGIA

Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Parramos a la inducción de callo y multiplicación celular in vitro 53

Héctor Ramazzini

Domingo Amador

Edgar Franco

Estudios con isoenzimas como marcadores genéticos en plantas 59

Luis Mejía De León

Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Quinack Che a la inducción de callo y regeneración de plantas 67

Juan Alvarado Gómez

Domingo Amador

Edgar Franco

Interrelaciones entre angiospermas y animales 79

Manuel de J. Martínez

PRESENTACION

10 AÑOS DE CONTRIBUIR A LA DIVULGACION CIENTIFICO-TECNOLOGICA

Hace exactamente 10 años, en el mes de septiembre de 1982, siendo decano el Dr. Antonio Sandoval Sagastume, salió a publicación el primer número de la Revista TIKALIA, convirtiéndose desde esa fecha en una de las pocas publicaciones científico-tecnológicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

A lo largo de su existencia, la Revista TIKALIA, ha superado varios obstáculos para no ser como muchas publicaciones de su tipo, efímera. La responsabilidad ha recaído en el Comité Editorial y a pesar de limitaciones económicas y un número reducido de investigadores-divulgadores ha cumplido con su objetivo: *hacer de TIKALIA una publicación que además de difundir la ciencia se convierta en "material didáctico" al servicio del proceso de enseñanza-aprendizaje entre profesores y estudiantes de la Facultad de Agronomía.*

La Facultad de Agronomía comprende la importancia de la divulgación científica; en tal sentido continuará editando TIKALIA hasta hacer de ella una publicación de mayor valía que responda a las aspiraciones intelectuales de profesores, investigadores y estudiantes, así como de la comunidad agronómica en general.

Exhortamos, una vez más, a los lectores de TIKALIA para unirse a los esfuerzos, aportando artículos científicos basados en sus investigaciones en relación con los sistemas de Producción Agrícola y los Recursos Naturales Renovables.

FLORICULTURA

EVALUACION DEL EFECTO DE HORAS FRIO, SUSTRATOS Y TAMAÑO DE ESQUEJE DE CLAVEL (*Dianthus caryophyllus* L.) SOBRE EL ENRAIZAMIENTO.

José Francisco Girón Mayorga*

Edgar Martínez Tambito**

Carlos Fernández Pérez**

Marco Tulio Aceituno**



RESUMEN

En esta investigación se trabajó bajo supuestos de que a diferentes días-frío de almacenamiento, diferente número de pares de hojas y tamaño de partículas del sustrato se producirán efectos diferentes en el enraizamiento de esquejes de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). El experimento se realizó en la empresa AGRINEX S. A. en Tecpán, Chimaltenango, Guatemala, bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio 4x2x2 y tres repeticiones. Las variables respuestas evaluadas fueron: peso fresco y peso seco de raíces, longitud de raíz, porcentaje de enraizamiento y biomasa aérea generada por los esquejes de clavel. Se concluyó que el factor tiempo de almacenamiento en frío, antes de la siembra fue determinante en el enraizamiento de los esquejes de clavel, obteniéndose el mayor porcentaje de esquejes enraizados con 15 días de almacenamiento; además, esquejes con mayor número de pares de hojas, producen mayor cantidad de biomasa aérea. Por último, las variables longitud del conjunto de raíces, el peso fresco y el peso seco de la raíz de los esquejes de clavel, no fueron influenciados por ninguno de los factores estudiados.

* Autor del trabajo de tesis.

** Asesores. Docentes e investigadores de la FAUSAC.

I. INTRODUCCION

Guatemala posee diversidad de climas, suelos y condiciones favorables para la producción de productos no tradicionales. Entre éstos se encuentra la flor de corte, que en la actualidad representa un rubro importante para la economía del país, con un monto total de exportación de US \$ 15,390,056 anuales; asimismo en los mercados internacionales existe mucha demanda para este tipo de productos. Lo anterior ha venido a incrementar la explotación comercial de cultivos de flores de corte.

Las empresas productoras y exportadoras importan el material vegetativo denominado planta madre. Este material importado de diferentes lugares de Europa, presenta pureza genética y fitosanitaria, haciéndolo altamente productivo.

El material vegetativo (esquejes) producido por la planta madre es enraizado, sembrado y manejado, para producir flor de calidad exportable.

La viabilidad del esqueje, es determinante para el proceso productivo del clavel porque es en esta etapa donde han ocurrido pérdidas, por falta de enraizamiento, hasta del 30%. El número de esquejes que normalmente se siembran de una vez en el enraizador es de 74,400, y de ellos un promedio de 22,320 se pierden, a un costo por unidad de Q 1.50, lo que hace un monto total de Q 33,480, pérdida que es significativa dentro de los costos de producción de clavel.

Tomando como base la tecnología utilizada por los productores de clavel, consistente en siembra directa, de esquejes de 4.5 pares de hojas, en sustrato de tamaño de partícula de arena gruesa, el presente trabajo está enfocado hacia la reducción de las pérdidas por falta de enraizamiento introduciendo la práctica de almacenamiento de esquejes en cuarto frío antes de ponerlo a enraizar, el tamaño óptimo del esqueje en base al número de pares de hojas en el mismo y tamaño de partículas del sustrato, bajo condiciones de invernadero.

II. MARCO TEORICO

II.1. CENTROS DE ORIGEN DEL CLAVEL (*Dianthus Caryophyllus* L.)

El clavel es originario del sur de Europa, de la región mediterránea entre Francia y Grecia. La primera producción comercial se inició en el año 1840, en la región de Lyon, Francia. En 1856 el clavel llegó a Estados Unidos de Norteamérica procedente de Francia. Actualmente dentro del cultivo de flores el clavel ("Carnation") ocupa el segundo lugar en los Estados Unidos, después de las rosas (9).

La variedad "William Sim", llamada así por su creador, se produjo en Maine en 1938 y la mayoría de las variedades modernas cultivadas hasta hoy día proceden de ésta (2).

Según Sepúlveda (9), su nombre botánico *Dianthus*, significa flor de los dioses y es la flor nacional de España.

II.2. TAXONOMIA Y MORFOLOGIA

Cronquist citado por Meneses (8), da la clasificación del clavel de la forma siguiente:

Familia: Cariofiláceas; género: *Dianthus*; especie: *caryophyllus*; nombre botánico: *Dianthus Caryophyllus* L.

II.3. ECOLOGIA DEL CULTIVO DEL CLAVEL

II.3.1. Suelo

El clavel crece bien en suelos franco arenosos, bien drenados y con alto contenido (6-12%) de materia orgánica. Para el cultivo bajo invernaderos es prácticamente un suelo artificial, el que se usa, pues éste consiste en una mezcla de arena, materia orgánica y suelo del lugar. El pH debe estar entre 6 y 7 (11).

II.3.2. Clima

Según Yurrita (11), el clavel necesita de alta intensidad de luz durante todo el día, temperaturas ideales que oscilan entre 8° y 24° C. y en Guatemala se cultiva desde los 1700 a 2500 msnm. con una humedad relativa entre 70% y 80%.

II.4. CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL ENRAIZAMIENTO

II.4.1. Relaciones de Agua

Aunque la presencia de hojas en los esquejes es un fuerte estímulo para la iniciación de las raíces, la transpiración a través de ellas puede reducir el contenido de agua de los esquejes hasta un nivel tan bajo que ocasione su muerte antes de que se formen las raíces. En los esquejes se ha cortado la provisión natural de agua que viene de las raíces, pero las hojas todavía transpiran. En especies que enraizan con facilidad, la formación rápida de las raíces pronto permite que la absorción de agua compense la cantidad que es eliminada por las hojas, pero en especies de enraizado más lento, la transpiración de las hojas se debe reducir a una cantidad muy baja hasta que se formen las raíces.

Para reducir al mínimo la transpiración de las hojas de los esquejes, la presión de vapor de agua de la atmósfera que las rodea debe mantenerse tan semejante como sea posible a la presión de agua que existe en los espacios intercelulares de la hoja (4).

Desde hace mucho tiempo ha sido una práctica estándar, en cajas de propagación y en invernaderos, asperjar con frecuencia los esquejes, así como las paredes y el piso, para mantener una humedad elevada. Para invernaderos y otras estructuras cerradas, se dispone de sistemas de operación automáticos que atomizan agua en forma de niebla. Esos métodos de humectación tienen un efecto benéfico principalmente porque aumentan el contenido de vapor de agua del aire.

II.4.2. Propagación Bajo Niebla

Langhans citado por Holley (6), menciona que el mejor ambiente para enraizar esquejes de clavel es aquel en que ocurre niebla intermitente, luz directa y buena circulación de aire, todo bajo condiciones de invernadero. Por el contrario, la siembra de esquejes de clavel bajo sombra hace mucho más lento el enraizamiento. También menciona que la niebla intermitente debe adecuarse a las condiciones predominantes de la época del año.

II.4.3. Temperatura

Las temperaturas diurnas del aire, de 21° a 27° C., alternando con temperaturas nocturnas de unos 15° C, resultan satisfactorias para el enraizamiento de esquejes de la mayoría de las especies. Aunque algunas de ellas enraizan mejor a temperaturas más bajas, las temperaturas del aire excesivamente elevadas tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas. Es importante que se logre el desarrollo de las raíces antes que las partes vegetativas del tallo (4).

II.4.4. Luz

En todos los tipos de crecimiento vegetal la luz es de importancia primaria, ya que es la fuente de energía para la fotosíntesis. En el enraizado de esquejes, los productos de la fotosíntesis son importantes para la iniciación y el crecimiento de las raíces. La intensidad y el número de horas de luz deben adecuarse a fin de que se acumule mayor cantidad de carbohidratos que la que se emplea en la respiración.

II.4.5. Substrato para el Enraizamiento

El substrato para el enraizamiento tiene tres funciones: (a) mantener el esqueje en su lugar durante el período de enraizado, (b) proporcionar humedad al esqueje y (c) permitir la penetración de aire a la base del esqueje.

Un substrato ideal para el enraizamiento posee suficiente porosidad para permitir una buena aireación; tiene una alta capacidad para retención de agua y, no obstante, buen drenaje. Para esquejes de madera suave y semidura, el substrato debe estar libre de bacterias y hongos perjudiciales. (4)

Experimentos efectuados para determinar cuáles de las diferencias en características del musgo turboso y de la arena determinaban los diferentes tipos de sistemas radicales producidos, indicaron que fue la diferencia en contenido de humedad. Las determinaciones del contenido de aire y de humedad del musgo turboso y de la arena cuando ambos estaban en un punto considerado óptimo para el enraizamiento mostraron que, en base volumétrica el musgo turboso contenía el doble de aire y el triple de humedad que la arena. (4)

El oxígeno disponible en el substrato de enraizamiento es esencial para la producción de raíces, aunque los requerimientos del mismo varían con las diferen-

tes especies. El enraizamiento de esquejes de clavel y de crisantemo aumenta de manera marcada cuando se oxigena el agua en concentraciones de 21%, como medio de enraizamiento. Cuando se producen raíces sólo cerca de la superficie del sustrato es probable que la provisión de oxígeno en el mismo sea inadecuada (4).

Según English y Kinham (2), debe utilizarse un sustrato poroso estéril y bien drenado, esterilizado al vapor previamente a sembrar cada grupo de esquejes. No existe una información precisa respecto a la densidad óptima, porosidad pH del sustrato. Se han obtenido buenos resultados con varias mezclas de perlitas (un silicato de aluminio, de origen volcánico tratado mediante calor) arena, y turba de *Sphagnum* granulada. Deben evitarse las arenas muy finas y las turbas de musgo muy ácidas. La perlita, para usos hortícolas sola, de unos 2-4 mm de diámetro con un pH de alrededor de 7, permite un rápido enraizamiento y el desarrollo de plantas en buenas condiciones para ser transplantadas. También se han obtenido buenos resultados con 2/3 de perlita más 1/3 de arena y con 2/3 de perlita más 1/3 de vermiculita. A veces se añade turba granulada a 1/3 o 1/2 de volumen de perlita o arena. Con una cuidadosa preparación de las camas de enraizamiento (completamente mezclados), no existen diferencias evidentes en la conducta final de las plantas procedentes de los distintos medios.

Mendoza evaluó efectos de reguladores del crecimiento y de diferentes sustratos en el enraizamiento del clavel y concluyó que de los reguladores de crecimiento evaluados, no existe alguno que produzca individualmente efectos diferentes en longitud de raíz y peso fresco en el enraizamiento de clavel; asimismo, no encontró ninguna diferencia significativa atribuible a los sustratos para el enraizamiento de esquejes de clavel. (7)

II.5 ALMACENAMIENTO A BAJA TEMPERATURA

Según estudios realizados por Van De Pol y Vogelesang (10), el almacenamiento en frío de esquejes de clavel ligeramente arriba de 0°C, promueve el enraizamiento.

También un almacenamiento prolongado combinado con una alta temperatura incrementa la incidencia de *Fusarium*. Almacenando esquejes a temperaturas abajo de 13°C aplicando de igual forma auxina en ambos casos.

Holley y Farmer (6), recomiendan que para almacenar esquejes de clavel es necesario tener humedad relativa alta en el cuarto frío pero que la luz no es necesaria para este fin.

Los esquejes de crisantemo y de clavel sin enraizar, se pueden almacenar dentro de bolsas selladas, de plástico, durante varias semanas a 0.5°C para su enraizamiento posterior. Las plantas provenientes de esquejes que fueron enraizados después de haber sido almacenados en cuarto frío, se comportaron mejor que aquellas provenientes de esquejes que fueron almacenados después de haber sido enraizados (4).

Altstadt y Holley (1), mencionan que esquejes almacenados durante tres meses a 0°C no se desarrollan tan bien, como los almacenados por uno o dos meses.

II.6 TAMAÑO DE LOS ESQUEJES

La cosecha de los esquejes para enraizarlos, debe realizarse una vez que los brotes (esquejes) producto del despunte tengan bien definidos 4 ó 5 pares de hojas. La cosecha debe hacerse tratando de dejar en la planta madre dos o tres pares de hojas (preferiblemente dos), y quebrando el esqueje justamente sobre el nudo, para facilitar el enraizamiento del esqueje (2).

Es preferible que los entrenudos no sean muy largos. En general los esquejes que tienen entrenudos cortos son los preferidos, aunque sus características dependen de la variedad, pues hay esquejes que normalmente son delgados (3).

III. HIPOTESIS

- III.1. Si previamente se someten los esquejes de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) a diferentes períodos de horas a temperaturas de 0-3°C, se obtienen diferentes porcentajes de enraizamiento.
- III.2. El número de pares de hojas de los esquejes de clavel es determinante en el porcentaje de enraizamiento.
- III.3. El Tamaño de la partícula del sustrato es determinante en el porcentaje de enraizamiento de esquejes del clavel.

IV. OBJETIVOS

- IV.1. Determinar el efecto de diferentes períodos de almacenamiento en frío (0-3°C) sobre enraizamiento de esqueje de clavel.
- IV.2. Determinar el número de pares de hojas de esquejes de clavel, que produzca mayor porcentaje de enraizamiento.
- IV.3. Determinar el efecto del tamaño de partícula del sustrato sobre el enraizamiento de esquejes de clavel.

V. METODOLOGIA

V.1. LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL

El Estudio se realizó bajo condiciones de invernadero en las instalaciones de la empresa AGRINEX S.A., localizada en Tecpán, Depto. de Chimaltenango, Guatemala.

Las condiciones de temperatura y humedad atmosférica son: temperatura media anual de 16.4°C, con máximas de 28°C y mínima absoluta de -4°C. Las condiciones de inver-

nadero de enraizamiento son 32°C máximas y 2°C mínima; con 60 a 100% de humedad relativa.

V.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el experimento se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo combinatorio 4x2x2, con tres repeticiones.

V.3. DESCRIPCION DE LOS FACTORES ESTUDIADOS

El factor horas frío se estudió almacenando los esquejes en cuarto frío, durante determinado período de tiempo a temperaturas entre 0° y 3°C, y humedad relativa en un rango de 90 - 100%.

FACTOR	A:	Días de almacenamiento en frío.
	A.1 -	0 días en cuarto frío.
	A.2 -	8 días (192hrs.) en cuarto frío.
	A.3 -	15 días (360 hrs.) en cuarto frío.
	A.4 -	25 días (600 hrs.) en cuarto frío.

El factor tamaño de esqueje se evaluó en términos de número de pares de hojas que posee el esqueje.

FACTOR	B:	Tamaño de esqueje
	B.1 -	Esquejes con 4.5 pares de hojas.
	B.2 -	Esquejes con 6.5 pares de hojas.

FACTOR	C:	Tamaño de la partícula en el sustrato.
	C.1 -	Arena pómez, 5 mm de diámetro con mezcla de materia orgánica descompuesta (Biofert) proporción de 3:1. (Gruesa).
	C.2 -	Arena pómez, 2 mm de diámetro con mezcla de materia orgánica descompuesta, proporción de 3:1. (Fina).

V.4. MODELO ESTADISTICO

El modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

de donde:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\delta_{ik} + \beta\delta_{jk} + \alpha\delta\beta_{ijk} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable Respuesta

μ = Efecto de la media general

α_i = Efecto del i-esimo modalidad del factor A.

β_j = Efecto del j-esimo modalidad del factor B.

δ_k = Efecto del k-esimo modalidad del factor C.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción de los factores (A) (B)

$\alpha\delta_{ik}$ = Efecto de la interacción de los factores (A) (C)

$\beta\delta_{jk}$ = Efecto de la interacción de los factores (B) (C)

$\alpha\beta\delta_{ijk}$ = Efecto de la interacción de los factores (A) (B) (C)

E_{ijkl} = Efecto del error experimental.

V.5. DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS

Los tratamientos se ilustran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Factores y modalidades

Factores	Modalidad			
	1	2	3	4
A (Días)	0	8	15	25
B (pares de hojas)	4.5	6.5		
C (tamaño de partícula)	5 mm (Gruesa)	2 mm (Fina)		

V.6. DESCRIPCION DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental fue una bandeja de duroport color blanco de 66,5 cm de ancho y 7.3 cm de alto. En ella se sembraron 72 esquejes, a una distancia de 5x5 cm.

Para la toma de datos en cada bandeja se descartaron los esquejes de los bordes; la parcela neta quedó conformada por 40 esquejes interiores.

El número total de esquejes que se utilizaron en el experimento fue de 3456 y los esquejes netos evaluados fueron 1920.

V.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

V.7.1. Recolección de Esquejes

El corte de los esquejes de 4.5 y 6.5 pares de hojas, para fines de propagación, se realizó en horas frescas para evitar deshidratación. El corte se realizó a mano; con el dedo pulgar e índice se hace una ligera presión y flexionando se quiebra justamente sobre el nudo y se hala. La variedad de clavel evaluada fue "red corzo".

Los esquejes cosechados se depositaron en una bolsa plástica abierta alrededor de un marco de madera, donde al tener un buen número de éstos, se llevaron al lugar de clasificación.

V.7.2. Clasificación

Los esquejes cosechados se ponen sobre una mesa limpia y desinfectada con Thiabendazole (Mertec), a razón de 2cc/lt. Se eliminan los esquejes indeseables ("delgados", torcidos, malos cortes, enfermos), y se hacen paquetes de 25 esquejes, los cuales se unen con una banda de hule. Se anotó en un papel la siguiente información: Variedad, fecha de recolección, invernadero, cama y sección.

Al paquete ya listo se le hizo una inmersión de las bases de los esquejes en Mertec, por 10 segundos.

V.7.3. Almacenamiento

Los paquetes, de 25 esquejes cada uno, se pusieron en bolsas plásticas, las cuales se trasladaron al cuarto frío y se dejaron abiertas por tres horas, para facilitar el enfriamiento. Luego se extrajo el exceso de aire de las bolsas, se cerraron éstas y se colocaron en cajas plásticas con aberturas laterales y en el fondo se colocó una caja sobre la otra en el cuarto frío, identificadas para almacenar esquejes 8,15 y 25 días respectivamente, según el tratamiento.

Las condiciones del cuarto frío fueron: temperatura 0° a 3° C y humedad relativa, 90-100%.

V.7.4. Enraizamiento

V.7.4.1. Substratos

Los substratos que se utilizaron son los siguientes: arena pómez y Biofert como medio de retención de humedad. La arena pómez se pasó por un tamiz para tener la granulometría de: 5 mm y de 2 mm. Ya tamizado se mezcló el "Biofert" en una proporción de 3 partes de arena y 1 parte de "Biofert".

V.7.4.2. Bandejas

Las bandejas de duroport se lavaron con detergente y agua. Luego se desinfectaron por inmersión en formol al 20%. La bandeja seca y ven-

tilada, se llenó con el sustrato y se ingresó al enraizador donde se colocaron en bancos de enraizamiento.

V.7.4.3. Siembra

A los esquejes ya preparados se les asperjó Ácido Indolbutírico (AIB), a 3000 ppm en la base, luego se procedió a sembrarlos a una distancia de 5x5 cm en líneas rectas teniendo cuidado de que no quedaran hojas enterradas en el sustrato, y que queden fijos (ligeramente apretados, compactados).

La neblina se utiliza dependiendo de las condiciones del medio ambiente, pero en general funcionó de la siguiente manera:

<u>Semana</u>	<u>Tiempo de Riego</u>
1	30-40 seg. cada 4 minutos.
2	30-40 seg. cada 6 minutos.
3	20-30 seg. cada 13 minutos.
4	10-15 seg. cada 2 horas.

Las cajas quedaron con 72 esquejes cada una, y se colocaron bajo las neblineras en las camas de enraizamiento, según la aleatorización realizada para cada una.

V.8 VARIABLES RESPUESTAS

V.8.1 Número de Esquejes Enraizados

Se contaron los esquejes de la parcela neta de cada unidad experimental que tuvieron raíz (toda la periferia con raicillas), y se sacó el porcentaje de enraizamiento.

V.8.2 Peso fresco y peso seco de raíces.

Se tomaron 17 esquejes de la parcela neta, se cortaron las raíces desde el cuello, se lavaron y se pesaron inmediatamente. Asimismo se pesó la biomasa aérea de los esquejes, tomando los pesos correspondientes.

Seguidamente, las raíces se pusieron por 48 horas a 70°C en un horno de convección y se dejaron enfriar; luego fueron pesadas para obtener el peso seco.

V.8.3 Longitud de Raíces por Esqueje

Se midió en centímetros desde el cuello hasta el extremo de la raíz más larga.

V.9 ANALISIS DE LA INFORMACION

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (andeva) y en las que se encontró significancia se hizo la prueba de Tukey para determinar la diferencia entre tratamientos; además se elaboraron diferentes figuras para facilitar la interpre-

tación de los resultados; se realizó un análisis de correlación y regresión entre el factor días de almacenamiento en frío vs. las variables dependientes; porcentaje de enraizamiento y biomasa área de los esquejes de clavel.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

VI.1. PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO EN ESQUEJES DE CLAVEL:

La variable respuesta más importante la constituyó el porcentaje de enraizamiento; el factor tiempo de almacenamiento en cuarto frío, ejerció un efecto positivo en los esquejes de clavel, como se observa en el análisis de varianza (andeva) que se presenta en el cuadro 2.

CUADRO 2: ANALISIS DE VARIANZA PARA PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO EN ESQUEJES DE CLAVEL

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	SIG
DIAS	3	1.27	0.42	5.20	0.0049
HOJAS	1	0.14	0.14	1.76	0.1937
GRANO	1	0.04	0.04	0.54	0.4682
DIAS*HOJAS	3	0.27	0.09	1.08	0.3699
DIAS*GRANO	3	0.28	0.09	1.15	0.3437
HOJAS*GRANO	1	0.08	0.08	0.98	0.3304
DIAS*HOJAS*GRANO	3	0.23	0.08	0.96	0.4256
ERROR	32	2.61	0.08		
TOTAL	47	4.93			

C.V. = 2.94%

El mayor tiempo de almacenamiento a que se sometieron los esquejes, incrementó el porcentaje de enraizamiento en forma significativa, obteniéndose el 96.5% en el nivel de 15 días y 89.08% cuando los esquejes no se almacenaron; es decir, cuando se procedió a sembrarlos directamente en las bandejas de enraizamiento sin someterlos a horas frío. Estas diferencias se debieron a pérdidas por problemas de hongos a nivel del corte del esqueje.

Cuando los esquejes se almacenaron a 8 y 25 días, las diferencias en el porcentaje de enraizamiento respecto a 15 días, no fueron significativas estadísticamente según la prueba de Tukey del cuadro 3.

CUADRO 3: PRUEBA DE TUKEY PARA EL FACTOR DIAS DE ALMACENAMIENTO EN CUARTO FRIO Y LA VARIABLE PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO EN ESQUEJES DE CLAVEL

DIAS	MEDIA %	TUKEY AL 5%
15	96.50	A
25	96.17	A
8	95.75	A
0	89.08	B

El factor número de pares de hojas, no resultó significativo para esta variable, por lo que no fue necesario realizar la prueba de Tukey. El modelo de regresión que mejor se adaptó para explicar el efecto del tiempo de almacenamiento sobre el enraizamiento fue el cuadrático, con un coeficiente de correlación calculado (R_c) de 0.496. El coeficiente de correlación tabulado (R_t) es de 0.288.

El modelo es el siguiente:

$$\% \text{ DE ENRAIZAMIENTO} = 89.329 + 0.912 \cdot \text{DIAS} \wedge 2$$

La figura 1 muestra el comportamiento del enraizamiento bajo los diferentes días de almacenamiento, utilizando los datos reales obtenidos del experimento, notándose que a partir de cero días de almacenamiento (sin almacenamiento en cuarto frío), existe un incremento en el porcentaje de enraizamiento hasta llegar a 15 días; momento en el cual, comienza un leve descenso en el valor de la mencionada variable, tomando un comportamiento parecido al de una parábola, como se puede observar en la figura 2 donde se estiman los valores de enraizamiento haciendo uso del modelo descrito anteriormente, y extrapolando hasta 40 días de almacenamiento, mostrando un claro descenso a partir de los 25 días, aunque es prudente recordar los riesgos de utilizar los modelos de regresión con datos fuera del rango estudiado.

De esto se deduce que, existe relación entre la variable porcentaje de enraizamiento y el factor días de almacenamiento en cuarto frío, y que lo más conveniente es almacenar entre 15 y 20 días.

FIGURA 1 ENRAIZAMIENTO (%) EN CLAVEL A DIFERENTES DIAS DE ALMACENAMIENTO

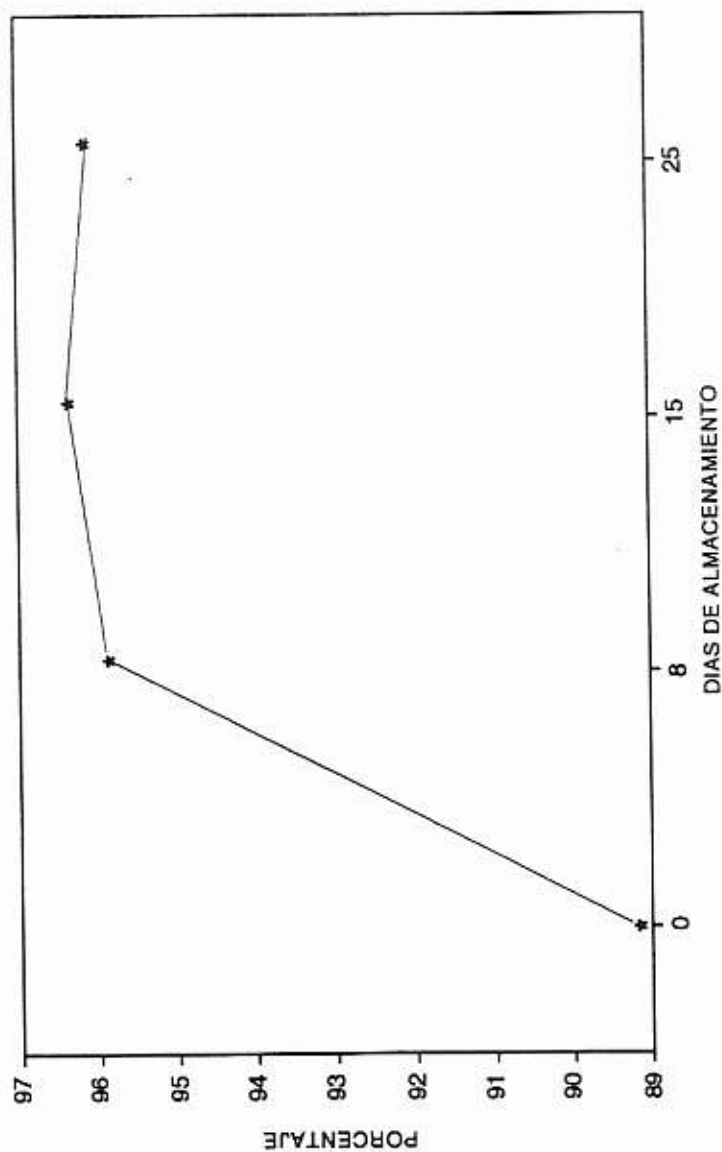
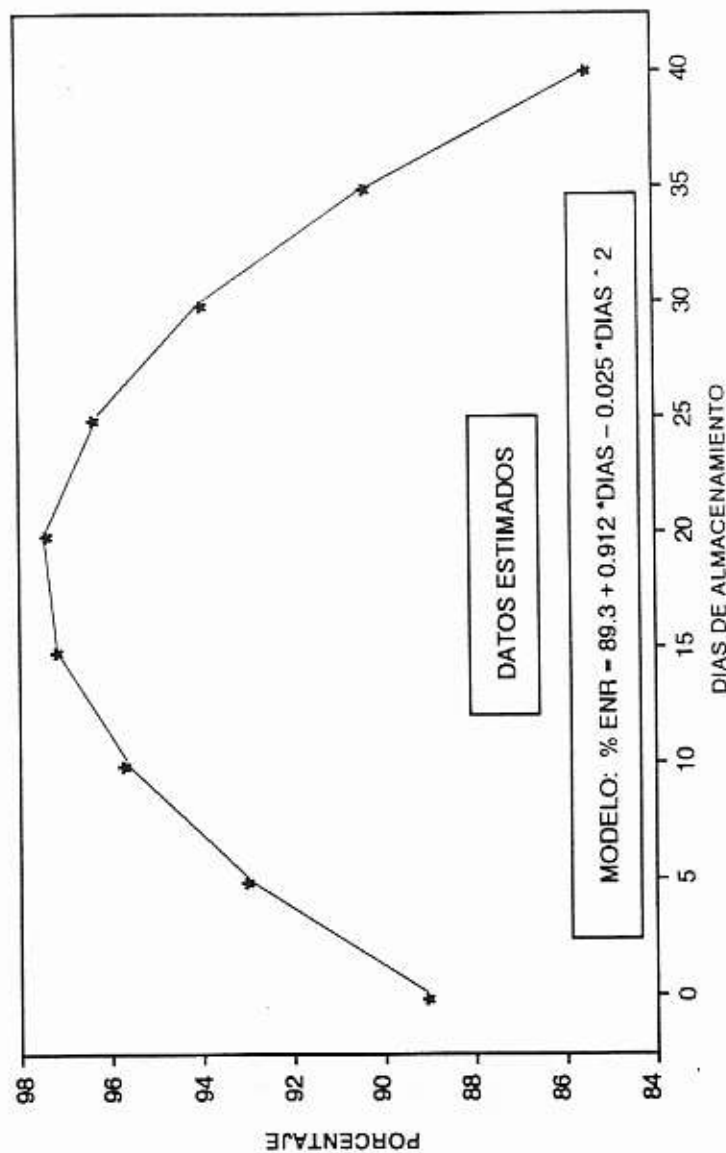


FIGURA 2 ENRAIZAMIENTO (%) EN CLAVEL A DIFERENTES DIAS DE ALMACENAMIENTO



VI.2 VARIABLES RELACIONADAS CON LA RAIZ DE LOS ESQUEJES:

La longitud, el peso fresco, y peso seco de las raíces fueron variables que no se vieron afectadas por ninguno de los factores evaluados en este trabajo; sin embargo, con el nivel de 15 días de almacenamiento, se obtuvieron los valores máximos para cada una de las tres variables mencionadas anteriormente.

El factor pares de hojas, como ya se dijo, no mostró diferencias estadísticamente significativas para las variables en mención. En cuanto a el factor tamaño de la partícula del sustrato, no presentó diferencias significativas para ninguna de las variables medidas en el presente estudio, probablemente debido a la pequeña diferencia que existe entre el tamaño de las partículas de ambos sustratos.

Las andevas en todos los casos resultaron no significativas, por lo que no fue necesario realizar las pruebas de Tukey.

VII. CONCLUSIONES

1. El factor tiempo de almacenamiento de los esquejes de clavel en cuarto frío antes de ponerlos a enraizar fue determinante en el enraizamiento de los esquejes de clavel, obteniéndose el mayor porcentaje a los 15 días de almacenamiento.
2. La longitud de raíz, peso fresco y peso seco de la raíz de los esquejes de clavel, no fueron influenciados por ninguno de los factores estudiados.
3. Los Esquejes con mayor número de pares de hojas, produjeron mayor biomasa aérea.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Almacenar los esquejes de clavel en cuarto frío, a temperaturas que oscilan entre 0 y 3°C, con humedad relativa entre el 90 y 100%, durante 15 días previo a su colocación en el enraizador.
2. Utilizar preferentemente esquejes con 6.5 pares de hojas.
3. Utilizar indistintamente tamaño de partícula gruesa (5 mm) o fina (2 mm) como sustrato en los enraizadores.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ALTSTADT, R.A.; HOLLEY, W.D. 1964. Effects of storage on the performance of carnation cuttings Colorado State University. Bulletin No. 173, 2 p.
2. ENGLISH, W.S.; KINHAM, H.G. 1967. Producción comercial de claveles. Trad. por D. Angel Sánchez Gómez. España, Acribia. 238 p.
3. GAMBOA, Z.L. 1988. Producción del clavel. Ed. por Dennis Mora Acedo. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 84 p.

4. HARTMANN, H.T.; KESTER, D.E. 1984. Propagación de plantas. Trad. por Antonio Marino Ambrosio. México, D.F., Ceesa. 814 p.
5. HOLLEY, W.D.; BAKER, R. 1963. Carnation production. Estados Unidos, W.M.C. Brown. 129 p.
6. HOLLEY, W.D.; FARMER, R. 1960. Cold storage of carnation cuttings. Estados Unidos, Colorado State University. 3 p.
7. MENDOZA ALVARADO, G.A. 1988. Efectos de reguladores de crecimiento y diferentes sustratos en el enraizamiento de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 49 p.
8. MENESES SANCHINELLI, J.C. 1990. Estudio de mercado del clavel (*Dianthus caryophyllus* L.), producido en la comunidad agraria Concepción El Pilar I, San Juan Sacatepéquez. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 134 p.
9. SEPULVEDA, R.O. 1981. El clavel y su cultivo. In Manual de Floricultura. Ruiz Camacho, R. Ed. 2 ed. Bogotá Colombia. p. 77-83.
10. VAN DE POL, P.A.; VOGELZANG, J.V.M. 1983. Accelerated rooting of carnation "Red Baron" by temperature pretreatment. Acta Horticulture (EE UU) 141:181-188.
11. YURRITA E., C.R. 1978. Cultivo comercial de flores. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 126 p.

ECONOMIA AGRICOLA

LA IMPORTANCIA DE LOS CULTIVOS AGRICOLAS EN LAS UNIDADES ESTATALES DE RIEGO DE LA ZONA SEMIARIDA DE GUATEMALA: UNA EXPLICACION MICROECONOMICA*



*Ariel Ortiz López***

RESUMEN

En la zona semiárida de Guatemala la mayor parte del área cultivada, en las unidades estatales de riego, se dedica a la producción de tabaco, maíz, melón, okra y tomate. La explicación de la importancia primordial que los cultivos indicados han alcanzado en el área se basa, en parte, en algunos motivos microeconómicos. Con los supuestos de que los productores de la zona cultivan con el objetivo de maximización de ganancias y que en general son personas que tienen aversión al riesgo, el estudio pretende exponer algunas de las motivaciones microeconómicas que influyen en la predominancia de los cultivos mencionados anteriormente. La hipótesis es que los cultivos predominantes producen, ya sea mayores ganancias o menores riesgos que los cultivos que se practican con menor frecuencia. Para probar la hipótesis se estimó y comparó el ingreso neto esperado por unidad de área para los distintos cultivos, así como el coeficiente de variación para el rendimiento y para el precio de los mismos. Los resultados indican que la importancia del cultivo de maíz radica en que aunque es el que produce el menor ingreso neto esperado, es el que representa menor riesgo de producción y de precio. El cultivo de tabaco presenta niveles bajos de riesgo y uno de los más altos niveles de ingreso neto esperado. El cultivo de melón está sujeto a niveles medios de riesgo en producción y niveles altos de riesgo en precio; pero produce niveles altos de ingreso neto esperado. El cultivo de okra conlleva niveles medios en los dos tipos de riesgo y únicamente supera al cultivo de maíz en el nivel de ingreso neto esperado. El cultivo de tomate presenta niveles medios de riesgo en producción, alto nivel de riesgo en precio; pero produce el más alto ingreso neto esperado de los cinco principales cultivos del área. En conclusión, el nivel de ingreso neto esperado en relación con el nivel de riesgo en producción y en precio explican claramente la importancia del cultivo de maíz, tabaco y tomate en área estudiada. La importancia del cultivo de melón y okra es influenciada por otros factores además de los aquí considerados.

* Artículo escrito con base en los resultados del proyecto de investigación "Estudio Integrado de la Zona Semiárida de Guatemala", cofinanciado por la Dirección General de Investigación de la USAC (DIGI) y el WWF y ejecutado por la FAUSAC.

** Profesor Titular IV. Facultad de Agronomía, USAC.

INTRODUCCION

En las unidades estatales de riego de la zona semiárida de Guatemala la principal actividad económica es la agricultura. En esta zona actualmente predomina la producción de tabaco, melón y okra para el mercado externo, así como maíz y tomate para el mercado interno. Otros cultivos como el de frijol, maní y soya tienden a desaparecer mientras algunos como la vid y el loroco están ganando importancia. Son varias las razones que pueden explicar tal comportamiento de los cultivos. Sin embargo, dado que la producción ocurre principalmente con orientación hacia el mercado, algunas razones microeconómicas influyen en la explicación.

Uno de los supuestos clásicos de la teoría microeconómica es el de que la motivación de un productor que participa en un sistema económico de mercado, es el logro de ganancias máximas. En la producción agrícola del área estudiada, el resultado económico está sujeto a distintos tipos de riesgos pero principalmente riesgo en producción y riesgo en precio. En tal sentido, se hablará entonces de que el productor agrícola tratará de maximizar ganancias esperadas. La decisión de qué producir estará influenciada en última instancia por la actitud personal del productor hacia el riesgo.

Se supone que la mayoría de personas poseen una actitud de aversión al riesgo, la que puede manifestarse a través de la preferencia de opciones que produzcan menor ganancia siempre que las mismas impliquen menor riesgo, o bien por la preferencia de opciones que representen mayor riesgo, pero siempre que produzcan mayores ganancias esperadas.

El propósito del estudio es explicar mediante el uso de los criterios microeconómicos aquí expuestos, la razón de la predominancia de ciertos cultivos en las unidades estatales de riego de la zona semiárida de Guatemala.

MATERIALES Y METODO

Durante los últimos años, algunos economistas han estado desarrollando indicadores de comparación de situaciones riesgosas, más apropiadas que la varianza, que se ha utilizado por mucho tiempo, como una medida aproximada del riesgo involucrado en una actividad productiva. Sin embargo, los esfuerzos sólo han rendido resultados parciales (Hey, 1979). En este caso, se recurre al uso del coeficiente de variación como medida de riesgo en la producción y riesgo en el precio, ya que de acuerdo con Kay (1987) dicho coeficiente resulta útil para comparar el riesgo que se corre entre distintas actividades productivas.

El estudio consiste en la estimación del coeficiente de variación del rendimiento de cada cultivo (como una medida de riesgo en producción) y del precio de venta (como una medida de riesgo en precio), así como en la estimación del ingreso neto esperado a través de un promedio ponderado. Los datos utilizados corresponden al año agrícola 1989/90 y se obtuvieron de los registros que cada unidad de riego recaba durante el año. Se esperaba que los cinco cultivos que ocupan mayor área en las unidades estatales de riego, presentaran el menor riesgo en producción y en precio o bien los mayores ingresos netos esperados.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro 1 se presentan las estimaciones necesarias para el análisis propuesto.

Se observa en el cuadro 1 que los cultivos de maíz, tabaco y tomate se ubican en el extremo de menores valores para el coeficiente de variación del rendimiento, o sea que son los cultivos que implican menor riesgo de producción. Los cultivos de frijol, sandía y maní ocupan el extremo alto en valores del coeficiente de variación del rendimiento indicando que son los cultivos que representan mayor riesgo de producción. Estos resultados explican ya, al menos en parte, el hecho de que la producción de maíz, tabaco y tomate sea importante en el área estudiada, mientras la producción de frijol, maní y sandía tienda a desaparecer.

CUADRO 1 INDICADORES DE RIESGO EN LA PRODUCCION Y RIESGO EN PRECIO PARA LOS CULTIVOS PRACTICADOS EN EL SISTEMA DE UNIDADES DE RIEGO ESTATAL EN LA ZONA SEMIARIDA DE GUATEMALA. 1992

CULTIVO	RENDIMIENTO (TM / ha)		PRECIO (Q / TM)		INGRESO NETO ESPERADO (Q / ha)
	MEDIA	CV*	MEDIA	CV*	MEDIA
MAIZ	2.37	0.24	553.41	0.42	328.82
TABACO	1.75	0.33	5,277.93	0.73	3,620.74
MELON	12.42	0.47	727.28	1.48	3,209.1
TOMATE	15.28	0.33	909.53	1.08	6,293.83
OKRA	13.22	0.42	663.99	0.95	2,128.35
SANDIA	12.3	0.64	330.53	0.96	1,101.23
LIMON	11.62	0.71	652.96	0.76	2,454.37
PEPINO	15.64	0.42	378.87	0.90	1,475.5
FRIJOL	1.13	0.60	1,675.51	0.53	618.58
MANI	12.77	2.05	2,220.29	0.54	1,427.31
CHILE PIMIENTO	9.84	0.46	2,692.47	2.21	13,166.04

En relación con el riesgo en precio, se observa en el cuadro 1, que en el extremo bajo de riesgo se ubican los cultivos de maíz, frijol y maní, ya que son los que presentan mayor valor de coeficiente de variación del precio de venta. Tal resultado en el caso de maíz y frijol puede ser explicado por el hecho de que el precio de dichos productos ha sido intervenido gubernamentalmente a través de INDECA, o bien a través de la autorización de importaciones cuando el mismo tiende a subir. Los cultivos que mayor riesgo en precio representan son, tomate, melón y chile pimiento. El alto riesgo en precio, contrarresta el bajo riesgo en

producción en el caso del cultivo de tomate, lo que probablemente hace que se ubique en el quinto lugar de importancia y no en un lugar más importante.

Finalmente, los valores estimados para ingreso neto esperado ubican en el extremo alto a los cultivos de chile pimiento, tomate, tabaco y melón. El extremo bajo de ingreso neto esperado lo ocupan los cultivos de frijol y maíz.

Al relacionar los resultados obtenidos se percibe que la importancia de la producción de maíz en las unidades estatales de riego localizadas en la zona semiárida de Guatemala, se basa en que es el cultivo que presenta menor riesgo tanto en producción como en precio, factor que contrarresta el hecho de que sea a la vez, el cultivo que menor ingreso neto esperado produce. El cultivo de tabaco es importante porque produce uno de los mayores ingresos netos esperados y su nivel de riesgo tanto de producción como de precio está en un nivel medio. Además, para la producción de tabaco se establecen ciertas relaciones entre el productor y el comprador, que determinan algunas ventajas para el primero en relación con la producción de otros cultivos (Alfaro et al. 1990). En el caso del cultivo de melón, éste se ubica también entre los que mayor ingreso neto esperado proporcionan al productor y ello, aunado al nivel medio de riesgo en producción, contrarresta el alto riesgo en precio que representa. En el caso del cultivo de melón también se establecen relaciones especiales entre compradores y productores; pero en los últimos años las ventajas que inicialmente ofrecían los compradores han ido disminuyendo por lo que también el número de productores individuales de melón (cosecheros) ha disminuído. Tal situación ha influído para que en la actualidad la producción se esté realizando directamente por las empresas emparadoras-exportadoras en una proporción apreciablemente alta. El cultivo de tomate se mantiene entre los cinco cultivos más importantes en el área estudiada, principalmente por el alto ingreso neto esperado que proporciona aunado al bajo riesgo de producción, lo cual contrarresta el alto riesgo en precio que presenta. Es probable que su importancia disminuya pues la crisis que la producción de tomate está sufriendo, causada por el complejo fitopatógeno mosca blanca-virus, impacta directamente el riesgo en producción, elevándolo.

El cultivo de okra se ubica al final entre los cinco cultivos más importantes en el área estudiada. Tal comportamiento se debe a que presenta niveles de riesgo similares a los otros cultivos menos importantes, pero representa un mayor ingreso neto esperado, que los mismos, a excepción del cultivo de chile pimiento.

En conclusión, los resultados apoyan la explicación de la importancia que la producción de maíz, tabaco, melón, tomate y okra tienen en las unidades estatales de riego de la zona semiárida de Guatemala, basada en los criterios microeconómicos de riesgo e ingreso neto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALFARO MARROQUIN, R. H. et al. (1990). Diagnóstico de la producción y comercialización agrícola en las unidades de riego "La Fragua", "Llano de Piedra" y "El Guayabal" del distrito de riego "La Fragua", Zacapa. Cursos Especializados, FAUSAC, Guatemala. 165 pp.
- HENDERSON, J. M. and RICHARD E. QUANDT (1980). Microeconomic theory, a mathematical approach. McGraw-Hill, U.S.A. 420 pp.
- HEY, J. D. (1979). Uncertainty in microeconomics. New York University Press, U.S.A. 261 pp.
- KAY R. (1987). Administración agrícola y ganadera. CECSA, México. 280 pp.

ECONOMIA AGRICOLA

ANALISIS ECONOMICO DE LA SUPERFICIE DE PRODUCCION DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) EN FUNCION DE LA APLICACION DE NITROGENO Y FOSFORO, EN UN SUELO DE LA SERIE CAUQUE.

Ariel Ortiz López*



RESUMEN

*El propósito de este estudio es estimar puntos óptimos físicos y económicos, en la superficie de producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en función de aplicaciones de nitrógeno y fósforo. La superficie de producción se estimó aplicando el procedimiento Regression del "Statistical Analysis System" a datos experimentales generados en la Facultad de Agronomía de la USAC. Los productos marginales de cada nutrimento se igualaron a cero para determinar los niveles con que se maximiza el rendimiento de cebolla; se igualaron al cociente del precio del insumo sobre el precio del producto para el óptimo de un productor con capital ilimitado y se igualó la tasa marginal de sustitución técnica al cociente de los precios de los nutrimentos para el óptimo económico de un productor con capital limitado, adicionando la restricción de la línea de isocosto para completar el sistema de ecuaciones simultáneas.*

Los resultados indican que el óptimo físico se alcanzaría con la aplicación en el mismo ciclo, de 227 kg/ha de nitrógeno (N) y 78 kg/ha de fósforo (P_2O_5) para un rendimiento máximo de 9402 kg/ha de cebolla. El óptimo económico para un productor con capital ilimitado se alcanzaría aplicando 220.67 kg/ha de nitrógeno (N) y 74.80 kg/ha de fósforo (P_2O_5) para un rendimiento máximo de 9390 kg/ha de cebolla. El óptimo económico para un productor con capital limitado se lograría con la aplicación de 187.90 kg/ha de nitrógeno (N) y 59.83 kg/ha de fósforo (P_2O_5), para una producción de 9078.60 kg/ha de cebolla.

INTRODUCCION

El concepto de función de producción es central en la microeconomía de la producción. Al ser aplicado empíricamente, se convierte en una herramienta útil para tomar decisiones económicas de producción. Básicamente, quien toma decisiones de producción se puede auxiliar de la función de producción para responderse el cuánto producir de determinado bien,

* Profesor Titular IV, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

así como en qué proporción óptima combinar los insumos variables utilizados en la producción. En este caso se presenta el análisis de la función de producción, aquí llamada superficie de producción, de cebolla (*Allium cepa* L.) con respecto a la aplicación de nitrógeno y fósforo en un suelo de la serie Cauqué. Los datos para estimar la superficie de producción se generaron experimentalmente durante el desarrollo del problema especial "Estimación de Funciones de Producción", realizado en el primer semestre de 1990 por estudiantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En particular, el estudio es importante porque es de utilidad como referencia para la docencia en la Facultad de Agronomía y es también un punto de partida para estudios de optimización de la producción de cebolla en función de fertilización, aplicados a situaciones reales en Guatemala.

- * Los suelos de la serie Cauqué se localizan predominantemente en el norte y occidente del departamento de Chimaltenango, el nor-occidente del departamento de Sacatepéquez y el occidente del departamento de Guatemala.

OBJETIVOS:

General: Analizar económicamente la superficie de producción de cebolla con respecto a aplicaciones de nitrógeno y fósforo.

Específicos:

- Estimar la cantidad de nitrógeno (N) y fósforo (P_2O_5) que deben ser aplicados para lograr el máximo nivel de rendimiento de cebolla.
- Calcular los niveles óptimos económicos de aplicación de nitrógeno (N) y fósforo (P_2O_5) en el cultivo de cebolla.

MATERIALES Y METODOS:

Para estimar la superficie de producción se utilizaron datos generados a través de un experimento bifactorial en el que se aplicó urea como fuente de nitrógeno y triple superfosfato como fuente de fósforo a un suelo de la serie Cauqué, para la producción de cebolla. Se establecieron 20 tratamientos resultantes de la combinación de cinco niveles de nitrógeno en el rango de 0 a 150 kg/ha y cuatro niveles de fósforo en el rango de 0 a 112.5 kg/ha. se instalaron tres repeticiones de cada tratamiento en un diseño completamente al azar.

El modelo teórico a estimar es:

$$PT = Bo + B_1N + B_2N^2 + B_3P + B_4P^2 + B_5NP + E$$

Donde:

PT = Cantidad de cebolla producida (En kg/ha)

N = Cantidad de nitrógeno aplicada (En kg/ha)

P = Cantidad de fósforo aplicada (En kg/ha)

Bo = Intercepción o constante.

B_1 a B_5 = Coeficientes de regresión.

E = Perturbación.

Para estimar el modelo se utilizó el procedimiento Reg del paquete Statistical Analysis System-SAS- instalado en el Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El óptimo físico se estimó igualando los productos marginales de cada insumo a cero y resolviendo el sistema de ecuaciones formado. El óptimo económico para un productor con capital ilimitado⁽¹⁾ se estimó igualando el producto marginal de cada insumo con el cociente del precio de cada insumo sobre el precio del producto (cebolla). El óptimo económico para productores con capital limitado⁽²⁾, se calculó igualando la tasa marginal de sustitución técnica de nitrógeno por fósforo, en términos de productos marginales, al cociente del precio de fósforo sobre el precio de nitrógeno, completando el sistema de ecuaciones simultáneas con la ecuación de la línea de isocosto para ambos insumos; luego, se resolvió el sistema para cantidad de fósforo y nitrógeno a ser aplicada. En los tres casos de optimización, los niveles de producción se estimaron sustituyendo los valores estimados de cada insumo, en la superficie de respuesta estimada.

RESULTADOS Y DISCUSION:

En el cuadro 1 se presenta el resultado de la estimación del modelo cuya forma estadísticamente apropiada resultó ser cuadrática, sin intercepto y sin interacción entre los insumos evaluados.

Cuadro 1 Modelo estimado para la superficie de producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en función de la aplicación de nitrógeno y fósforo. Guatemala, 1990.

COEFICIENTE	ESTIMADO*	PROB t	PROB	R ²
B ₁	68.23	0.0001	0.0001	0.9919
B ₂	-0.15	0.0053		
B ₃	42.13	0.0002		
B ₄	-0.27	0.0040		

* Redondeado a dos cifras decimales.

Se observa en el cuadro 1, que el modelo estimado es estadísticamente apropiado pues es significativo en conjunto según el valor de la Prob F. Cada uno de los coeficientes esti-

(1) Se considera que un productor posee capital ilimitado para la compra de fertilizantes, cuando la disponibilidad de dinero de dicho productor, no constituye una restricción real para la cantidad de fertilizante que se pueda aplicar al cultivo.

(2) El caso de un productor sujeto a capital limitado puede ser, cuando la producción se realiza financiada con préstamos; o cuando la disponibilidad de fondos propios se convierte en una restricción real.

mados es significativamente distinto de cero de acuerdo con la magnitud de la Prob t . Así también el modelo estimado se ajusta adecuadamente a los datos observados según el valor de R^2 y los signos de los coeficientes estimados dan idea de que se trata de una superficie cóncava.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la estimación, los Productos Marginales para nitrógeno y fósforo son respectivamente,

$$PM_n = 68.23 - 0.30N \text{ y } PM_p = 42.13 - 0.54P$$

Igualando estos productos marginales a cero:

$$68.23 - 0.30N = 0$$

$$42.13 - 0.54P = 0$$

Y resolviendo para N y para P, se obtiene:

$$N = 68.23/0.3 = 227.43 \text{ kg/ha} \quad \text{y} \quad P = 42.13/0.54 = 78.02 \text{ kg/ha.}$$

Sustituyendo los valores estimados para N y P en la ecuación estimada: $PT = 68.23(227.43) - 0.15(227.43)^2 + 42.13(78.02) - 0.27(78.02)^2$, se obtiene el óptimo físico, o sea el máximo rendimiento que se podría alcanzar con la superficie de producción estimada, que resulta ser 9402.35 kg/ha de cebolla.

El nivel óptimo físico de nitrógeno equivale a 494.41 kg/ha de urea (7.6 quintales de urea por manzana). El nivel óptimo físico de fósforo equivale a 169.61 kg/ha de triple superfosfato (2.6 quintales de triple superfosfato por manzana).

Con los precios de Q 3.35/kg de nitrógeno⁽³⁾, Q. 2.85/kg de fósforo⁽⁴⁾ y Q 1.65/kg de cebolla⁽⁵⁾, el óptimo económico para productores que cuentan con capital ilimitado resulta ser: $42.13 - 0.54P = 2.85/1.65$, que luego de resolver para P, es $P = 74.9 \text{ kg/ha.}$ (equivalente a 2.5 quintales de triple superfosfato por manzana) y $68.23 - 0.3N = 3.35/1.65$, que luego de resolver para N, es $N = 220.71 \text{ kg/ha.}$ (equivalente a 7.4 quintales de urea por manzana).

Sustituyendo los valores estimados de N y P en la ecuación estimada para la superficie de producción:

$PT = 68.23(220.71) - 0.15(220.71)^2 + 42.13(74.9) - 0.27(74.9)^2$, se obtiene el rendimiento óptimo económico para productores con capital ilimitado que es 9392.94 kg/ha de cebolla.

El punto óptimo económico estimado indica que para producir 9392.94 kg/ha de cebolla, la combinación de elementos nitrógeno y fósforo más barata o de menor costo es: 220.71 kg de nitrógeno y 74.9 kg de fósforo por hectárea.

(3) Estimado con base en el precio promedio de la urea en la ciudad de Chimaltenango, en 1991.

(4) Estimado con base en el precio promedio de triple superfosfato en la ciudad capital de Guatemala.

(5) Estimado con base en el precio promedio anual a nivel de minorista para 1991, según el Instituto Nacional de Comercialización Agrícola -INDECA- (Se le descontó un margen de comercialización supuesto en 40%).

Para productores con capital limitado⁽⁶⁾, la estimación del óptimo nivel económico de fertilizantes requiere del uso de la Tasa Marginal de Sustitución Técnica de nitrógeno por fósforo, que en términos de productos marginales es:

$$\text{TMSTnp} = \frac{42.13 - 0.54P}{68.23 - 0.3N}$$

Esta se iguala al cociente de los precios de los fertilizantes,

$$\frac{42.13 - 0.54P}{68.23 - 0.3N} = \frac{2.85}{3.35}$$

y que al reorganizar términos resulta en el sistema de ecuaciones simultáneas:

$$0.86N - 1.81P = 53.32$$

$$3.35N + 2.85P = 800$$

Del cual al resolverse para N y P, resulta: N = 188.08 kg/ha (equivalente a 6.3 quintales de urea por manzana) y P = 59.49 kg/ha (equivalente a 2.0 quintales de triple superfosfato por manzana), que es la combinación de fertilizantes de menor costo para la producción de cierto rendimiento de cebolla, el cual se calcula sustituyendo los valores estimados para N y P en la ecuación de la superficie de producción:

$PT = 68.23(188.08) - 0.15(188.08)^2 + 42.13(59.49) - 0.27(59.49)^2$, se obtiene que el rendimiento óptimo es de 9087.62 kg/ha de cebolla.

En conclusión, el estudio permitió la estimación de una superficie de producción con características adecuadas, así como el cálculo de óptimos físicos y económicos que pueden servir de referencia para pruebas de validación que se realicen en condiciones de finca de productores de cebolla, en suelos de la seire cauqué.

Referencias Bibliográficas:

- Beattie, B.R. and Robert Taylor. The economics of production. Estados Unidos de América, John Wiley & Sons, 1985. 258 p.
- Bishop, C.E. y W.D. Toussant. Introducción al análisis de Economía Agrícola México, LIMUSA, 1986, 262 p.
- Colito, Sergio et al. (1990) Estimación de la función de Producción para cebolla (*Allium cepa* L.) con aplicación de nitrógeno y fósforo, en un suelo de la serie cauqué. Informe de Problema Especial. Facultad de Agronomía, USAC. 8p.
- Heady, E.C. and John L. Dillon. Agricultural Production Functions. Estados Unidos de América, Iowa State University Press, 1972. 667 p.

(6) En este caso se asumió hipotéticamente, un monto de Q 800.00 como disponibilidad de dinero del productor para la compra de fertilizantes. Es de hacer notar que dentro de la estructura de costos de producción de cebolla para 1991 en la Región Metropolitana, que el Banco Nacional de Desarrollo Agrícola -BANDESA- utiliza para definir el monto de crédito a que un productor tiene acceso, el rubro de fertilizantes participa con un monto de Q 1,036.00. Si se trabaja el problema de optimización económica utilizando dicha cifra como disponibilidad limitada de capital del productor y la superficie de producción estimada en este caso, resulta que tal disponibilidad no representa una restricción real de capital y las soluciones óptimas obtenidas caen dentro de la etapa III de la superficie de producción, con lo que el productor estaría incurriendo en ineficiencia técnica.

MEDIO AMBIENTE

BOSQUES, AMBIENTE Y AMBIENTALISMO

*Claudio Cabrera Gaillard**



1. PRESENTACION

El final de este siglo se ha caracterizado por un fuerte apoyo a los esfuerzos de protección del ambiente por varios sectores de todas las sociedades del mundo. Sin embargo es necesario poner en evidencia algunos elementos del origen del movimiento ambientalista como también algunos argumentos no del todo valederos. El objetivo principal es aportar elementos para fortalecer las bases del movimiento ambientalista.

Desde hace algunos años, varios investigadores científicos han querido resaltar algunas incongruencias, no solamente en el movimiento ambientalista, sino contradicciones entre la protección del ambiente con el modo de producción dominante y la necesidad de generar nuevas ideas al respecto.

James Lovelock, químico de la atmósfera británico, manifestó en su hipótesis Gaia (la tierra es un ser viviente) que los problemas ambientales de la tierra debieran ser tratados científicamente. Para Lovelock la tierra es un fenómeno único a nivel planetario, como los datos del cuadro 1. lo demuestran.

La vida misma contribuye a crear y mantener sus condiciones, es decir, una regulación por la vida misma de las condiciones atmosféricas del globo. Un sin número de ciclos de retroacción unen la vida con su medio; el bombeo de CO₂ en grandes proporciones ha hecho que la tierra no se haya congelado ni hervido. En la atmósfera el contenido de oxígeno se mantiene a 21%, nivel óptimo para la actividad aeróbica (Lovelock, 1986 y Beney, 1990).

El científico inglés también afirma que "salvar la tierra" parece ser una frase incorrecta, presuntuosa, que hace de la tierra (Gaia) una entidad mítica, maternal, providencial, un culto lleno de peligros. La aventura humana ha llevado a causar grandes transformaciones a nivel de todo el planeta que comprometen esencialmente a la especie humana. Si los pro-

* Ingeniero agrónomo en recursos naturales renovables, USAC. Profesor-investigador de la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO-Programa Guatemala).

cesos ambientales siguen el rumbo actual, la tierra evolucionará de manera diferente de como hasta ahora lo ha hecho el hombre verá comprometida su propia existencia.

Cuadro 1. Porcentaje de gases y temperaturas de varios planetas

% de gases en la atmósfera y temperatura	P l a n e t a s			
	Venus	Marte	Tierra sin vida	Tierra con vida
% CO ₂	98.0	95.00	98.0	0.03
% Nitrógeno	1.9	2.70	1.9	79.3
% Oxígeno	trazas	0.13	trazas	21.0
Temperatura Media (°C)	477.0	-53.00	290 + 50	13.0

Otros investigadores en el campo de la economía forestal tropical han realizado sus aportes; Westoby (1982) afirma que cualesquiera que sean los remedios que se puedan sugerir a partir de un análisis superficial de las causas aparentes de la deforestación, la razón fundamental es actualmente la amplitud y la gravedad de la pobreza en el tercer mundo. De no vencer la pobreza, las oportunidades de conservar una buena parte de los bosques tropicales—por medio de la información, la persuasión, la investigación e inclusive la reglamentación—serán insignificantes. Desafortunadamente las actitudes actuales no inducen a la aceptación de una responsabilidad internacional con respecto a la pobreza, y los actuales métodos para distribuir la limosna—para calmar escrúpulos—con el objeto de resolver el problema, se suman a intereses creados que se oponen a todo cambio real que garantice a los países pobres un lugar permanente en la economía mundial (Leslie, 1987).

En 1971 (hace 20 años) se produce el primer documento de alerta ambiental auspiciado por el Club de Roma. En 1972, Meadows, entrega el segundo informe al Club de Roma, llamado "Los límites del crecimiento", según el cual a la evolución del agotamiento de los recursos naturales, el crecimiento de la población y los aumentos de inversiones de capital, sobrevendría una grave crisis después del comienzo del siglo XXI. Es precisamente ese año, 1971, en que se asume como la reunión clave de Naciones Unidas con respecto al ambiente (Estocolmo, 1972), en donde se concibe la creación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, conocido como PNUMA, y una serie de convenios especiales para enfrentar casos críticos a nivel mundial.

Es evidente que los movimientos ambientalistas nacionales en el Tercer Mundo surgieron de las preocupaciones de los dirigentes de los países industrializados y no de nuestras propias preocupaciones sobre nuestro ambiente y nuestros hombres. Es necesario entonces, consolidar las bases de los movimientos nacionales a través de un análisis riguroso y científico.

co de los problemas y no a través del vidrio opaco del altruismo y romanticismo por "proteger la tierra".

2. LOS MITOS FORESTALES

2.1 *Los bosques son "los pulmones del planeta"*

Con la buena intención de proteger los bosques, muchos "ambientalistas" nacionales utilizan como argumento fundamental la función productora (liberadora) de oxígeno de los bosques tropicales, a nivel planetario; la frase "la Amazonia, el pulmón de la tierra" es ahora popular. Simplificando los procesos fisiológicos de cualquier planta se puede afirmar que uno de los productos de la fotosíntesis es el oxígeno (O_2), pero cualquier estudioso de la biología sabe que en ausencia de luz solar, las plantas necesitan de ese mismo oxígeno para el proceso denominado respiración.

Cuando un bosque tropical húmedo se encuentra en su etapa madura se sabe que la productividad neta es baja (Odum, 1985), lo que define un balance entre fotosíntesis – respiración ligeramente superior a 1. De hecho la silvicultura se basa en esos principios para realizar los raleos¹ como manera de incentivar la actividad fotosintética para obtener mayor rendimiento. Esto es lo que se define como un rompimiento del balance fotosíntesis – respiración.

No hay duda de que hay producción excedente de oxígeno en los bosques maduros, pero no es ésta la principal fuente de oxígeno a nivel planetario.

Varios autores han demostrado que el balance de los bosques maduros en cuanto a producción oxígeno (O_2) es casi igual a cero. La fuente principal de oxígeno en la atmósfera, parece ser la propuesta por Rubey 1951 (citado por Lovelock, 1986); el enterramiento en las rocas sedimentarias de una pequeña parte del carbono fijada por las plantas verdes y algas en forma de materia orgánica de sus propios tejidos. Aproximadamente 0.1% del carbono fijado anualmente es enterrado con los desechos vegetales que son transportados de la superficie terrestre a los océanos y ríos, liberando una molécula de oxígeno en el aire por cada átomo de carbono extraído del ciclo de fotosíntesis y respiración.

La sensación de una persona cuando pasea en el bosque, de respirar aire puro (con más oxígeno) puede tener varias explicaciones; una que dentro del bosque o en su periferia el aire no tiene impurezas, debido a la acción de barrera viva en la circulación del aire que realizan los bosques. Y dos, que la mayoría de personas realizan paseos en el bosque en horas de luz, en el momento en que la actividad fotosintética obviamente está produciendo oxígeno y un microclima especial. Es evidente que los bosques juegan un papel importante en el intercambio gaseoso, pero no son los principales liberadores de oxígeno en la atmósfera.

Se ha demostrado, por otra parte, que los bosques pueden almacenar CO_2 , lo que implica potencial contribución a la disminución del CO_2 en la atmósfera. Desafortunadamen-

¹ *Raleo o entresaque: término forestal que significa la extracción de algunos árboles de un bosque con el fin de aumentar la productividad del mismo y proporcionar mayor calidad (en cuanto al tamaño) de madera en la masa forestal residual.*

te la cantidad de superficie boscosa necesaria para almacenar un volumen significativo de CO₂ es demasiado grande. Según el Instituto Internacional para el Cambio Climático (IPCC),² la superficie boscosa necesaria para contrarrestar el volumen de CO₂ producido por las actividades humanas, es de mil millones de hectáreas, lo que equivale a 107 veces la superficie de los Estados Unidos de América.

2.2 Deforestación y desertización

La concepción según la cual existe una relación directa entre deforestación y desertización también debe ser matizada. Tanto deforestación como desertización son palabras que no existen en lengua española, pero que se usan generalizadamente. Deforestación se define como la acción de talar un bosque; de destruirlo. La desertización se puede definir como la expansión de nuevos paisajes desérticos en zonas en donde no existían en un pasado reciente (Le Houreou, 1979). Estos paisajes se caracterizan por poseer dunas en donde la erosión causada por el viento juega un papel importante.

La desertización se ha dado esencialmente en las masas continentales por procesos que han sido determinados por el movimiento tectónico (basado en la teoría de la deriva de los continentes).

Por ejemplo, el cierre de la circulación de la corriente intertropical en el momento de la formación de América Central, produjo dos nuevas corrientes; la del Caribe en el Atlántico y la de Humboldt (o del Perú) en el Pacífico (Heckadon, 1991.). A esta última se le atribuye la causa principal del "fenómeno del niño"³ y de la formación de las zonas áridas y desérticas en África (Sahara por ejemplo) y América tropical. Es obvio que estos procesos pueden acelerarse y/o intensificarse con el uso inadecuado de los recursos naturales.

El origen de los bosques de Petén puede argumentar nuestra opinión. Si se toma como base que la población en la región petenera era de aproximadamente 500,000 personas en la época clásica de los mayas, se estima que la deforestación⁴ en esa región pudo haber alcanzado alrededor de 84,000 has/año (840 Km²/año). Aproximadamente dos veces mayor a la que existe actualmente de 37,000 Has/año.

Estas estimaciones se realizan seguros que la sociedad Maya no era una sociedad formada de colectores, pescadores y cazadores, sino una sociedad más "avanzada", con sistemas de producción agrícola basados esencialmente en los cultivos de maíz-frijol-ayote, no compatibles con los ecosistemas forestales. Quinientos años más tarde la antigua zona geográfica de los Mayas se encuentra invadida por ecosistemas forestales maduros (selvas) que inclusive sepultaron bajo sus raíces los testimonios arqueológicos, encontrados a partir

2 Auspiciado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

3 Inversión de la temperatura en los niveles superficiales del mar, detectado en las costas peruanas. Fenómeno que sucede al final del año (de ahí su nombre de niño, relacionado con el niño Dios), ha ocasionado perturbaciones (inclusive mortalidad de fauna silvestre) en la vida marina de las costas mencionadas.

4 Se asume que la necesidad mínima de tierras agrícolas por habitante es de 0.5 Has por cada tres años. Debido a que en el sistema de agricultura migratoria cada parcela posee una fertilidad agrícola de alrededor de 3 años.

de la primera mitad del siglo XX. Las características de las selvas peteneras no son exactamente características de zonas desérticas.

Independientemente de la exactitud de las estimaciones anteriormente expuestas, la deforestación no causó, directamente, desertización. Aunque no se debe pasar por alto que algunas transformaciones del ecosistema han sido percibidas en la región, como lo son las sabanas y los "bajos" en el Petén.

Es evidente que la reconstitución del ecosistema se presentó durante un período largo de abandono de la región, después de más de dos mil años de utilización intensiva.

Se ha demostrado, que la deforestación causa alteraciones en el ciclo del agua (ciclo hidrológico), sobre todo la función interceptora de las lluvias por parte del follaje de los árboles y la infiltración del agua de lluvia, influenciada por la materia orgánica y las raíces de la masa forestal. La ausencia de la masa boscosa puede causar inundaciones producto del aumento del agua de escorrentía y aumento del transporte de sedimentos en época lluviosa y la disminución del caudal de los ríos en época seca. Pero la ausencia de estos procesos no implica necesariamente la desertización.

Los años o períodos de sequía pueden obedecer a otros factores como lo son fenómenos cíclicos climáticos a nivel planetario. Parece haberse observado cierta relación entre las fluctuaciones climáticas a escala planetaria y el ciclo de las manchas de ozono, cuyo período oscila en torno a once años. Además, se han apreciado cambios de larga o corta duración, que se presentan en forma alterna, de períodos fríos (secos o húmedos), llamados glaciaciones, y de otros cálidos (secos o húmedos) denominados interglaciaciones y en el paso de unos a otros, transiciones de frío y calor y viceversa (Toharia, 1981).

Es posible que en zonas semiáridas y/o en su periferia (como en El Progreso, Zacapa y Chiquimula) la deforestación tenga un efecto más potable en el cambio del paisaje, pero esas son zonas que tienen condiciones climáticas especiales a nivel nacional.

El istmo centroamericano es una sección continental bastante angosta, estando los océanos relativamente cerca y en donde el vapor de agua en su mayor parte provienen de los océanos y no de la evapotranspiración de los bosques. Esta es una situación especial que habría que tomar en cuenta. Este fenómeno no puede ser analizado de la misma manera que las masas continentales más extensas como lo son la cuenca de río Amazonas en el Brasil y la cuenca del río Congo en el África ecuatorial.

2.3 La quema de los bosques tropicales y la generación de bióxido de carbono

Otro de los mitos forestales es la importancia que se da a la quema de los bosques en relación con aumento del bióxido de carbono en la atmósfera y la contribución de este fenómeno al calentamiento de la tierra.

Los gases asociados con el "efecto de invernadero" (GEI) son esencialmente ocho: bióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), otros óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono (O_3) (ozono estratosférico de gran altitud originado al quemar combustibles fósiles), el vapor de agua (H_2O) y los clorofluorcarbonos

(CFC). De estos se considera que el CO₂ es uno de los más importantes ya que contribuye con aproximadamente el 60% de las emanaciones de gas en la atmósfera.

Según el Worldwatch Institute las quemaduras de los bosques tropicales a nivel global producen 1.7 millones de toneladas de carbono en forma de CO₂ y el consumo de combustibles fósiles (petróleo y carbón mineral) producen a nivel mundial 5.6 millones de toneladas de carbono en forma de CO₂. Alrededor de 75% de esas emanaciones (4.2-4.5 millones de toneladas) se producen en países industrializados (Andrasko, 1990).

Otros autores afirman que más del 75% de los gases causantes del calentamiento son producidos por solamente el 20% de la población mundial; la población de los países industrializados. Con ello se hace notoria la responsabilidad de estos países en la degradación del ambiente. Las perspectivas no son alentadoras ya que en la conferencia Mundial de Energía (Montreal, 1989) se proyectó un aumento constante del consumo de energía por parte de los países industrializados hasta el año 2020.

Es evidente que en el caso del calentamiento la quema de los bosques es significativa pero es causante de solamente el 20% del total del volumen de carbono producido. Son los mismos países industrializados los que generan alrededor del 60% del total de volúmenes de carbono en forma de CO₂. Y son justamente estos países, que hace más de 100 años ya habían terminado con sus áreas silvestres, los que ahora pretenden dictar las medidas ambientales en los países tercermundistas. A propósito Ramonet, I. (1989) en su artículo "¿A quién pertenece la Amazonia?" ya había evidenciado los problemas diplomáticos entre Europa y Brasil por la injerencia de los europeos en la toma de decisiones nacionales en el Brasil.

3. LA PROTECCION DE LOS BOSQUES

Los argumentos para proteger una buena parte de los bosques tropicales se pueden dividir en dos grupos; conservar los bienes y servicios que genera actualmente el bosque y, protección de los bienes y servicios que potencialmente podrían generar los bosques tropicales en el momento que el conocimiento lo permitiera.

3.1 *Bienes y servicios que generan los bosques tropicales en la actualidad.*

- 3.1.1. Son reguladores del ciclo hidrológico para el mantenimiento del caudal de los ríos.
- 3.1.2. Mantienen el microclima dentro del bosque para su propio mantenimiento y la estabilidad climática regional y microregional.
- 3.1.3. Proveen habitat para un gran número de especies animales y vegetales.
- 3.1.4. Son fuente de biomasa leñosa (madera) como fuente de energía (el consumo de leña a nivel nacional es de 13 millones de m³ por año), y para la construcción e industria.
- 3.1.5. Constituyen un ambiente para el desarrollo de la fauna, que es fuente de pro-

teína animal para las comunidades locales. En Nigeria (Africa) aproximadamente el 50% de la carne consumida proviene de animales silvestres (Ntiemoa-Baidou, 1987).

- 3.1.6 Fuente de productos no maderables para la industria (chicle y pimienta, por ejemplo). Para 1989 el chicle y la pimienta generaron divisas de aproximadamente 4.3 millones de dólares para Guatemala (Nations et al. 1989).
- 3.1.7 Fuente de productos de extracción para la ornamentación. El xate (una palma que se encuentra en forma natural en los bosques peteneros) generó 10.4 millones de dólares en 1989. A parte de que estas dos últimas actividades - extracción de productos no maderables y de productos ornamentales son fuentes de trabajo a más de 7,000 guatemaltecos (Nations et al., 1989)
- 3.1.8 Areas de recreación y turismo ecológico. Aunque no pareciera significativo, en el Petén, el turismo arqueológico, que a la vez es ecológico, produjo alrededor 64 millones de dólares en 1989.

La lista de otros bienes y servicios puede extenderse pero se han evidenciado los principales.

3.2 *Bienes y servicios potenciales que puede generar el bosque tropical, los cuales se pueden resumir en uno;*

Banco genético de especies vegetales y animales, es decir, un reservorio de plantas y animales potencialmente utilizables en la agricultura (incluyendo la producción animal), la construcción, la medicina y la investigación. Sabido es que la alimentación, la vivienda, la salud y la educación son elementos clave en el mejoramiento de la calidad de vida de nuestras sociedades.

Es posible que sea ésta última la principal motivación de los países industrializados por proteger los bosques tropicales, sabiendo que, por ejemplo, solamente menos de 10 especies de plantas son la base de la alimentación mundial.

4. EL AMBIENTALISMO

Es evidente que el problema ambiental es un problema social desde el momento que el hombre pasa de colector, cazador o pescador (como parte del ecosistema) a una sociedad agraria, transformando el ambiente para la realización de la agricultura. De ahí se puede suponer que es la agricultura el inicio del problema ambiental.

Según Vitale (1983) la historia de la humanidad está caracterizada en un 99% por la integración de los pueblos recolectores, pescadores y cazadores, con la naturaleza. El apareamiento de la agricultura data de hace 10,000 años y la fase industrial de hace 150 años. Estas dos últimas representan solamente el 1% de la historia de la humanidad, período en el cual se subvaloró y abusó de los bienes y servicios que la naturaleza puede brindar a la sociedad.

Así fue que el consumo total de energía por cada hombre aumentó de 3000 kilocalorías/día en las sociedades de colectores, pescadores y cazadores, a 12,000 kilocalorías en las primeras sociedades agrarias y 77,000 kilocalorías en la primera mitad del siglo XIX. En la actualidad, en una sociedad como la europea el consumo promedio de energía por habitante por día es de 150,000 kilocalorías y en los EEUU alcanza a 230,000 kilocalorías diarias (Passet, 1987).

Según los límites del Crecimiento (Meadows, 1972), el brusco agotamiento de los recursos, generaría una importante caída de la alimentación per cápita, el incremento de la producción industrial provocaría un aumento exponencial de la contaminación y los dos fenómenos aunados, nos llevarían a una disminución dramática de la población hacia el año 2050.

Para algunos estudiosos de las ciencias sociales, el Club de Roma (que financió el estudio de Meadows, 1972) representa la toma de conciencia sobre la lógica destructiva del proceso industrial. Es, paradójicamente, una crítica capitalista al capitalismo (Arrieta, M., 1987). Sin embargo, este no fue un problema exclusivo de los países capitalistas, ahora sabemos que los países de economías planificadas están afrontando problemas similares o mayores, como producto de la ausencia de antagonistas políticos, ante la lógica destructiva del proceso industrial. Es posible que sea esto último la causa fundamental del problema.

Cualquiera que sea la causa fundamental del problema ambiental a nivel planetario no debe perderse de vista la posibilidad de que pueda ser objeto de manipulación ideológica (como ya ha sucedido anteriormente), ello con el fin de seguir garantizando las diferencias existentes entre el Norte y el Sur, así como sucede ahora con la fiebre de la privatización de las empresas estatales⁵.

El ambientalismo que algunos sociólogos definen como un movimiento político emergente, producto de la crisis ideológica de las teorías dominantes, es el nacimiento de principios para la generación de nuevos pensamientos sobre el hombre y la naturaleza.

El "desarrollismo" puso al hombre por encima de la naturaleza capaz de modificar el ambiente a su antojo, lo cual fue impulsado por los dos sistemas económicos que han existido desde el fin del siglo XIX. Por su parte el "ambientalismo clásico" pretende separar al hombre de su entorno. No permitir ninguna manipulación del hombre en los ecosistemas "naturales", dejándolo restringido solamente al espacio de los ecosistemas modificados.

Una visión ecológica global podría situar al hombre como parte del ecosistema y limitar las actividades que dañen su propio habitat. La visión cosmogónica basada en la posición del hombre con respecto a la naturaleza ha sido desarrollada por algunas culturas de origen mesoamericano y otras.

5. Según Moser, D. (*El Estado como pilar del desarrollo* 1991), los países industrializados están interesados en que el Estado Nacional de los países subdesarrollados se debilite, con el objeto de permitir un ingreso más fácil de las transnacionales, y que éstas se puedan adueñar del mercado interno, aprovechando la mano de obra barata y los recursos naturales existentes. Como un ejemplo tenemos que en Francia, Canadá, Alemania Federal, Italia, Suecia, Holanda y Reino Unido la relación gasto público-producto interno bruto (PIB) varía de 47 a 67%. (En Europa el Estado regula la economía; Arrieta, F. 1991). En Guatemala, esta relación no sobrepasa el 7%.

Sin embargo en nuestros países el movimiento ambientalista— aún no muy bien definido—, tiene componentes más afectivos y románticos sobre la protección del ambiente que filosóficos, científicos y técnicos. Este se caracteriza también por un déficit de conocimientos científico-tecnológicos en el campo de la biología, ecología, manejo y economía de los recursos naturales.

Si queremos proteger los bosques tropicales, lo esencial es conocer los bienes y servicios reales (actuales y potenciales) que generan y valorizarlos. De lo contrario, las soluciones que propongamos para resolver los problemas, no estarán basadas sobre las causas fundamentales y el trabajo efectivo para la protección de la naturaleza no tendrá ningún efecto positivo en nuestras sociedades.

5. BIBLIOGRAFIA

- ANDRASKO, K. (1990). El recalentamiento del globo terráqueo y los bosques: estado actual de los conocimientos *Unasyva*. 41(163):3-11.
- ARRIELA, F. (1991). En Europa el Estado regula la economía. *El Día Latinoamericano*. México DF.
- ARRIETA, M. (1987) Política y ecología en las formaciones sociales americanas *Nueva Sociedad*. (87):85-102.
- BENEY, G. (1990). L'écologie, amie ou ennemie du tiers moden (la ecología amiga o enemiga del tercer mundo). *Croissance de Jeunes Nations*. (326):21-28.
- BROWN, I. (1990). State of de world. 1990. Worldwatch Institute. Ed. Económica. U.S.A. 385p.
- CRUZ de la R. (1987). El ecologismo ¿Reforma o revolución?. *Nueva Sociedad*. (87):85-102.
- HECKADON, S. (1990). Centroamérica: tierra tropical de montañas y volcanes. In hacia una Centroamérica verde. UICN-REDES, Costa Rica. pp. 19-34.
- LE HOUROU, L.E. (1987). Ecologie et desertization en Afrique (Ecología y desertización en África). Travaux de l'Institut de Geographie de Reims. (39-40):5-26.
- LESLIE, A.J. (1987). Los bosques tropicales de especies mixtas; nuevo examen de los aspectos económicos de ordenación natural. *Unasyva*. 39(155):149-157.
- LOVELOCK, J. (1986). Gaia, a new look at life on earth. Le Rocher. Mónaco. 139p.
- ODUM, E.P. (1985). Ecología. Nueva editorial interamericana. México. pp.49.
- PASSET, R. (1987). L'economique et le vivant. Payot. Francia. 241p.
- MEADOWS, D. (1971). Los límites del crecimiento. Fondo de cultura económica. México. 249p.
- MOSER, D. (1991). El Estado como pilar del desarrollo. *El Día Latinoamericano*, México DF.
- NATIONS, et al. (1989). La Reserva de la Biosfera Maya: estudio técnico. CONAP-CONAMA. Guatemala. 49p.
- NTIAMOA-DAIDOU, Y. (1987). La fauna silvestre del África occidental en peligro. *Unasyva* 39(156):27-35.
- TOHARIA, M. (1981). Tiempo y clima. Salvat editores. Madrid, España. 64p.
- VITALE, L. (1983). Hacia una historia del ambiente en América Latina. Editorial Nueva Imagen, México. 121p.

SILVICULTURA

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS INTERACCIONES DE LOS SISTEMAS AGROSILVO-PASTORILES EN 5 ALDEAS DEL BOSQUE SECO DE JUTIAPA, GUATEMALA



INTRODUCCION

El presente trabajo fue realizado como un interés conjunto entre la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), con sede en Turrialba, Costa Rica, con la finalidad de tener una visión general de las cualidades del sistema de producción imperante en la zona, y principalmente para responder a los objetivos que en él se plantean. El trabajo fue titulado: "Estudio Preliminar de las interacciones de los sistemas agrosilvopastoriles e investigación de una metodología para obtener dominios de recomendación en dos aldeas de Sta. Catarina Mita y tres aldeas de Asunción Mita, Jutiapa".

En esta oportunidad se presenta un resumen del trabajo realizado, y por falta de espacio no se incluye el estudio de la metodología para definir Dominios de Recomendación, el cual será publicado en un próximo número de TIKALIA.

Ing. Agr. Marco Vinicio Fernández Montoya
Supervisor-Asesor de Cursos Especializados, FAUSAC.

OBJETIVOS

Generales:

- ANALIZAR las relaciones que se dan dentro del sistema estudiado, con el fin de detectar los factores que influyen en la sostenibilidad del mismo.

Específicos:

- Determinar el uso actual y potencial del suelo para conocer los cambios ocurridos en el transcurso del tiempo.
- Comparar los niveles de fertilidad de los suelos del sistema de producción agrícola (maíz-frijol,-sorgo en asocio) con los de áreas naturales (matorral bajo) en relación a la rotación de uso.
- Conocer las especies vegetales más utilizadas para alimentación de los animales, así como el contenido nutricional de las mismas.
- Analizar las principales interacciones del sistema.

METODOLOGIA

1. Para llevar a cabo el presente trabajo, fue necesario que un grupo conformado por 9 estudiantes de la Facultad de Agronomía del último año de la carrera de Sistemas de Producción Agrícola, y en cumplimiento de los Cursos Especializados fueran enviados a convivir en las comunidades estudiadas, por un período de sesenta días, tiempo durante el cual planificaron sus actividades así:
 - Para la obtención de la información socioeconómica fue necesaria la realización de un sondeo modificado, el que consistió en realizar una encuesta entre grupos de agricultores de cada aldea.
 - Para ello se contactaron agricultores que tuvieron terrenos con 1,3 y 5 años, tanto de descanso como de haber sido habilitados; ésto con el fin de muestrear cada terreno y realizar una evaluación de la dinámica de los principales nutrientes. (P,K,Ca,Mg.)
 - Por observación y en base a la boleta guía de sondeo se determinaron las especies vegetales más utilizadas para consumo animal durante la época crítica, a las que se les realizó un análisis bromatológico.
 - Se establecieron índices de dominancia por familia botánica por medio de un muestreo de milésima de hectárea, utilizando un metro cuadrado en cada lanzamiento.
 - Se hizo un análisis del uso del suelo en base a fotografía aérea de diferente fecha.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO:

El área de estudio comprendió las aldeas Las Lajas, y El Rodeo del municipio de Santa Catarina Mita. Las aldeas Santa Cruz, Guevara y Estanzuela del municipio de Asunción Mita del departamento de Jutiapa, ubicado este en la zona sur-oriental de Guatemala a una distancia de 139 Km. de la ciudad capital. La zona de estudio se encuentra entre 670-700 de altitud, la temperatura media anual es de 23 grados celsius, con una precipitación anual de 750 mm.

La región se caracteriza por condiciones adversas de precipitación, identificándose por lluvias erráticas, mala distribución y períodos de canícula (sequía) prolongados. Otro factor adverso son los fuertes vientos (noviembre-diciembre) que asociados a la alta evapotranspiración producen condiciones de stress fisiológico en los cultivos.

A diferencia de otras regiones del país, la mayoría de la población son ladinos. En un 81% la población es rural, su ocupación principal es la agricultura, la que se realiza en minifundios menores de 3.5 hectáreas. El Sistema de cultivo predominante en la región es, Maíz-Frijol-Sorgo en asocio, incluyendo como otro elemento principal el componente Bovinos de doble propósito.

Los Suelos han sido desarrollados sobre cenizas volcánicas. A elevaciones medias el material que se presenta en el área es de tipo geológico de rocas volcánicas que incluye tobas, coladas de lava y material lahático, ocupando declives muy inclinados que van desde 40-60%. Las piedras y los afloramientos de roca son comunes y en algunas aldeas pueden cubrir más del 50% del área. El pH del suelo varía entre 6-6.5. (7)

RESULTADOS

Generalidades del Sistema

Este sistema de Agricultura ha operado por mucho tiempo en el área, y ha sido mejorado a través del tiempo. Se ha desarrollado bajo condiciones edafoclimáticas adversas ya descritas: marginalidad de suelos y distribución errática de los períodos de lluvia, limitantes que aunadas a las tradiciones y a las condiciones económicas limitadas han producido un sistema de cultivo adecuado a las condiciones imperantes.

Los componentes principales del sistema lo constituyen el hombre, el asocio maíz-frijol-sorgo, el ganado bovino y de doble propósito, así como las especies forestales de la zona (en su mayoría gramíneas y leguminosas); todas interactuando de tal manera, que han hecho hasta el momento mantener el sistema con cierto grado de estabilidad biológica.

La dinámica de uso de la tierra se inicia con la habilitación del terreno para lo cual el agricultor tiene que cortar y quemar el guatal¹ de 4-5 años, para aprovechar el suelo por un período de 1-4 años, mientras se agota la fertilidad natural. Durante la quema, el suelo alcanza altas temperaturas las que contribuyen al control de nemátodos, insectos del suelo, y microorganismos, y además de modificar el PH destruyen semillas de malezas; de tal manera se hace innecesario el uso de insumos para el control de estas plagas.

1 Guatal: Bosque bajo que se desarrolla en terrenos de descanso.

Los tres componentes del asocio (maíz-frijol-sorgo) son sembrados en la misma fecha durante el mes de mayo al establecerse las lluvias. Para la siembra se usan instrumentos tradicionales (Macana o coa) sin roturar toda la superficie del suelo. Este sistema de labranza mínima contribuye a mantener la estructura del suelo, lo que a la vez disminuye la erosión hídrica de los terrenos.

Según el arreglo modal la siembra se realiza alternando en un mismo surco posturas de maíz y sorgo, a una distancia de 50cm entre posturas y 75 cm entre surcos. El frijol se siembra a doble hilera entre los surcos de maíz y sorgo, a distancias de 25 cm entre hileras y 20 entre posturas.

La importancia del maíz radica en que forma parte de la dieta diaria de los habitantes; además el rastrojo es usado como forraje para el ganado bovino. La semilla, en la época de verano, es la misma que se cosecha en la temporada anterior habiendo sido seleccionada por el agricultor. Esto hace que dentro de la plantación se de una gran variedad genética, que evita la proliferación de plagas y enfermedades.

El frijol también forma parte de la dieta de la población, por su alto contenido de proteína que complementa la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales que se han reportado en el maíz. Dentro del sistema, el frijol es el componente de más corto ciclo (90-105 días) lo que favorece su cosecha en un período de sequía (julio-septiembre) y permite un mejor secado del grano así como la posibilidad de generar ingresos en época crítica.

El papel que juega el frijol en la sostenibilidad, consiste en la fijación del nitrógeno atmosférico y formación de materia orgánica que se incorporan al suelo.

Por su parte el Sorgo, por su fotosensibilidad permite un buen acomodo dentro del asocio. Este empieza a desarrollar hasta cuando las condiciones de luz le son favorables lo cual coincide con la dobla del maíz², al mismo tiempo su resistencia a la sequía lo adecúa a la época de déficit de humedad en el suelo.

El sorgo evita la erosión eólica al proteger los suelos como único cultivo existente durante los meses de sequía cuando la acción del viento es mayor (noviembre-diciembre).

El Rastrojo del Sorgo constituye la base alimenticia del ganado, en época de déficit, ya que al ser cortado su grano es utilizado para la alimentación de ganado menor (cerdos y aves) y el follaje sirve de alimento a los bovinos. Por su capacidad de rebrote siembra de segunda (Guatera)³ provee de alimento a los bovinos en época en que son adversas las condiciones para el desarrollo de las pasturas.

Por su parte el ganado bovino juega un papel muy importante dentro del sistema, porque aprovecha los terrenos que se dejan en descanso (Guatal), y a la vez acelera el reciclaje de nutrientes. Al mismo tiempo sirve para mejorar la dieta e ingresos del productor a través de la fabricación de derivados lácteos, lo que le permite generar un excedente que usa en la compra de otros insumos indispensables en la agricultura.

- 2 Cuando la mazorca del maíz llega a su madurez el agricultor dobla los tallos abajo de la mazorca para que el maíz continúe secándose en el campo.
- 3 Guatera: denominación que los agricultores de la zona dan al cultivo de maíz o sorgo sembrado densamente y destinado a la producción de forraje para la época seca.

Dentro del sistema el recurso agua es una limitante para una explotación ganadera; se hace necesario hacer embalses artificiales para proveerse de agua durante la época seca, y aun así, a final de la época seca la provisión de agua es mínima, lo que obliga a los ganaderos a vender o sacrificar parte del hato, para no correr el riesgo de perderlos por muerte.

Dinámica del uso del Suelo:

El uso que se le ha dado al suelo a lo largo del tiempo (determinado por fotointerpretación), revela que de un total de 3,684 hectáreas, en el año 1973, el 41% se encontraba con cultivos (Maíz-Frijol-Sorgo) y el 59% estaba en descanso (Guatal). Para el año 1983 el área cultivada disminuyó a un 37% y para el año 1987 el área de cultivo aumentó a un 44%. De lo anterior se puede deducir que en los 14 años analizados el área cultivada avanza en un 2.42% equivalente a 6.36 Ha/año; sin embargo este no es un avance gradual, sino que se da con altibajos dependiendo de las áreas que se dejen en descanso.

La disminución del área cultivada para 1983 se pudo deber a políticas de mercado, o bien a que durante los años 1982-83, se dio una marcada emigración de campesinos hacia Norteamérica, con lo cual la presión sobre el suelo disminuyó en lo referente a la explotación de cultivos limpios.

DINAMICA DE LA MATERIA ORGANICA, FOSFORO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO DEL SUELO:

Materia Orgánica:

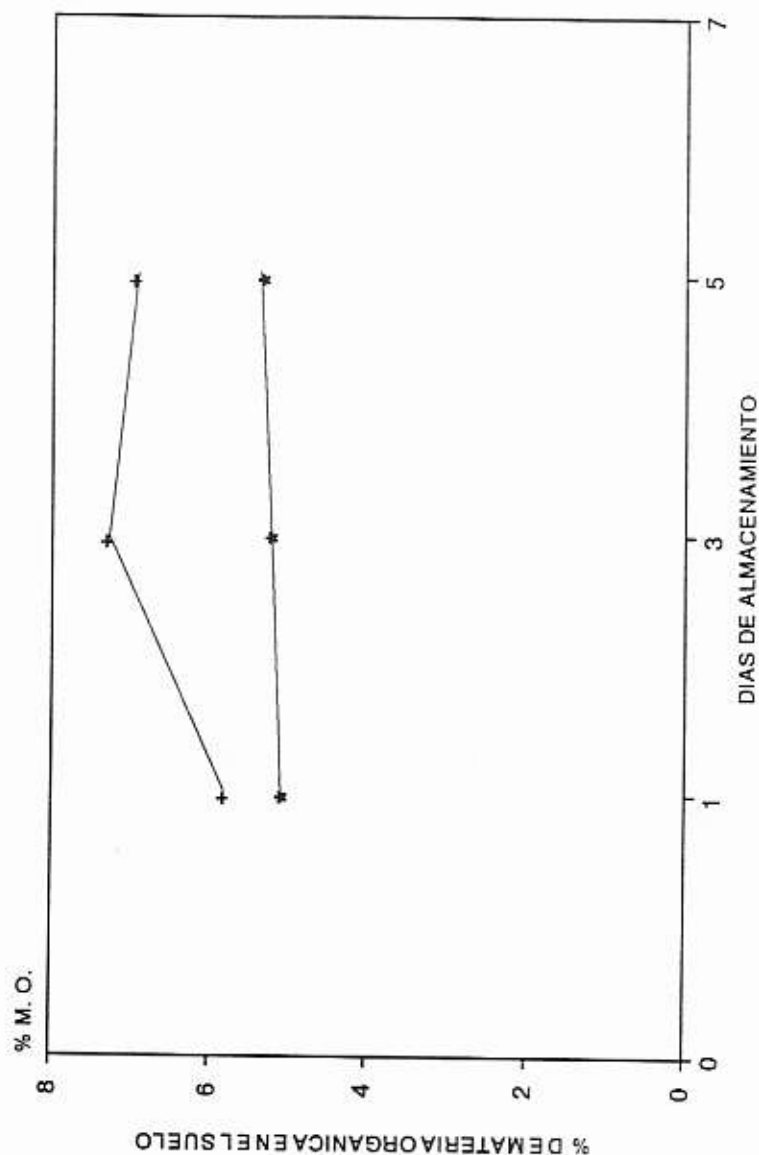
Según Donahue (1982) la materia orgánica presente en el suelo, es la responsable de una buena estructura del mismo; aumenta la porosidad, reduce la erosión hídrica y eólica, es la fuente de la mayor parte del nitrógeno, 5-60% de fósforo, 80% del azufre y de una pequeña parte del boro y molibdeno, todo lo cual contribuye a la recuperación de la fertilidad del suelo durante el barbecho. (1)

En el área de estudio se pudo detectar que el contenido de materia orgánica aumenta gradualmente durante los 2 primeros años de barbecho, luego se estabiliza y tiende a disminuir en forma insignificante.

En terrenos que están bajo cultivo, la materia orgánica también tiende a aumentar aunque este aumento es mínimo, como puede apreciarse en la gráfica 1.

Así para los suelos de un año de uso el porcentaje de materia orgánica fue de 5.11%, para los suelos de 3 años de uso fue de 5.2% y para 5 años de uso fue de 5.44%, lo que confirma lo propuesto por Popenoe, Nye y Greenland, que a mayor número de años de uso, se da un aumento en el contenido de Materia Orgánica.

GRAFICA 1 VARIACION DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA EN EL SUELO SEGUN LA ROTACION DE USO, EN EL AREA DE ESTUDIO.



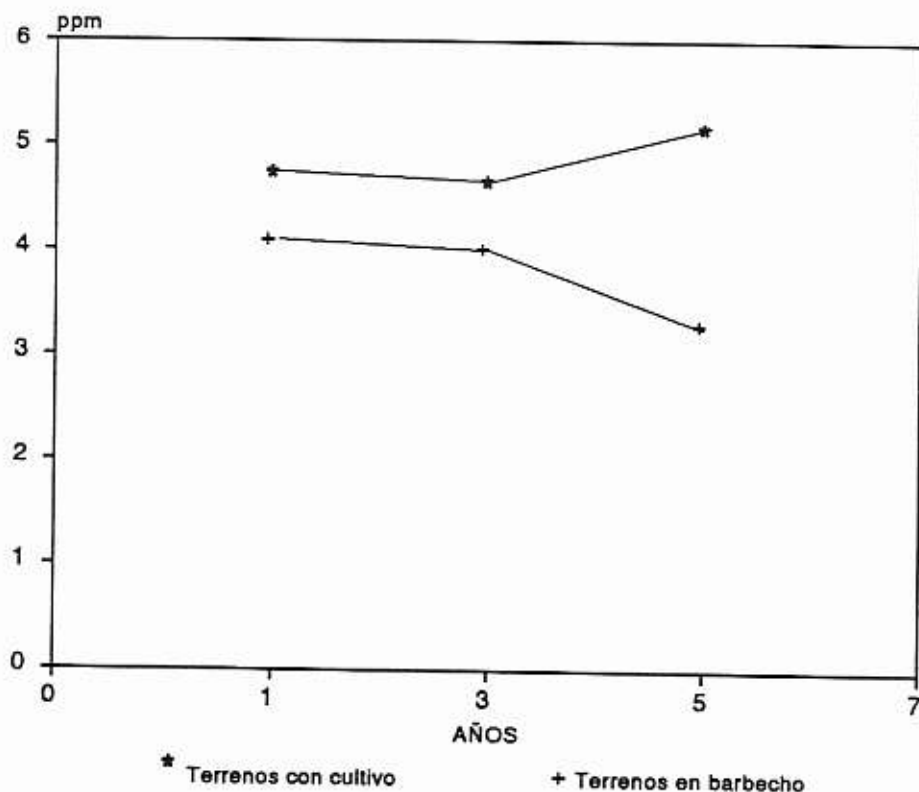
Fósforo

El fósforo ocupa un segundo lugar en importancia como nutriente vegetal, ya que cada núcleo de la célula lo contiene, por lo que la división y crecimiento celular son dependientes de adecuadas cantidades. (1)

En la mayoría de los suelos estudiados, el suministro de fósforo es bajo y además no está realmente disponible para la planta (fijación de fosfatos), porque reaccionan rápidamente en el suelo para formar fosfatos insolubles. Según el análisis de laboratorio, el fósforo tiende a bajar durante el período de barbecho, y por lo contrario aumenta en terrenos bajo cultivo.

Estas respuestas se pueden deber a las quemas frecuentes que ocurren en terrenos en barbecho lo que provoca el paso del fósforo a formas no disponibles, y por el contrario las fertilizaciones con este elemento en terrenos sometidos a cultivo, favorece su existencia. Ver gráfica 2. (1)

GRAFICA 2 COMPORTAMIENTO DEL FOSFORO EN LA ROTACION DE USO, EN EL AREA DE ESTUDIO

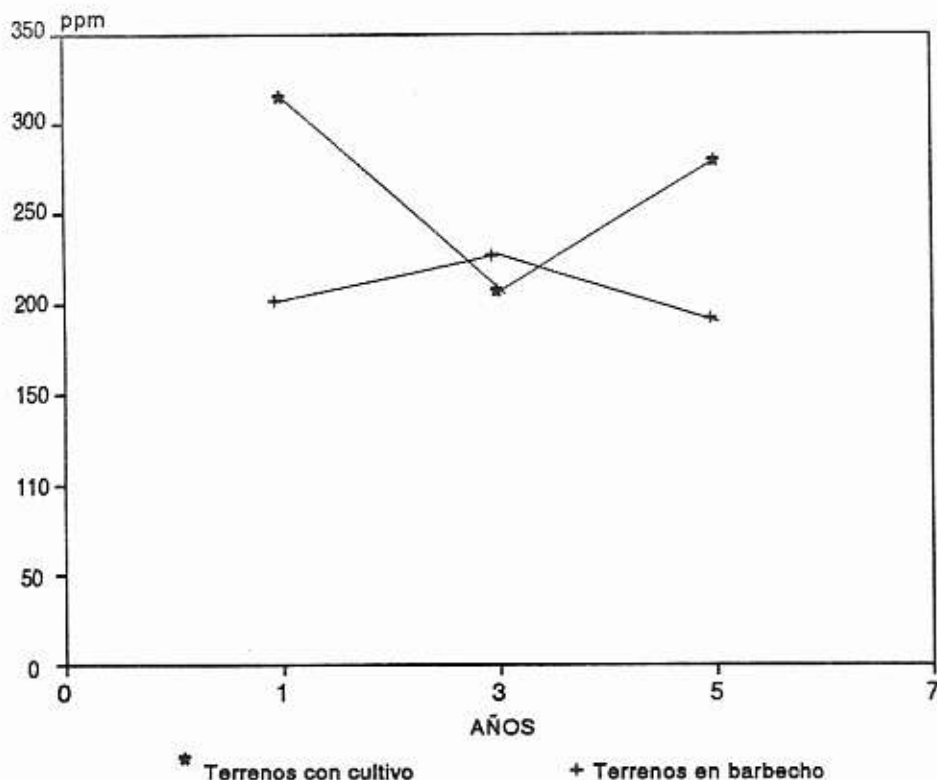


Potasio

Según Donahue (1982) el potasio en la mayoría de los suelos se encuentra en cantidades suficientes principalmente en aquellos suelos de origen volcánico, como el estudiado.

Para suelos en barbecho según los análisis efectuados, el potasio aumenta en los primeros tres años y disminuye insignificantlyemente en los siguientes años, mientras que para suelos bajo cultivo, a pesar de que el potasio se mantiene en concentraciones altas, se observa también cambios substanciales que pueden atribuirse a la diferencia de fertilidad de los terrenos muestreados. (Ver gráfica 3).

GRAFICA 3 COMPORTAMIENTO DEL POTASIO EN LA ROTACION DE USO, EN EL AREA DE ESTUDIO



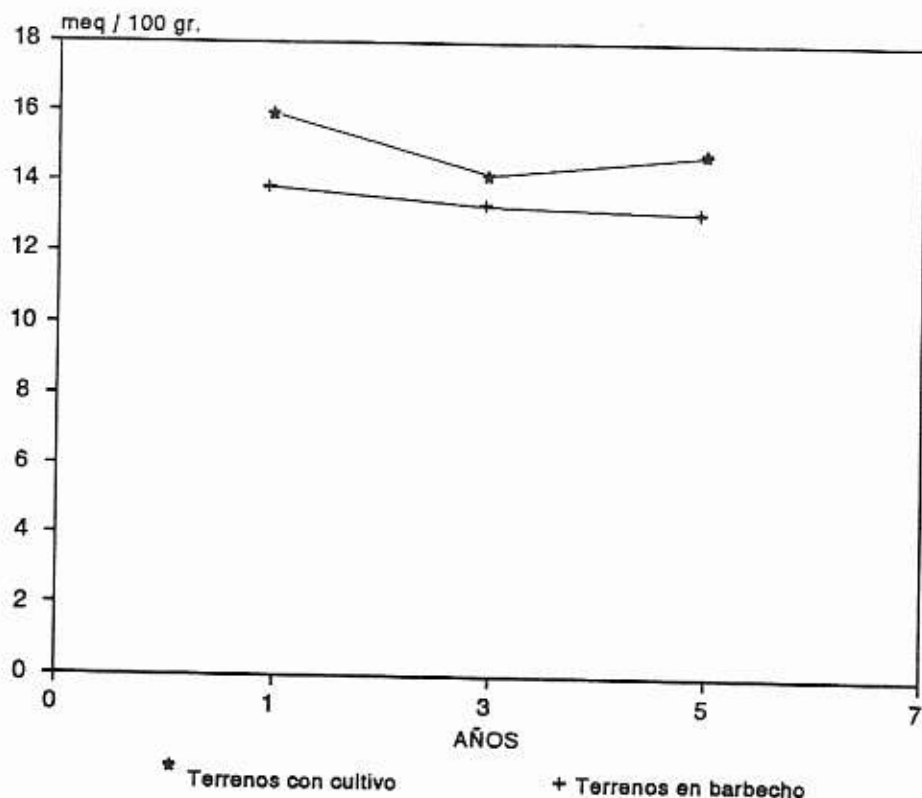
Calcio y Magnesio:

Seubert mencionado por Sánchez (1989) afirma que la composición elemental de la ceniza después de la quema contiene 1.92% de calcio, 0.41% de magnesio y 0.97% de potasio. Esto contribuye a que en el estudio realizado estos elementos se encuentren en concentraciones altas (ver gráficas 3, 4 y 5).

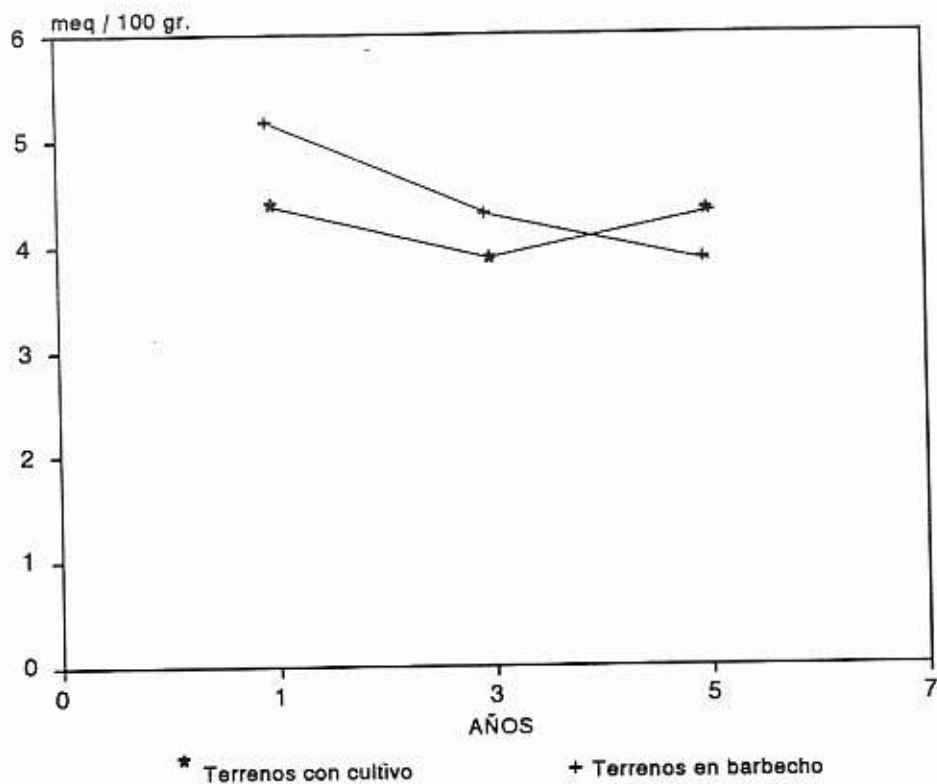
Estos 2 elementos durante la época de cultivo presentan concentraciones más altas que para los años 3 y 5, lo que se debe a que se viene de un período de descanso donde la biomasa producida ha sido talada y quemada, la ceniza producida enriquece estos suelos principalmente con Ca, Mg y P.

A partir de los 3 y 5 años de uso (Ver gráficas 3, 4 y 5), se logra visualizar una tendencia de aumento de la concentración en pequeñas proporciones, lo que se puede deber a quemas realizadas anualmente así como a las escasas fertilizaciones que se realizan.

GRAFICA 4 COMPORTAMIENTO DEL CALCIO EN LA ROTACION DE USO, EN EL AREA DE ESTUDIO



GRAFICA 5 COMPORTAMIENTO DEL MAGNESIO EN LA ROTACION DE USO, EN EL AREA DE ESTUDIO



Influencia del ganado sobre la vegetación:

Según Montaldo (1982). Las plantas en un potrero pierden vigor cuando se ven sometidas a un pastoreo intensivo, evidenciándose ello la reducción del crecimiento anual, ya que la actividad reproductora se reduce o desaparece, mientras que en especies leñosas se producen crecimientos anormales por la remoción del meristemo apical y la estimulación de yemas laterales. Al seguirse dando estas perturbaciones fisiológicas sobre las especies éstas mueren o desaparecen. Este cambio es gradual; comienza con la desaparición de las plantas más palatables y las más susceptibles al daño, luego los animales cambian sus preferencias alimenticias a las menos palatables y así se da la sucesión con la disminución del número de las mejores especies.

En el área de estudio las condiciones climatológicas adversas, hacen que los animales consuman el material no leñoso en su totalidad. Al concluir la época crítica, la maleza también es consumida contribuyendo al control de la misma de tal manera que los terrenos permanecen libres de malezas. Algunos agricultores utilizan arbustos o árboles para complementar la alimentación del ganado, cortando parte del follaje para administrarlo directamente. Estos árboles se desarrollan en cercas vivas o matorrales bajos de donde obtienen además leña y madera para construcción.

ESTUDIO BROMATOLOGICO DE ESPECIES UTILIZADAS EN LA ALIMENTACION DE LOS ANIMALES

Influencia de la vegetación sobre el suelo:

La vegetación es algo más que la simple agrupación de vegetales, es en realidad el resultado de la interacción de numerosos factores; los vegetales ayudan a disminuir la luz y la fuerza del viento y del agua llegan al suelo. También el agua del suelo se evapora con menos facilidad cuando éste se encuentra cubierto, a la vez que el aire es más húmedo bajo el dosel de las hojas del bosque. (3).

A las leguminosas por su relación simbiótica con microorganismos que fijan el nitrógeno obtenido del aire, se les considera mejoradoras del suelo, sin embargo los aumentos de nitrógeno no son apreciables sino que hasta que las leguminosas están bien establecidas.

La función de las leguminosas de mantener niveles de nitrógeno orgánico similares a los que había antes del desmonte, da aún más apoyo a su importante contribución al mantenimiento de las propiedades químicas deseables del suelo.

Para conocer la situación actual del establecimiento de las especies vegetales en el área, se realizó un estudio en base a la Milésima de hectárea encontrándose un total de 14 familias; de éstas se determinó que las familias predominantes fueron en su orden:

<u>FAMILIA</u>	<u>% Dominancia</u>
Gramineas	34
Leguminosas	24
Malvaceas	15

El resto de familias (11) presentaron un porcentaje de dominancia no significativo.

VEGETACION TIPICA DEL AREA.

Uso de las Especies:

NOMBRE	UTILIZACION		
	LEÑA	FORR.	CONS
1. Madre Cacao (<i>Gliricidia sepium.</i>)	x	x	x
2. San Andrés (<i>Tecoma stans</i> L.)	x	x	
3. Guiligüiste (<i>Karwinskia calderoni</i> Hansl.)	x	x	
4. Laurel (<i>Nectandra</i> sp.)		x	x
5. Ixcanal (<i>Acacia hinsii.</i>)	x		
6. Caulote (<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.)	x		
7. Zorrillo (<i>Roupala borealis</i> Hemsl.)	x		
8. Ebano (<i>Dalbergia funera standl.</i>)	x		
9. Zarza blanca (<i>Mimosa albida</i>)	x		
10. Zarza (<i>Mimosa</i> sp.)		x	
11. Conacaste (<i>Enterolobium cyclorarpum</i>)			x
12. Conacaste (<i>Enterolobium</i> sp.)	x		
13. Ceiba (<i>Ceiba pentandra</i> L.)	x		
14. Espino Blanco (<i>Adelia Barbinervis</i>)			x
15. Anono Colorado (<i>Annona reticulata</i> L.)	x		
16. Guachipilín (<i>Diphsya</i> sp.)	x		
17. Zapotón (<i>Pachira aquatica</i> Aubl.)			x
18. Aceituno (<i>Simarouba amara</i> Aubl.)	x		
19. Chilindron (<i>Thevetia peruviana</i> L.)	x		
20. Huele de Noche (<i>Cestrum diurnum</i> L.)	x		
21. Nance (<i>Byrsonima crassifolia</i> L.)	x		
22. Guarumo (<i>Cecropia</i> sp.)	x		
23. Chilca (<i>Senecio salignus</i>)	x		
24. Cambray (<i>Vernonia leiocarpa</i>)	x		
25. Guayabo (<i>Psidium biloculare</i>)	x		
26. Cojon (<i>Stemmadenia grandiflora</i>)	x		
27. Paraíso (<i>Moringa oleifera</i>)			x
28. Plumajillo (<i>Alvaradoa amorphoides</i>)	x		
29. Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i> L.)	x		
30. Quebracho (<i>Allophylus occidentalis</i>)	x		x
31. Chaperno (<i>Lonchocarpus</i> sp.)	x		
32. Copalchi (<i>Licaria campechiana</i>)	x		x
33. Chichicaste (<i>Myriocarpa obovata</i>)	x		
34. Capulín (<i>Trema micrantha</i>)	x		
35. Morro (<i>Crescentia alata</i>)	x		
36. Zare (<i>Acacia riparioides</i>)	x		x
37. Chumcho (<i>Ipomoea</i> sp.)		x	
38. Chipilín del Monte (<i>Crotalaria</i> sp.)		x	
39. Guaje. (<i>Calliandra</i> sp.)		x	
40. Pataxe (<i>Piscidia grandifolia</i>)		x	
41. Pata de cabra (<i>Bauhinia</i> sp.)		x	

CUADRO 1. Resultados de los análisis proximales bromatológicos, de las especies vegetales utilizadas para el consumo animal.

ESPECIES	P.C. %	F.C. %	E.E. %	CEN. %	M.S. %	AGUA %
Caulote	14.01	29.39	5.74	10.61	34.0	66.0
Copalchí	17.67	21.88	1.38	11.11	20.4	79.6
Chipilín de Monte	23.00	37.60	1.10	2.65	26.0	74.0
Guilgüiste	14.63	17.52	1.15	4.80	32.6	67.4
Campanilla	15.90	20.00	2.30	1.77	2.0	98.0
Madre Cacao	22.16	17.98	4.20	2.65	26.0	74.0
Paraíso	23.37	15.15	0.54	7.05	25.6	74.4
Plumajillo	23.21	25.23	3.44	6.16	45.0	55.0
Laurel	12.63	13.35	2.89	12.12	36.4	63.6
San Andrés	13.39	24.65	4.69	3.92	29.8	70.2
Zarzas	26.22	15.08	3.33	4.25	35.6	64.4

FUENTE: Investigación realizada por el grupo de Sistemas-Jutiapa en el laboratorio de bromatología, Facultad de Veterinaria.

SIMBOLOGIA: P.C. = Proteína Cruda
 F.C. = Fibra Cruda
 E.E. = Extracto Etéreo
 CEN. = Cenizas
 M.S. = Materia Seca

CUADRO 2: Comparación bromatológica, especies más utilizadas por el ganado en época crítica, con el cultivo de Sorgo, pasto Jaraguá y el rastrojo de Maíz.

Análisis %	Rastrojo de Maíz	Sorgo	Jaraguá	Madre Cacao	Zarzas
Proteína Cruda	5.9	7.2	8.5	22.16	26.22
Fibra Cruda	30.8	25.8	9.0	17.98	15.08
Extracto Etéreo	1.6	2.5	0.5	4.20	3.33
Cenizas	5.9	7.0	2.0	2.65	4.25
Materia Seca	90.6	89.2	20.0	26.00	35.61
Agua	9.4	10.8	80.0	74.00	64.38

FUENTE: Análisis realizado por el grupo de estudiantes de cursos especializados Jutiapa, y revisión bibliográfica de Bromatología Animal (Flores Menéndez), (1985)

CONCLUSIONES

- En las aldeas estudiadas se puede decir que se cuenta con una agricultura típica del área por sus características muy propias, la cual debe identificarse como una agricultura de **SUBSISTENCIA, ROTATIVA y TRADICIONAL**.
- Se dice que es de **SUBSISTENCIA**, porque el 73 por ciento de las fincas son menores de 3.5 hectáreas, y las condiciones imperantes de calidad del suelo, relieve, pedregosidad y clima adverso hacen que el agricultor produzca únicamente para la subsistencia, a la vez que por poseer dentro del sistema el componente animal (Bovinos) el agricultor requiere de más tierra, lo que obliga a un 35 por ciento de la población a tomar tierras en arrendamiento.
- Es **ROTATIVA** porque en períodos de 3 a 5 años el agricultor se dedica a la agricultura con el asocio maíz-frijol-sorgo, seguido de un período similar de descanso, período durante el cual el terreno es utilizado para pastoreo extensivo, con lo que se considera que el terreno recupera en parte la fertilidad natural.

Este tipo de agricultura se considera **TRADICIONAL** porque ha operado durante generaciones y se ha mantenido y mejorado a través del tiempo.

- La diversidad genética dentro del sistema, hace que la dinámica de población de plagas y enfermedades sea estable, ya que en policultivos existen más fuentes alimenticias para los insectos depredadores y parásitos de las mismas. Esto disminuye el riesgo de pérdida, pues en policultivo la dispersión espacial y cronológica es un factor que influye en la dinámica de poblaciones al modificar la respuesta a los estímulos visuales y olfatorios del insecto.

A pesar de que el agricultor desconoce lo anteriormente expuesto, para él la razón principal del uso del asocio es la disminución de los riesgos en la producción, razón que ha venido evaluando a través del tiempo.

- El nivel tecnológico utilizado, es considerado como el más adecuado ya que éste ha permitido que el sistema de agricultura se haya mantenido estable durante muchos años, manteniendo bajo control, en forma natural, todos los problemas de malezas, plagas y enfermedades. El agricultor usa eficientemente el agua, los fertilizantes. La producción que se obtiene es suficiente para el sostenimiento de la población actual y disminuye los riesgos considerablemente.

Para que las características de **ESTABILIDAD** del sistema prevalezcan, es necesario el establecimiento del control del crecimiento de la población humana para que los recursos existentes no sean sobreutilizados y esto se convierta en la causa principal de inestabilidad en el sistema.

- La fotointerpretación realizada, demostró que se tuvo un avance en la frontera agrícola del 2.4% durante 24 años, lo que representa un avance de 0.17% anual. Este ligero avance de la frontera agrícola se debe a la forma de tenencia de la tierra (Propiedad Privada) no existiendo terrenos sin propietarios hacia donde la agricultura podría ganar terreno.

- La pedregosidad y relieve del área ha contribuido a mantener el sistema, ya que la labranza mínima, es decir, la poca remoción del suelo ha ayudado a evitar la erosión al utilizar las labores manuales tradicionales.
- Las especies vegetales más utilizadas para el consumo animal fueron: Madre cacao, caulote, Laurel y San Andrés, cuyo contenido nutricional fue superior al Jaraguá (Pasto de la región).

En el análisis bromatológico, el Paraíso y Madre Cacao presentan un alto valor nutritivo y podrían ser una alternativa para la región, si se desea mejorar este componente del sistema.

- Los niveles de fertilidad de los suelos son aceptables y se han mantenido a través del tiempo, considerando que el método de rotación de uso del suelo es la actividad más importante que ha servido como mecanismo para lograr que la fertilidad del suelo se mantenga estable.

BIBLIOGRAFIA

1. DONAHUE, R. Et. al 1982 Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México.
2. FASSBENDER, W. BORNEMISZA, E. 1987. Química de Suelos con énfasis en Suelos de América Latina. San José de Costa Rica IICA.
3. FLORES MENDEZ J. 1985. Bromatología Animal. México ed. Limusa.
4. MONTALDO, P. 1982 Agro ecología del trópico americano, San José de Costa Rica IICA.
5. ORDOÑEZ, R. 1989. Diagnóstico general de la aldea Girones. Asunción Mita Jutiapa. EPSA Universidad de San Carlos.
6. SANCHEZ, P. 1981. Suelos del Trópico, San José de Costa Rica, CATIE.
7. SIMMONS, C. et. al. 1959. Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala.

BIOTECNOLOGIA

RESPUESTA DEL FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. PARRAMOS A LA INDUCCION DE CALLO Y MULTIPLICACION CELULAR IN VITRO

Héctor Ramazzini*

Domingo Amador*

Edgar Franco*



RESUMEN

En el presente trabajo se reporta la respuesta del frijol común cv. Parramos a la inducción de callos y a la multiplicación celular en cultivos en suspensión. En la inducción de callo se utilizó el medio basal de Murashige y skoog (MS) suplementado con diez combinaciones de auxinas: ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y ácido naftalenacético (ANA). Como explantes se utilizaron tejidos de embrión, cotiledón, hipocotilo y raíz. El medio suplementado con 3 mg/l fue el que favoreció en mejor forma la inducción de callo principalmente con explantes de hipocotilo; este callo presentó buen peso seco, buen grado esponjoso y ausencia de raíces por lo que fue utilizado en la fase de suspensión celular.

El objetivo de la suspensión celular fue evaluar el efecto de las auxinas en la multiplicación celular, utilizando el medio basal MS. Todos los tratamientos con 0.1 mg/l de 2,4-D, ANA y ácido indolacético (AIA) se comportaron estadísticamente iguales en la multiplicación celular. Los tratamientos suplementados con AIA y los testigos formaron agregados celulares con coloración verde y con tendencia a la organización.

* Profesores del Laboratorio de Cultivo de Tejidos, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos, Ciudad Universitaria.

I. INTRODUCCION

No existe conocimiento de la respuesta de las variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) que se cultivan en Guatemala a la aplicación de técnicas de cultivo de tejidos. Estas técnicas pueden ser de gran utilidad para complementar programas de mejoramiento. Las ventajas que se obtienen son: 1) se disminuye el tiempo y el costo necesario para formar nuevas variedades, 2) facilidad de manipulación *in vitro* de individuos potenciales y 3) ejercer presiones altas de selección. Lo anterior se ha demostrado en otros países en cultivos como el trigo.

La respuesta de cada uno de los genotipos al cultivo *in vitro*, es fundamental para tomar la decisión de incorporar esta técnica a programas de mejoramiento. Por eso en el presente trabajo se evalúa la respuesta a la inducción de callo de diferentes explantes de la variedad de frijol común Parramos y la respuesta a la multiplicación de células en medios de suspensión. Es sabido que el frijol no es un cultivo de importancia para países desarrollados y por lo consiguiente, ellos no tienen interés en su investigación; por ello son los investigadores de los países en donde es importante, los obligados a generar la información básica, que lleve a la utilización de las ventajas del cultivo de tejidos en los programas de mejoramiento.

II. OBJETIVOS

1. Evaluar el efecto de 10 combinaciones de auxinas, en la inducción de callo en cuatro explantes de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Parramos.
2. Evaluar la respuesta de cuatro explantes de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Parramos, a la inducción de callo.
3. Evaluar el efecto de tres auxinas en el cultivo en suspensión celular, partiendo de callos de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad Parramos.

III. MATERIALES Y METODOS

1 Fase de Inducción de callo:

- a) Como material experimental se utilizó la variedad de frijol negro Parramos, la cual es cultivada en el altiplano central de Guatemala.
- b) Se utilizaron trozos de tejido de embrión, cotiledón, hipocotilo y raíz.
- c) Se empleó el medio basal de Murashige y Skoog (MS) suplementado con diez combinaciones hormonales. Tabla 1.
- d) Las variables respuestas fueron: peso fresco del callo y consistencia del callo.

2 Fase de multiplicación celular:

- a) Se utilizó el medio basal MS suplementado con 0.1 mg/l de 2,4-D, ANA y AIA, respectivamente.
- b) Los callos con más alto peso seco, esponjosidad y ausencia de raíces fueron utilizados en esta fase.

- c) Los callos fueron desagregados con la ayuda de un bisturí y cultivados en medios líquidos.
- d) La variable respuesta fue el número de células por mililitro.

TABLA 1. Combinaciones de las auxinas 2,4-D y ANA, utilizadas en el estudio de inducción de callo en explantes de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) Var. Parramos.

NIVEL	Concentración de Auxinas mg./l	
	2,4-D	ANA
A1	1	0
A2	3	0
A3	5	0
A4	0	1
A5	0	3
A6	0	5
A7	2	1
A8	1	2
A9	3	2
A10	2	3

TABLA 2. Valores R_j calculados según la prueba de Friedman para las variables Friabilidad y Presencia de raíces.

Tratamiento			Friabilidad Rj	Rizogenesis Rj
Explante	Auxina mg/L			
	2,4-D	ANA		
Cotiledón	3	0	4.0	25.5
Hipocotilo	3	0	32.0	15.0
Hipocotilo	2	1	12.0	33.0
Embrión	1	0	16.5	10.5
Hipocotilo	3	2	14.0	28.5
Embrión	3	0	23.0	11.0
Embrión	2	1	16.5	19.5
Raíz	2	1	32.5	30.5
Raíz	3	2	32.5	25.5
Raíz	3	0	37.0	11.0

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1 Fase de Inducción de Callo:

La formación de callo se indujo estando presente el 2,4-D sólo o en combinación con ácido naftalenacético (ANA) *Tabla 2*.

Cuando la concentración de 2,4-D fue de 3 mg/l hubo formación de callo en los cuatro explantes utilizados, pero el grado de esponjosidad (Friabilidad) y la ausencia de raíces varió entre los explantes. El 2,4-D en concentración de 1 mg/l indujo callo solamente en el embrión presentando características intermedias de friabilidad y ausencia de raíces. El 2,4-D combinado con ANA en concentraciones de 2 y 1 mg/l respectivamente formó callo en los explantes de hipocotilo, embrión y raíz; mientras que la combinación de 3 mg/l de 2,4D + 2 mg/l de ANA indujo callo en los explantes, hipocotilo y raíz. Cuando ANA no se aplicó en forma combinada, la única respuesta que se obtuvo fue la formación de raíces.

2 Fase de multiplicación celular:

En esta fase el objetivo fue evaluar el efecto de las auxinas en la multiplicación celular, utilizando el medio basal MS. Las auxinas evaluadas fueron 2,4-D, ANA y AIA en concentración de 0.1 mg/l, además se utilizó un medio sin auxinas como testigo. Las suspensiones celulares se incubaron durante 22 días, bajo luz artificial, con fotoperíodo de 16 horas, en agitación constante de 120 rpm y 21°C de temperatura.

Los callos inducidos en el explante hipocotilo, en el medio que contenía 2,4-D 3 mg/l fueron seleccionados como material experimental para esta fase, tomando en cuenta su buen peso seco, buena friabilidad y ausencia de raíces.

Analizando el proceso de multiplicación celular durante 22 días se puede describir lo siguiente: el tratamiento testigo en los días del 1 al 7 tuvo poco incremento en el número de células por mililitro, aquí se consideró que las células estaban en la fase de adaptación a las condiciones del medio; luego del día 7 al 17 se incrementó considerablemente el número de células, estando el proceso en las fases exponencial y lineal; en el período del día 17 al 22 el número de células ya no se incrementó entrando el proceso a la fase estacionaria, fase en la cual la división celular se reduce provocando por agotamiento de nutrientes en el medio o la acumulación de algún deshecho celular que en cantidades altas se vuelve tóxico. *Figura 1*. Se puede inferir que las auxinas reducen el tiempo de adaptación de las células al medio de cultivo, esto se debe a que las auxinas son estimuladoras del crecimiento celular, parece ser que la auxina natural AIA fue la que presentó un mayor incremento de células en la fase de reposo, del día 2 al 7.

El tratamiento con 2,4-D fue el primero en llegar a la fase estacionaria al día 12, se incrementó con rapidez el número de células del día 2 al 12, esta alta actividad celular pudo haber provocado acumulación de algún producto tóxico. El segundo tratamiento en llegar a la fase estacionaria fue el que contenía ANA y lo hizo a partir del día 17, del período del 2 al 17 su incremento describió una línea recta. El tratamiento con AIA no llegó a la fase estacionaria en el período de análisis del proceso de multiplicación celular, pero el incremento celular fue mínimo entre los días del 12 al 22. Esto nos da una idea de que los nutrientes no se habían agotado en ningún tratamiento.

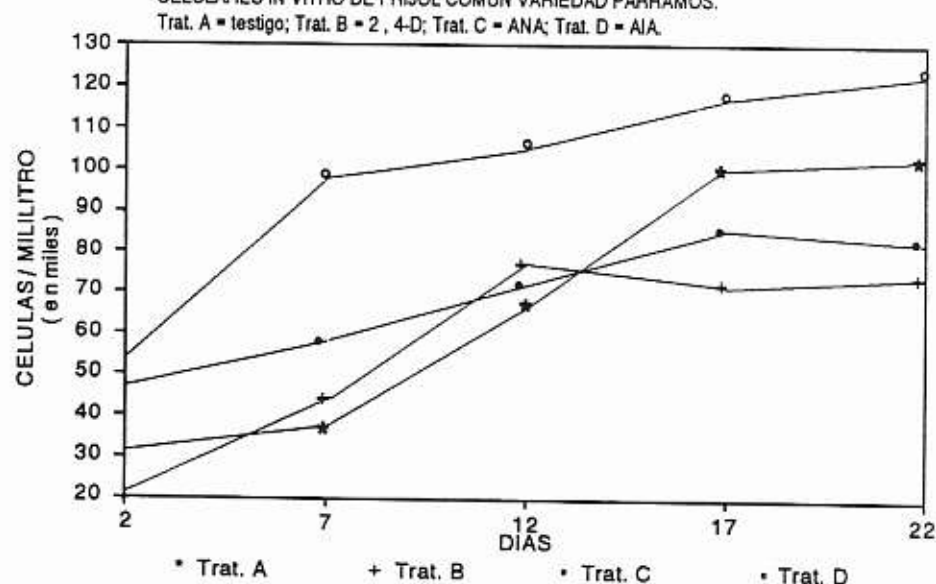
Una prueba discriminatoria de medias de Tukey al 5% de significancia, mostró no encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se puede multiplicar células de tejidos de frijol cv. Parramos sin utilizar reguladores de crecimiento en el medio de suspensión.

Se formaron agregados celulares con tonalidades de color verde en los tratamientos sin auxinas y en los tratamientos con AIA. Fueron en estos últimos tratamientos en donde se encontró tejido organizado pues algunos agregados formaron hojas y otros raíces, pero nunca se formó la planta completa. Esto agregados fueron transferidos a medios de regeneración conteniendo benciladenina y caseína hidrolizada, pero no respondieron.

IX. CONCLUSIONES

- 1 Las sales de Murashige y Skoog suplementado con 2,4-D en concentraciones de 1 y 3 mg/l es el tratamiento que más favorece la inducción de callo en explantes de hipocotilo del cultivo de frijol cv. Parramos. El embrión también produce buena cantidad de callo de buena friabilidad y sin raíces.
- 2 La auxina que más favorece la multiplicación celular es el ácido indolacético (AIA), las células forman agregados de coloración verde con tendencia a organizarse y aunque no existe diferencia significativa con los demás tratamientos.
- 3 Las auxinas reducen la fase de adaptación de las células en los cultivos en suspensión, siendo en orden de efectividad AIA, 2,4-D y ANA. El 2,4-D y el ANA presentan la desventaja de detener tempranamente la multiplicación celular.

FIGURA 1 EFECTO DE LAS AUXINAS SOBRE LA MULTIPLICACION CELULAR, EN CULTIVOS CELULARES IN VITRO DE FRIJOL COMUN VARIEDAD PARRAMOS.



X. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR, M.E.; 1988. Cultivo de tejidos en café, cacao y plátano. Turrialba C.R. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. 60 p.
2. ARIAS, O.; CROCOMO, O.; 1979. Influencia de la Arginina en la diferenciación de raíces en tejidos de frijol (*Phaseolus vulgaris*) cultivadas in vitro. Agronomía (C.R.) 3(2): 193-195.
3. CRONOMO, O.; PETERS, J.E.; SHARP, W.R. 1975. A Literatura Review and the requirements for growth of (*Phaseolus vulgaris*) in tissue culture. Arquitectura Biología Tecnología (BRA) 20:25-31.
4. DODDS, J.; ROBERTS, L. 1985. Experiments in plant tissue culture. New York, EE.UU. Cambridge University Press. 224 p.
5. EFFERSON, N.J.; 1987. Biotecnología la nueva revolución verde. Agricultura de las Américas (EE.UU.) 3(36):20-25.
6. EVANS, D. *et. al.* 1983. Handbook of Plant Cell Culture; techniques for propagation and breeding. New York, EE.UU. Macmillan Publishing Co. 770 p.
7. HURTADO, S.M.; MERINO, M.E. 1987. Cultivo de tejidos vegetales. Distrito Federal Mex. Trillas. 227 p.
8. LIAU, D.F.; BOLL, W.G. 1970. Callus and Cell Suspension culture of bush Bean (*Phaseolus vulgaris*) cv. contender J. Plant Botanica (Can) 48:1119-1130.
9. MARTINS, L.S.; SONSDAHL, M.R. 1984. Early Stages of Somatic Embryo Differentiation from callus cells of bean (*Phaseolus vulgaris*) Grown in Liquid Medium. J. Plant Physiol. (EE.UU.) 117:97-103.
10. OCHOA ALEJO, N.; 1990. Suspensiones celulares y regeneración de plantas de frijol. México IPN (Correspondencia personal).
11. PETERS, J.E.; CROCOMO, O.J.; SHARP, W.R. 1976. Efect of caffeine and nicotine on the callus growth and root morphogenesis of (*Phaseolus vulgaris*) tissue cultures Turrialba (C.R.) 26(4): 337-341.
12. SIRIWARDANA, S. 1987 Plant tissue culture methods international plant, Colorado EE.UU. Colorado State University. 62 p.
13. THORPE, T. A. 1981. Plant Tissue Culture, methods and applications in agriculture. New York, EE.UU. Academic Press. 300 p.
14. TONIN, G.S. *et. al.* 1981. Aminoacids in the callus Growth and root morphogenesis of bean (*Phaseolus vulgaris*) leaves cultured in vitro. Turrialba (C.R.) 31 (3):245-252.
15. TULMAN NETO, A. 1990. Cultivo de tejidos in frijol. Brasil CEBTEC. (Correspondencia personal).
16. VASQUES NARVAENZ J. 1983. Cultivo de tejidos en arroz (*Oryza sativa* L.) inducción de callo y regeneración de plantas. Arroz (Col.) 32:26-30.
17. VILLALOBOS, V.M. 1986. Fundamentos teóricos y prácticos del cultivo de tejidos vegetales. Chapingo Mex. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética, laboratorio de Biotecnología. 192 p.
18. 1988. Fundamentos teóricos y prácticos del cultivo de tejidos vegetales. Turrialba, C.R. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 211 p.
19. WEAVER, R.J. 1976. Reguladores del Crecimiento de las plantas en la agricultura. Traducido por Agustín Contin. México, D.F. Trillas. 622 p.

BIOTECNOLOGIA

ESTUDIOS CON ISOENZIMAS COMO MARCADORES GENETICOS EN PLANTAS*

Por Luis Mejía De León**



RESUMEN

Las técnicas electroforéticas, en combinación con métodos citohistológicos de coloración, permiten el estudio de varios sistemas enzimáticos, los cuales pueden ser utilizados como marcadores bioquímicos para revelar la información contenida en un gen. La aplicación de métodos cuantitativos a esta información permite a su vez el cálculo de diversos parámetros utilizados en la determinación de la estructura genética y reproductiva de una población natural. Los marcadores bioquímicos pueden ser de gran utilidad en diversos estudios relacionados con la colecta, conservación y utilización de los recursos fitogenéticos.

A. ANTECEDENTES

Desde su descubrimiento por Hunter y Markert en 1957, las isoenzimas han sido utilizadas para realizar estudios en diversos campos de la biología. Según la definición de Markert y Moller (1959) las isoenzimas son variantes de una misma enzima, que tienen, todas, función en un mismo individuo. En 1966, Harris, en humanos, y Lewontin y Hubby, en *Drosophila*, descubrieron altos niveles de polimorfismo genético a nivel de isoenzimas (Polimorfismo genético es la coexistencia de dos o más alelos comunes y de varios fenotipos en una población).

El anterior descubrimiento posibilitó por primera vez la cuantificación de la variabilidad genética en las poblaciones naturales. Desde entonces el uso de la isoenzimas como marcadores genéticos ha permitido obtener una visión más precisa de la genética de las poblaciones, así como de los procesos evolucionarios y de las relaciones fitogenéticas entre poblaciones.

* Ponencia presentada en el I SEMINARIO TALLER NACIONAL SOBRE TECNICAS ELECTROFORÉTICAS APLICADAS A LA SALUD, AGRICULTURA E INDUSTRIA. Universidad del Valle, septiembre 9-20, 1991.

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

El término aloenzima frecuentemente se emplea como sinónimo de isoenzima pero, en realidad, ambos términos son diferentes. Las aloenzimas son isoenzimas determinadas por el mismo locus genético. Por ejemplo, existen cinco grupos aloenzimáticos de las isoenzimas de malato deshidrogenasa (MDH) en el maíz (Goodman et. al. 1980).

Como las variaciones alélicas en la estructura genética se reflejan directamente en cambios en la movilidad electroforética de las proteínas, estando ésta determinada por la estructura y la carga molecular, el uso de marcadores bioquímicos presenta ventajas en comparación con el método basado en la evolución de caracteres morfológicos de naturaleza más compleja. Otras ventajas de los marcadores bioquímicos sobre los marcadores morfológicos son la independencia del efecto ambiental y la codominancia. Sin embargo, es necesario aclarar que no todos los cambios genéticos en el ADN, se reflejan en cambios a nivel proteico. Esto es debido fundamentalmente a la naturaleza redundante del código genético; diferentes sustituciones de base dan como resultado la síntesis de un mismo aminoácido y a que la sustitución de aminoácidos no necesariamente da por resultado cambios significativos en la estructura y carga eléctrica de la molécula (por ejemplo si la sustitución se da entre aminoácidos que tienen la misma polaridad). Por otra parte, los sistemas enzimáticos que pueden ser fácilmente estudiados representan una muestra pequeña, probablemente no representativa de la totalidad de los productos génicos en un organismo. En términos generales, las isoenzimas son especialmente útiles para comparaciones a nivel de especie y subespecie (Cuadro 1 del apéndice).

El método electroforético más utilizado es el horizontal en geles de almidón (Smithies, 1955). La principal ventaja de este método sobre el de geles de poliácridamida es el poder cortar una misma gel en varias rodajas las cuales pueden ser sometidas a diferentes mezclas de reacción específicas para la reacción de cada enzima (Shaw y Prasad, 1970; Harris y Hopkinson, 1976; Vallejos, 1983; Wendel y Weeden, 1990). Los sistemas enzimáticos mejor conocidos son los de las enzimas del metabolismo de la glucosa. Se conocen protocolos para más de 200 enzimas diferentes pero únicamente alrededor de 40 de tales protocolos son de utilidad en plantas y alrededor de 20 son los más utilizados (Cuadro 2 del apéndice). La localización subcelular, la estructura cuaternaria y la base genética de las enzimas son características conocidas y altamente conservadas lo cual permite la interpretación de los patrones de bandeo, llamados zimogramas (Gottlieb, 1981 y 1989, Weeden y Wendel, 1996).

B. APLICACIONES

A continuación se describen algunos estudios de genética de poblaciones vegetales en los que las isoenzimas utilizadas como marcadores, han encontrado una aplicación directa, son estos estudios relacionados: 1. con la determinación de la organización de la variación genética, 2. con la estructura reproductiva y 3. con la diversidad y distancia genética entre poblaciones.

- 1 **Estudios de organización de variación genética en poblaciones.** En este tipo de estudios la pregunta básica se refiere a los niveles de diversidad genética y a como esta variación esta distribuida dentro de las poblaciones. Los parámetros más utilizados son el porcentaje de loci polimórficos (P), el número de alelos por locus polimórfico (A_p) y la

proporción promedio de loci heterocigóticos por individuo es decir, la diversidad genética. La heterocigosidad (H) es la probabilidad de que dos alelos tomados al azar en una población sean diferentes. La heterocigosidad esperada se calcula directamente a partir de las frecuencias alélicas para corregir desviaciones del apareamiento al azar ($H = 1 - \sum P_i^2$). El Cuadro 3 del apéndice presenta una comparación entre los niveles de variación alozímica en poblaciones de plantas leñosas tropicales y de otras especies vegetales.

- 2 **Estudios sobre estructura reproductiva.** El sistema reproductivo de apareamiento es un factor estrechamente asociado con los niveles de variación genética. El uso de modelos, en los que se emplea como parámetro la forma como se transmiten genes marcadores de una generación a otra, permite realizar un análisis cuantitativo de los sistemas reproductivos (Brown, 1990). El Cuadro 4 del apéndice presenta los resultados obtenidos por Hamrick y Murawski (1990) en ocho especies de árboles tropicales. Comparando situaciones extremas, Hughes y Richards (1988) estudiaron la estructura genética en poblaciones de *Taraxacum* tanto de reproducción sexual como asexual (Cuadro 5 del apéndice). En este estudio se confirman las expectativas teóricas de que las especies sexuales alógamas sean polimórficas, heterocigóticas y altamente diversas; y a su vez que las especies sexuales autógamas muestren bajo polimorfismo, sean homocigóticas y no-diversas; y que las especies agamospérmicas (que se reproducen asexualmente, pero por semilla) sean polimórficas, altamente heterocigóticas, pero con una diversidad genética muy baja.
- 3 **Diversidad y distancia genética entre poblaciones.** Para medir la diversidad genética entre poblaciones puede utilizarse la estadística G_{ST} de Nei (1973). Para cada locus polimórfico se calcula la diversidad genética total (H_T) y la diversidad promedio dentro de las poblaciones (H_S), $H_T = (H_S + D_{ST})$. La diversidad genética entre poblaciones (D_{ST}) se relaciona con la diversidad total (H_T) para determinar la proporción que corresponde al componente entre poblaciones (G_{ST}) ($G_{ST} = D_{ST}/H_T$). El Cuadro 6 muestra algunos valores de diversidad genética dentro y entre poblaciones de plantas tropicales obtenidos por Loveless y Hamrick (1987). En este caso los valores de G_{ST} son relativamente bajos (0.050) lo cual indicaría que las diferentes poblaciones de las especies estudiadas son genéticamente similares y no muestran una clara diferenciación, esto a su vez indicaría una alta conosidad de dispersión de genes.

La identidad genética (I) (Nei, 1972) es también utilizada como una medida de similitud y divergencia entre poblaciones. Este valor puede variar de 0.0 a 1.0; ningún alelo en común produciría un valor de 0.0 mientras que los mismos alelos en las mismas frecuencias produciría un valor de 1.0. Las poblaciones que pertenecen al mismo taxon generalmente son muy similares en isoenzimas con valores de identidad mayores de 0.90. La identidad genética entre diferentes especies es alrededor de 0.67 (Gottlieb, 1981). El logaritmo negativo de este valor es la distancia genética ($D = -\log(I)$) (Nei, 1975). La distancia genética es una estimación de la probabilidad de que alelos del mismo locus escogidos al azar en diferentes poblaciones sean idénticos por descendencia; es entonces una medida de parentesco entre dos poblaciones. El valor promedio de D entre diferentes especies vegetales es de 0.40 (Gottlieb, 1981), lo cual indica que como pro-

medio han ocurrido 40 cambios detectables por 100 loci durante la evolución separada de dos especies cualesquiera. Las similitudes y diferencias en frecuencias alélicas pueden ser representadas de una manera más clara, en una, dos o tres dimensiones, mediante el análisis de la información por medio de técnicas estadísticas multivariadas o el análisis "cluster".

C. CONCLUSIONES

Las técnicas electroforéticas y el estudio de las isoenzimas como marcadores en las poblaciones naturales constituyen una metodología de uso relativamente fácil en nuestro medio y de largos alcances por sus diversas implicaciones en diferentes campos tales como genética de poblaciones, biología reproductiva, evolución y fitomejoramiento.

En el estudio de nuestros recursos fitogenéticos, los marcadores bioquímicos permiten complementar las observaciones morfológicas en la determinación de los intervalos de variación genética en una especie. Si además, como se ha propuesto (Nevo, 1987), existiera efectivamente una estructuración geográfica de la variabilidad genética, el uso de las isoenzimas podría permitir la sistematización, y aumentar considerablemente la eficiencia de las estrategias de muestreo, conservación y utilización de las plantas nativas, algunas de ellas en proceso de desaparición.

APENDICE

Cuadro 1. Caracteres proteícos y su utilización en taxonomía vegetal.

Carácter	Ejemplos	Aplicación taxonómica
Secuencia de amino-ácidos	Citocromo c, platocianina y ferredoxina en hojas	Técnicamente difícil, muy pocas moléculas han sido analizadas, potencialmente importante
Variación en sub-unidades	Fracción I en hojas	Valioso en la identificación de híbridos interespecíficos
Isoenzimas	Extractos de semillas y plántulas	Util a nivel de especie y subespecie
Reacción serológica	Fracción proteica total o proteína de reserva en semilla	De mayor utilidad a nivel de familia u orden
Proteína de reserva	Proteínas en semilla o en polen	Util a nivel de especie y genero

[Adaptado de Harborne y Turner (1984).]

Cuadro 2. Número, y estructura de subunidades de algunos sistemas isoenzimáticos utilizados en estudios con plantas.

Enzima	Abreviación	Número de Isoenzimas	Localización subcelular*	Estructura cuaternaria
Alcohol deshidrogenasa EC 1.1.1.1	ADH	1-3	c	dímero
Fosfatasa ácida EC 3.1.3.2	ACP	2-4	v	monómero, dímero
Esterasa EC 3.1.1	EST	2-10	c	monómero dímero
Glutamato oxaloacetato transaminasa EC 2.6.1.1	GOT	4	v	dímero
Isocitrato deshidrogenasa EC 1.1.1.42	ICD	1	c	dímero
Leucina aminopeptidasa EC 3.4.1	LAP	2	?	monómero
Malato deshidrogenasa EC 1.1.1.37	MDH	3	c,mt,mc	dímero
Enzima málica EC 1.1.1.40	ME	1	c	tetrámero
Fosfogluconato deshidrogenasa EC 1.1.1.44	PGD	2	c,p	dímero
Superoxido dismutasa EC 1.15.1.1	SOD	3	c,p,mt	dímero

* Abreviaciones para compartimiento subcelulares: c= Citosol, p = Plastidio, mt = Mitocondria, mc = Mitocondrio y v = Variable, EC = número electro químico (nomenclatura internacional).

Fuente: Gottlieb, 1981; Weeden y Wendel, 1990]

Cuadro 3. Comparación de niveles de variación aloenzímica encontrados en plantas tropicales leñosas comparados con otros grupos de plantas.

	Número de Taxa	P	A	H
Angiospermas tropicales leñosas	29	27.6	1.45	0.111
Especies mixtas de plantas	113	36.8	1.69	0.141
Dicotiledoneas	74	31.2	1.46	0.113
Arboles coníferos	20	67.7	2.29	0.207

P: Porcentaje de loci polimórficos

A: número de alelos por locus (promedio)

H: Heterocigosidad promedio

[Fuente: Hamrick y Loveless, 1986.]

Cuadro 4. Tasas de alogamia y variación en frecuencias alélicas en polen entre árboles maternos (Fst) para ocho especies de árboles tropicales. A, M y B indican densidades relativas alta, moderada y baja.

Especie	No. árboles	No. loci	Tasa de alogamia (t)	Intervalo de densidad poblacional	Fst
<i>Beilschmiedia pendula</i>	14	3	0.98	MA	0.064
<i>Brosimum Alicastrum</i>	9	7	0.876	B	0.170
<i>Cavanillesia plantanifolia</i>					
1987	16	4	0.569	B	
1988	11	5	0.347	B	
<i>Platyopodium elegans</i>	7	10	0.921	MB	0.163
<i>Quararibea asterolepsis</i>	27	5	1.008	M	0.098
<i>Sorocea Affinis</i>	8	5	—	MA	0.104
	7	5	—	A	0.083
<i>Tachigali Versicolor</i>	23	2	0.937	B	0.108
<i>Trichilia tuberculata</i>	17	3	1.077	A	0.082

Fst: Heterogeneidad en frecuencias alélicas en polen para cada especie y locus entre árboles maternos (Wright, 1951)

$$= s^2 / \pi (1 - \pi)$$

s^2 : Variancia en frecuencia alélica del polen recibido por árboles maternos.

π : frecuencia media de iesimo alelo en la población.

[Fuente: Hamrick y Murawski, 1990.]

Cuadro 5. Comparación de varios parámetros de variación genética entre grupos de *Taraxacum* con diferentes sistemas reproductivos.

	P	Het	A	G	No. de especies	No. de poblaciones
<i>Alogamas diploides</i>	46	0.16	1.5	0.96	1	3
<i>Autogamas diploides</i>	20	0.01	2.3	0.85	4	6
<i>Agamospermas poliploides</i>	38	0.35	1.4	0.09	3	3

P: porcentaje de loci polimórficos

Het: frecuencia de heterocigotas

A: número promedio de alelos por locus

G: diversidad genotípica

[Fuente: Hughes y Richards, 1988.]

Cuadro 6. Estadísticas de la diversidad genética dentro y entre poblaciones de plantas tropicales. Los valores están basados en los loci polimórficos

Especie	H _T	H _S	G _{ST}
<i>Acalypha diversifolia</i>	.378	.344	.094
<i>Sorocea affinis</i>	.322	.307	.047
<i>Quararibea asterolepis</i>	.374	.365	.021
<i>Swartzia simplex</i> var. <i>ochracea</i>	.358	.337	.035
<i>Psychotria horizontalis</i>	.290	.277	.039
<i>Alseis blackiana</i>	.432	.412	.043
<i>Hybanthus prunifolius</i>	.351	.335	.041
<i>Rinorea sylvatica</i>	.318	.286	.083
Valores medios	.352	.333	.050

H_T: diversidad genética total media dentro de la especie

H_S: diversidad media dentro de las poblaciones

G_{ST}: diversidad relativa entre las poblaciones o coeficiente de diversidad genética

[Fuente: Loveless y Hamrick, 1987.]

D. BIBLIOGRAFIA

- Brown, A.H.D. 1990. Genetic characterization of plant mating systems. En Brown, A.H.D., M.T. Clegg, A.L. Kahler y B.S. Weir (Eds.), *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources*. Sinauer Associates Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts. 145-162.
- Goodman, M.M., C.W. Stuber, C.N. Lee, y F.M. Johnson. 1980. Genetic Control of malate dehydrogenase isozymes in maize. *Genetics* 94:153-168.
- Gottlieb, L.D. 1981. Electrophoretic evidence and plant populations. *Progress in Phytochemistry* 7:1-46.
- Gottlieb, L.D. 1989. Evidencia y aplicaciones de isoenzimas en poblaciones vegetales. Seminario Taller Biotecnología y Las Ciencias Agrícolas, Avances y Aplicaciones. REDCA, Guatemala. 20-34.
- Harborne, J.B. y B.L. Turner. 1984. *Plant Chemosystematics*. Academic Press, New York.
- Hamrick, J.L. y D.A. Murawski. 1990. The breeding structure of tropical tree populations. *Plant Species Biol.* 5:157-165.
- Harris, H. 1966. Enzyme polymorphism in man. *Proc. Roy. Soc. Ser. B* 164:298-310.
- Harris, H. y D.A. Hopkinson. 1976. *Handbook of Enzyme Electrophoresis in Human Genetics*. North Holland, Amsterdam.
- Hughes, J. y A.J. Richards. 1988. The genetic structure of populations of sexual and asexual *Taraxacum* (dandelions). *Heredity* 60: 161-171.
- Hunter, R.L. y C.L. Markert. 1957. Histochemical demonstration of enzymes separated by zone electrophoresis in starch gels. *Science* 125:1294-1295.
- Lewontin, R.C., y J.L. Hubby. 1966. A molecular approach to the study of genetic heterozygosity in natural populations. II. Amount of variation and degree of heterozygosity in natural populations of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 54:595-609.
- Loveless, M.D. y J.L. Hamrick. 1987. Distribución de la variación en especies de árboles tropicales. *Rev. Biol. Trop.* 35 (Supl. 1):165-175.
- Markert, C.L., y F. Moller. 1959. Multiple forms of enzymes: tissue, ontogenetic and species specific patterns. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 45:753-763.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *Amer. Naturalist* 106:283-293.
- Nei, M. 1975. *Molecular populations genetics and evolution*. North Holland, Amsterdam.
- Nevo, E. 1987. Plant genetic resources: prediction by isozyme markers and ecology. *Isozymes: Current Topics in Biological and Medical Research* 16:247-267.
- Shaw, C.R. y R. Prasad. 1970. Starch gel electrophoresis of enzymes-A compilation of recipes. *Biochem. Genet.* 4:297-320.
- Smithies, O. 1955. Zone electrophoresis in starch gels: group variation in the serum proteins of normal human adults. *Biochem. J.* 61:629-641.
- Vallejos, C.E. 1983. Enzyme activity staining. En Tanksley, S.D. y T.J. Orton (Eds.). *Isozymes in Plant Genetics and Breeding (Part A)*. Elsevier, Amsterdam. 469-516.
- Wendel, J. F. y N. F. Weeden. 1990. Visualization and interpretation of Plant Isozymes. En Soltis, D.E. M.P.S. Soltis (Eds.). *Isozymes in Plant Biology*. Dioscorides Press, Portland, Oregon. 5-45.
- Weeden, N. F. y J. F. Wendel. 1990. Genetics of Plant Isozymes. En Soltis, D.E. y P.S. Soltis (Eds.). *Isozymes in Plant Biology*. Dioscorides Press, Portland, Oregon. 46-72.
- Wright, S. 1951. The genetical structure of populations. *Ann. Eugenics* 15:323-354.

BIOTECNOLOGIA

RESPUESTA DEL FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.) c.v. QUINACK CHE A LA INDUCCION DE CALLO Y REGENERACION DE PLANTAS

Juan Alvarado Gómez*
Domingo Amador*
Edgar Franco*



RESUMEN

Estudiando la respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a la inducción de callo y regeneración de plantas, se determinó que cuando tejidos de hipocotilo fueron cultivados en el medio basal de Murashige y Skoog (MS) suplementado con ácido naftalenacético (ANA) 5 mg/l más 0.5 mg/l de N-6-fur-furilaminopurina (Kinetina) mostraron la mejor respuesta en cuanto a inducción de callo, asimismo, ocurrió cuando tejidos de raíz fueron inoculados en el medio basal de Gamborg et al. (B5) suplementado con ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,5-D) 0.1 y 0.5 mg/l más kinetina 0.5 mg/l. No fue posible regenerar plantas a partir de callo, pero se observó la formación de puntos verdes de regeneración en aquellos callos procedentes de tejidos del embrión cultivado en el medio basal MS suplementado con ANA 1 mg/l más bencilaminopurina (BAP) 0.5 mg/l.

* Profesores del Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala.

I. INTRODUCCION

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es importante en la dieta alimenticia de la población guatemalteca. No obstante lo trascendental del cultivo, aún no existen variedades satisfactorias a las exigencias de los agricultores. Los avances del cultivo de tejidos en otras especies vegetales confiere la posibilidad que el cultivo *in vitro* sea utilizado en los programas de mejoramiento del frijol. Para la aplicación con éxito de esta técnica, es imprescindible evaluar explantes y medios de cultivo para inducir callo y regenerar plantas. La investigación se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. El estudio comprendió las fases: inducción de callo y regeneración de plantas. En la inducción de callo se evaluaron tejidos de embrión, raíz e hipocotilo y medios de cultivo. Los medios fueron: Murashige-Skoog (MS) más seis combinaciones de ácido naftalenacético. (ANA) y N6 furfurilaminopurina (Kinetina) y Gamborg (B5) más seis combinaciones de 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y kinetina. En la regeneración se evaluaron los callos en cinco medios de regeneración para cada medio base.

II. OBJETIVOS

- 1 Evaluar diferentes medios de cultivo para la inducción de callo y regeneración de plantas en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.).
- 2 Estudiar la respuesta de los explantes provenientes de embriones, raíces e hipocotilos a la inducción de callo y el comportamiento de estos callos en la regeneración de plantas de frijol cv. Quinack Che.

III. MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Cultivos Vegetales, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. Se emplearon los siguientes materiales y metodologías en la fase de inducción de callo.

- a) Medios basales: Murashige-Skoog (MS) y Gamborg *et al* (B5).
- b) Combinaciones de reguladores del crecimiento: ANA (ácido naftalenacético,) kinetina (N6 furfurilaminopurina) y 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacético). Tabla 1.
- c) Se emplearon explantes de embrión, raíz e hipocotilo.
- d) Se utilizó tres cajas de petrí por unidad experimental, cada caja contenía cinco explantes. Cinco repeticiones por tratamiento.
- e) Se prepararon e inocularon los tejidos. Las semillas seleccionadas se lavaron, luego se esterilizaron con 1.1% de hipoclorito de sodio/20 minutos, en seguida se lavó el cloro con agua destilada, las semillas se dejaron en remojo durante 24 horas, por último se volvieron a esterilizar y se extrajeron los embriones para inocularlos en los medios de cultivo. Las raíces e hipocotilos se obtuvieron de plántulas de tres días en germinación sobre agar, debidamente esterilizados.
- f) Los cultivos se colocaron en un cuarto de incubación en un fotoperíodo de 18 horas luz y 6 horas de oscuridad.

TABLA 1. Combinaciones hormonales utilizadas con los medios basales de Murashige y Skoog (MS) y Gamborg *et al.* (B5) con la finalidad de inducir callo en frijol cv. Quinack Che.

Medio basal	Combinaciones hormonales (mg/l)	
Murashigue y Skoog (MS)	ANA	Kinetina
	0.5	0.5
	0.3	0.5
	5.0	0.5
	0.5	3.0
	3.0	3.0
	5.0	3.0
Gamborg <i>et al.</i> (B5)	2,4-D	Kinetina
	0.1	0.5
	0.5	0.5
	1.0	0.5
	0.1	0.5
	0.1	1.0
	0.5	1.0
	1.0	1.0

- g) Las variables respuestas fueron: Callos inducidos, peso fresco y consistencia de los callos. Callos con puntos verdes (fase regeneración plantas).
- h) Método de análisis. Análisis de varianza y prueba de Turkey. Prueba Q de Cochran a la variable consistencia de los callos.

Fase de regeneración de plantas. Los callos obtenidos en los medios basales MS y B5 se inocularon en los medios de regeneración siguiendo la metodología que se describe a continuación:

- Se usaron los medios basales MS, MS5, RB y B5. Ver tablas 2 y 3.
- Se utilizaron las combinaciones hormonales descritos en las tablas 2 y 3.
- Se usaron callos originados en los medios basales MS y B5.
- Se utilizó un frasco/unidad experimental, tres callos/frasco, 3 repeticiones por tratamiento.
- Las condiciones de cultivo fueron iguales a las de la primera fase.
- La variable respuesta fue: Porcentaje de callos con puntos verdes.
- Se hicieron subcultivos para desarrollar puntos verdes.

TABLA 2. Medio basal y combinaciones hormonales que constituyeron el medio de regeneración a donde fueron transferidos los callos inducidos en el medio basal MS.

Medio basal	Combinaciones hormonales (mg/l)
MURASHIGE Y SKOOG	a) Sin Hormonas
	b) 8 mg/l AIA + 0.5 mg/l Kinetina
	c) 1 mg/l ANA + 0.5 mg/l.
	d) 1.9 mg/l AIA + 1 mg/l ANA + 0.19 mg/l kinetina + extracto de 1/4 de semilla hervida de frijol.
	e) 8 mg/l AIA + 0.5 mg/l BAP + 0.1 mg/l ácido giberélico.

AIA = ácido indolacético.

TABLA 3. Medios basales y combinaciones hormonales que constituyeron los medios de regeneración a donde fueron transferidos los callos inducidos en el medio B5.

Medio basal	Combinaciones hormonales (mg/l)
RB	1 mg/l picloram + 4 mg/l benciladenina + 0.1 mg/l IBA
B5	2 mg/l AIA + 1 mg/l BAP + 0.1 mg/l ácido giberélico.
MS	1.96 mg/l AIA + 0.19 mg/l kinetina + 1 mg/l ANA + extracto de 1/4 de semilla cruda de frijol.
MS5	0.18 mg/l ANA + 2.25 mg/l benciladenina
MS5	2.25 mg/l benciladenina

RB = medio basal designado

MS5 = medio basal MS + vitaminas del medio B5.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

1 Fase de Inducción de callo

1.1 Inducción de callo en el medio MS:

La mayor cantidad de callos se produjo utilizando el hipocotilo como explante en un medio que contenía 5.0 mg/l de ANA y 0.5 mg/l de kinetina. El explante de hipocotilo fue el mayor rendimiento de callos (95.3%), pero muchos de éstos se formaron partir de raíces secundarias. El explante de raíz rindió 92.7% de callo. La producción de raíces secundarias ha sido reportado anteriormente (16).

El efecto del medio Nurashige-Skoog suplementado con la auxina ANA sola o combinada con otros citoquininas en cuanto a la inducción de callo en diferentes explantes de frijol fue reportado para otras variedades (16, 20, 28, 25 y 26). Una alta frecuencia en la formación de callo en el cultivar Riñón Morado y la inducción de callos grandes en explantes de hipocotilo fue obtenido por Ruiz y Peláez (26), estos resultados son similares a los efectos observados en la variedad Quinack Che, los cuales se muestran en la tabla 4.

TABLA 4. Prueba de Tukey para la interacción explantes X medios de inducción de callo que contenía el medio basal Murashige y Skoog, con un nivel de significancia del 5%.

Tratamiento ANA/KIN (mg/l)	Explante	Media producción callos $\sqrt{X}$	Producción de callo %
5.0/0.5	Hipocotilo	2.236 A	100.00
0.5/0.5	Raíz	2.189 A	97.89
0.5/3.0	Raíz	2.189 A	97.89
5.0/3.0	Raíz	2.189 A	97.89
3.0/0.5	Hipocotilo	2.189 A	97.89
3.0/3.0	Hipocotilo	2.189 A	97.89
5.0/3.0	Hipocotilo	2.189 A	97.89
5.0/0.5	Embrión	2.142 A	95.79
5.0/3.0	Embrión	2.142 A	95.79
3.0/0.5	Raíz	2.142 A	95.79
3.0/0.5	Raíz	2.142 A	95.79
0.5/3.0	Hipocotilo	2.142 A	95.79
0.5/0.5	Hipocotilo	1.235 A	95.48
3.0/3.0	Embrión	2.088 A	93.38
5.0/0.5	Raíz	2.024 A	90.51
3.0/0.5	Embrión	1.841 A B	82.33
0.5/3.0	Embrión	1.829 A B	81.79
0.5/0.5	Embrión	1.439 B	64.35

Los tratamientos con igual letra son estadísticamente iguales. ANA = Acido naftalenacético; KIN = Kinetina (N6furfurilaminopurina).

1.2 Peso Fresco:

Los mayores pesos fresco se obtuvieron utilizando el embrión como explante y los menores pesos fresco producido en explantes de raíces. Mientras que en los medios de inducción, el mayor peso fresco se alcanzó en un medio que contenía 5.0 mg/l de ANA y 3.0 mg/l de kinetina, en tanto que el menor peso fresco fue obtenido en un medio conteniendo 0.5 mg/l de ANA y 0.5 mg/l de kinetina. Resultados análogos en cuanto a la eficiencia del medio basal MS más los reguladores del crecimiento ANA y kinetina para producir callos con pesos fresco altos han sido reportados en otras investigaciones (20, 28).

En el explante de embrión, tanto las raíces secundarias como los brotes formaron callos. Aunque no totalmente, sí influyeron en lograr mayores pesos fresco (promedio de 1.63 g). Mientras que los callos originados de explantes de raíces tenían poca cantidad de raíces secundarias y de formas delgadas, las cuales fueron quitadas con facilidad al pesar los callos, los de este tejido fueron pequeños, esto influyó en el peso bajo de 1.02 g. promedio. Un alto coeficiente de variación en los valores de la inducción de callos es normal en estudios de inducción de callo, esto es debido a que los tejidos de tipo calloso generalmente son heterogéneos (12).

1.3 Consistencia de los callos inducidos:

A los 15 días de cultivo los callos mostraron consistencia compacta, exceptuándose la interacción del embrión en el medio con 0.5 mg/l de ANA y 0.5 mg/l de KIN, el cual indujo callo esponjoso. Los callos presentaron coloración café claro y grandes, este comportamiento morfológico de los callos en diferentes tejidos provenientes de explantes de raíces, hipocotilos y cotiledones, han sido reportados anteriormente (8, 16, 28), lo cual concuerda con nuestros resultados. Los callos alcanzaron su máximo crecimiento entre los 10 y 15 días, pero Liau, Boll y Ramos (16, 23) reportaron que el máximo tamaño ocurría entre 1, 6, 8, 12 y 17 días de cultivo.

1.4 Inducción de callo en el medio B5:

El mayor número de callos se produjo empleando la raíz como explante en los medios que contenían 0.1 mg/l de 2,4-D y 0.5 mg/l de kinetina y el medio que contenía 0.5 mg/l de 2,4-D y 0.5 mg/l de kinetina. En general los mayores porcentajes 83% y 82.7% de callos se obtuvieron de explantes de embrión y raíz respectivamente y la menor cantidad 72% cuando se utilizó explantes de hipocotilo. Los efectos del medio basal Gamborg *et al* (5) suplementado con 2,4-D, sólo o combinado con otras citoquininas, ya han sido reportados para algunas variedades de frijol (23). La variedad Quinack Che se comportó diferente en este medio comparado con los efectos obtenidos en el medio basal MS suplementado con ANA y Kinetina. Se infiere que genéticamente la variedad se manifiesta ante determinado medio de cultivo, lo mismo ocurrió con los explantes, los cuales tuvieron comportamiento diferentes a la inducción de callo. El regulador del

comportamiento 2,4-D en el medio, favoreció eficientemente a la formación de callo. Los resultados de la inducción de callo en el medio basal B5 se presentan en la tabla 5.

1.5 Peso Fresco:

Los mayores pesos fresco se produjeron empleando la raíz como explante en los medios que contenían 0.1 mg/l de 2,4-D y 0.5 mg/l de kinetina; 0.5 mg/l de 2,4-D y 0.5 mg/l de kinetina y 0.1 mg/l de 2,4-D y 1.0 mg/l de kinetina. Los menores pesos también se obtuvieron de callos de raíz, en el medio que contenía 1.0 mg/l de 2,4-D y 0.5 mg/l de kinetina.

El efecto del 2,4-D sólo o en la presencia de otras citoquininas produjeron callos pequeños (26), esto coincide con nuestras observaciones aunque Mok (20) Y Crocomo *et al* obtuvieron callos grandes.

1.6 Consistencia de los callos inducidos:

Los medios que contenía el medio basal B5 suplementado con 2,4-D y kinetina produjeron callos esponjosos, color amarillo café, de tamaño regularmente pequeño, lo que coincide con resultados anteriores (16, 20, 23, 25, 26).

Las concentraciones más bajas y equilibradas de 2,4-D (0.1 y 0.5 mg/l) y kinetina (0.5 mg/l) fueron las más eficientes en cuanto a la inducción de callo en explantes de raíz, en las mismas concentraciones se alcanzaron los mayores pesos en callos de raíz. Mientras que las concentraciones más altas de ambos reguladores del crecimiento fueron ineficientes en la inducción de callos en explantes de hipocotilo. Los menores pesos frescos se obtuvieron en una mayor dosis de 2,4-D (1.0 mg/l) y en una menor concentración de kinetina (0.5 mg/l).

TABLA 5. Prueba de Tukey para la interacción explantes x medios de inducción de callo que contenía el medio basal Gamborg *et al*, con un nivel de significancia del 5%.

Tratamiento 2,4-D/KIN (mg/l)	Explante	Media Producción callo $\sqrt{X + 1}$	Producción callo %
0.1/0.5	Raíz	2.449 A	100.00
0.5/0.5	Raíz	2.449 A	100.00
0.1/0.5	Embrión	2.407 B	98.28
0.5/0.5	Hipocotilo	2.407 B	98.28
0.5/0.5	Embrión	2.364 C	96.52
1.0/1.0	Embrión	2.364 C	96.52
1.0/0.5	Hipocotilo	2.364 C	96.52
0.1/1.0	Raíz	2.317 D	94.61
1.0/0.5	Embrión	2.274 E	92.85
0.1/0.5	Hipocotilo	2.274 E	92.85
0.5/1.0	Hipocotilo	2.221 F	90.69
1.0/0.5	Raíz	2.199 F	89.79
0.1/1.0	Raíz	2.094 G	85.50
0.5/1.0	Embrión	2.084 G H	85.09
0.5/1.0	Raíz	2.077 G H	84.81
0.1/1.0	Embrión	2.067 G H	84.40
1.0/1.0	Raíz	2.056 H	83.95
1.0/1.0	Hipocotilo	1.229 I	50.18

Tratamiento con igual letra son estadísticamente iguales 2,4-D = 2,4-diclorofenoxiacético; KIN = Quinetina.

2 Fase de Regeneración de Plantas

2.1 Comportamiento de los callos originados en el medio MS:

Los callos originados de embrión produjeron 6.7% de callos con puntos verdes sobre el medio de regeneración con 1.0 mg/l de ANA y 0.5 mg/l de bencil aminopurina (BAP) en el medio basal MS. Se presentaron: callos fenolizados 26.7%, callos con presencia de raíces secundarias 22.2%, y callos con apariencia inicial 73.3%, a los 45 días de cultivo. Se observó más de un centro de regeneración por callo. En estudios anteriores se han reportado puntos verdes de regeneración y estructuras semejantes a embrioides en estado globoso y de torpedo (1, 3, 29, 30). En los callos originados de raíz e hipocotilo no hubo formación de puntos de regeneración.

En el segundo subcultivo las porciones de callos incrementaron su tamaño, tornándose en color verde pálido, excepto los inoculados en MS sin reguladores de crecimiento. Los puntos verdes sufrieron una ligera fenolización, por lo cual se transfirieron en el medio NS, pero no mostraron ningún desarrollo adicional (18). Este efecto en la variedad Quinack Che, fue observado también en otros cultivares por Crepy (9).

2.2 Comportamiento de los callos originados en el medio B5:

Los medios incrementaron el tamaño de los callos, esto concuerda con resultados obtenidos en presencia de 2,4-D en el medio donde se originaron los callos (10). Entre los 25 y 35 días, los callos se fenolizaron en un 95% y no ocurrió el desarrollo de centros de regeneración, probablemente debido a la presencia del 2,4-D en el medio en la cual se originaron los callos (20, 25).

V. CONCLUSIONES

- 1 La inoculación de explantes de hipocotilo en el medio MS más 5.0 mg/l de ANA y 0.5 mg/l de kinetina - constituye el tratamiento más eficiente para inducir callo. El medio B5 más 0.1 y 0.5 mg/l de 2,4-D y 0.5 mg/l de kinetina y el explante de raíz constituye otro tratamiento adecuado para inducir callo.
- 2 El medio MS más 5.0/3.0 mg/l de ANA/kinetina produjo callos con mayor peso. El embrión desarrolló callos con más peso fresco. El medio B5 más 0.1/0.5 mg/l de 2,4-D/kinetina y el explante de raíz produjeron callo con mayor peso.
- 3 Los callos producidos en MS más ANA y kinetina fueron de consistencia compacta. Los originados en B5 más 2,4-D y kinetina fueron de consistencia esponjosa.
- 4 La regeneración de plantas no fue posible, pero el medio MS más 1.0/0.5 mg/l de ANA/BAP, presentó centros verdes de regeneración.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALLAVENA, A. *et al.* 1987. Morphogenesis from immature cotyledons of *p. coccineus* and *P. vulgaris* cultured *in vitro* Milano, Italy, s.n. 12 p.
2. ; ROSSETTI, L. 1986. Micropropagations of bean *Phaseolus vulgaris* L.; effect of genetic, epigenetic and environmental factors. *Scientia Horticulturae* (Netherlands) 30:37-46.
3. 1983. Efforts in somatic embryogenesis of *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Horti* (EE.UU.) 131:239-246.
4. ANGELINI, R.R.; ALLAVENA, A. 1989. Plant regeneration from immature cotyledon explant cultures of bean (*Phaseolus coccineus* L.) *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* (Japón) 19:167-174.
5. BIDWEL, R.G.S. 1979. *Plant Physiology* 2ed. México. D. F., Macmillan Publishing. P. 75-477.
6. BIOINGENIERIA. PROMESAS Y TEMORES. 1985. *Visión* (Mex) 64(3): 6-14.
7. BREUER, R. 1985. Somatic embryogenesis in *Phaseolus vulgaris*. Boon, Federal Republic Of Germany, University of Bonn. 6 p.
8. CHATFIELD, J. M.; ARMSTRONG D.J. 1985. Regulation of Cytokinin oxidase activity in callus tissues of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Great Northern. *Hort Science* (EE.UU.) 23(5):493-499.
9. CREPY, L.; BARROS, L.M.; VALENTE, V.R. 1986. Callus productions from leaf protoplast of various cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Cell Report* (Japón) 5:124-126.
10. CROCOMO, O.J.; PETERS, J.B.; SHARP, W.R. 1975. A literature review and the requirements for grow of *Phaseolus vulgaris* L. in tissue culture. *Arquivos de Biologia e Tecnologia* (Bra.) 18:25-31.
11. 1976. Plantlet morphogenesis and the control of callus growth and root induction of *Phaseolus vulgaris* with the addition of a bean seed extract. *A. Pflanzenphysiol. Bd.* (Germany) 78:456-460.
12. HURTADO, M.; MERINO, M.E. 1987. Cultivo de tejidos vegetales. México, Trillas. 232 p.
13. JACOBSEN, H.J.; ULBRICH, B.; HERBER, S. 1988. Regulation of soluble auxin-binding protein in soybean cell suspensions. *Plant Cell Report* (Japón) 7:178-181.
14. KARTHA, K.K. *et al.* 1981. Plant regeneration from meristems of grain legumes: soybean, cowpea, peanut, chickpea and bean. *Can. J. Bot. (Can.)* 59:1671-1679.
15. KERN, H.R. *et al.* 1985. Correlation of cotyledonary node shoot proliferation and somatic embryoid development in suspension culture soybean (*Olycine max* L. Merr.). *Plant Cell Report* (Japón).
16. LIAU, D.F.; BOLL, W.G. 1970. Callus and cell suspension culture of bush bean (*Phaseolus vulgaris*). *Can. J. Bot. (Can.)* 48:1119-1130.
17. MARTINS, T.S.; SONDAHL, M.R. 1984. Multiple shoot formation from shoot apex cultures of *Phaseolus vulgaris* L. *J. Plant Physiol* (EE.UU.) 115:205-208.
18. , 1984. Early stages of somatic embryo differentiation from callus cell of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in liquid medium. *J. plant Physiol.* 117:97-103.

19. McCLEAN, P.; GRAFTON, K.E. 1988. Regeneration of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) via organogenesis. *Plant Science* (EE.UU.) 60:117-122.
20. MOK, M.C.; MOK, D.W. 1977. Genotypic responses to auxins in tissue cultures of *Phaseolus*. *Physiol. Plant.* (EE.UU.) 40:261-264.
21. ; ARMSTRONG, D.J. 1978. Differential cytolinin structures activity relationship in *Phaseolus*. *Plant Physiol.* (EE.UU.) 61:72-75.
22. MUÑOZ F., L. C. 1989. algunas metodologías experimentales autorizadas en el cultivo de tejidos. Colombia. CIAT. 18 p.
23. RAMOS O., G.A., 1983. Respuesta Morfológica de cultivo de tejidos de seis cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 53 p.
24. RUBLO A.; KARTHA, K.K. 1985. *In vitro* culture of shoot apical meristems of various *Phaseolus* species and cultivars. *J. Plant Physiol.* (EE.UU.) 119:425-433.
25. RUIZ, M.L. *et al.* 1986. *In vitro* culture of *Phaseolus* sp.: methodological aspects. Leon Spain, Universidad de León, Facultad de Biología. 2 p.
26. RUIZ, M.L.; PELAEZ, M.I. 1986. A comparative study of callus formation and plant regeneration from different explants of *Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus coccineus*. Berlin, Horn. p. 495-497.
27. SAKA, H. *et al.* 1980. Stimulation of multiple shoot formation on soybean stem nodes in culture. *Plant Science Letters* (EE.UU.) 19:193-201.
28. SHARP, W.R.; EVANS, D.A.; AMMIRATO, p.V. 1983. Handbook of plant cell culture; techniques for propagation and breeding. New York, McMillan Publishing. V. 2, p. 137-169.
29. SAUDERS, J.W.; HOSFIELD, G.L.; Levi, A. 1986. Morphogenetic effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) leaf explants *in vitro*. *Plant Cell Reports* (Japón) 6:46-49.
30. SCHIEREN, B.; JACOBSEN, H.J. 1987. *In vitro* regeneration in *Phaseolus vulgaris*. Bonn, Federal Republic of Germany, University of Bonn. 4 p.2

BIOTECNOLOGIA

INTERRELACIONES ENTRE ANGIOSPERMAS Y ANIMALES

Preparado por: Ing. Agr. M.Sc. Manuel de J. Martínez.



Krasilov (1977) dice que la diferenciación de angiospermas estuvo directamente relacionada con la malaización y otros procesos en el desarrollo de las Antófitas (Plantas que producen flores) del Ceno zoico (hace 65 millones de años). Uno de los aspectos importantes de interacción y adaptación ha sido la polinización y el desarrollo floral.

POLINIZACION

Los ancestros de las antofitas pudieron haber sido polinizados por medio del viento, lo cual requiere la liberación de grandes cantidades de polen en el aire, y es relativamente ineficiente en términos de energía gastada en polen o efectiva fecundación de óvulos.

Los insectos del orden coleóptera (tortuguillas, ronrones y otros) eran abundantes cuando las proangiospermas aparecieron y pueden haber sido los primeros animales polinizadores. Hoy en día ellos asisten con la polinización a *Magnolia*, *Drumys* y otro gran número de plantas que producen flores con características primitivas. Estos insectos pueden haber sido atraídos por las "cualidades nutritivas" del polen y por las gotas pegajosas de savia que eran exudadas del micrópilo de los óvulos. La polinización accidental por coleópteros proveyó un mecanismo de polinización más eficiente que la polinización al azar por el viento. Los insectos, tales como abejas y mariposas, los cuales hoy catalogamos como típicos polinizadores, no habían aun aparecido cuando las primeras angiospermas evolucionaron.

A través de selección natural, en las angiospermas ancestrales se desarrollaron adaptaciones que mejoraron la polinización. Esto se hizo más eficiente con el desarrollo de flores bisexuales con carpelos y estambres adyacentes. La recompensa, por la visita, era alimento, ya fuera néctar, polen, savia o tejidos, con lo cual las plantas que tenían más éxito eran las que más alimento proporcionaban.

Esta atracción exitosa de insectos podía tener consecuencias contraproducentes, los óvulos de las primitivas flores estaban probablemente expuestos en megasporófilos y estaban expuestos a diversos factores adversos, ya fueran climáticos o biológicos. Fue entonces, cuando los carpelos cerrados funcionaron como protectores de los óvulos contra esos factores. Ello propició que los óvulos pudieran ser más pequeños y más rápidos en su desarrollo. El ciclo más corto de vida y la reducción en los requerimientos de energía fue una ventaja bajo condiciones de estrés y sequía estacional, condiciones bajo las cuales las angiospermas tuvieron una ventaja sobre las Simnospermas y helechos verdaderos.

Antes de la evolución del "carpelo cerrado", cada óvulo colectaba su propio grano de polen por medio de la gota del micrópilo (coníferas). Después que el carpelo se cerró, la función colectora cambió de cada óvulo individual a una área estigmática central. Eventualmente durante la evolución de las plantas aparecieron un estilo y un estigma los cuales permiten que el polen germine a cierta distancia del óvulo.

Para el inicio de la era cenozoica, los registros fósiles muestran que insectos de más reciente aparición, tales como palomillas, mariposas, abejas, avispas y moscas, de los órdenes Lepidóptera, Hymenóptera y Díptera estaban sufriendo diversificación. El surgimiento de esos órdenes fue coincidente con la radiación de las plantas con flores, lo cual proveyó fuentes de energía para ellos, los que a su vez influyeron profundamente en la diversificación evolutiva de las Angiospermas.

Las Angiospermas pasaron por una transición de polinización promiscua por coleópteros no especializados a polinización de las flores. Por medio de la selección natural, muchas especies vegetales desarrollaron caracteres florales que se acomodaban a sus insectos visitantes. La evolución del cambio estructural en flores permitió una polinización más efectiva, y dio por resultado la producción de más plantas de su clase. La diversificación de las plantas con flores también causó selección natural en los insectos para caracteres adaptados a la visita de flores. Así. Hubo una influencia mutua de las plantas sobre los insectos y a la vez de los insectos sobre las plantas. La transferencia de polen por abejas, avispas, palomillas, mariposas, moscas, pájaros y murciélagos es considerada generalmente avanzada al compararla con la polinización secundaria por el viento ha reaparecido un número diferente de veces en familias no relacionadas como lo es el caso de los géneros *Ambrosia* (compositae) y *Juglans* (Jugladiaceae).

En todo el proceso la recompensa concomitante con la polinización por insectos siempre ha sido el "alimento". El polen fue probablemente la primera recompensa ya que para consumirlo se requieren mandíbulas como parte del aparato bucal y, además, porque posee un alto valor nutritivo.

En relación con la polinización entomófila podemos suponer lo siguiente:

"LA POLINIZACION POR INSECTOS PUEDE HABER PRECEDIDO A LA APARICION DE LAS ANGIOSPERMAS:

Para ello existen las siguientes evidencias de fósiles vegetales:

- a) Granos de polen grandes
- b) Complejos microsporangios similares a flores
- c) Tendencias hacia el incremento de tejido protector de los óvulos.

La condición biesporangida (óvulos separados del polen) pudo haberse desarrollado en respuesta a la "Presión selectiva".

En un principio las flores polinizadas por coleópteros fueron poco especializadas, existiendo dos tipos:

- 1) Flores grandes primitivas
- 2) Flores pequeñas agrupadas en inflorescencias

Las flores más evolucionadas desarrollaron modificaciones que las adaptaron a polinizadores especializados. Dichas modificaciones incluían olores característicos, mecanismos de defensa y especialmente modificación en la simetría floral. El patrón de la evolución de la simetría floral en angiospermas fue el siguiente:

Amórfico ———> Haplomórfico ———> Actinomorfo ———> Pleomorfo
 Estereomorfo ———> Zigomorfo.

En conclusión tenemos lo siguiente:

- a) La polinización por insectos puede haber precedido a la aparición de las angiospermas.
- b) Debe haber existido una evolución de los insectos que resultó en un incremento de su habilidad sensorial.

DISPERSION DE SEMILLAS

En el Cretáceo temprano (hace 90 millones de años), la dispersión de semillas de angiospermas probablemente ocurrió como consecuencia del movimiento de las poblaciones de grandes reptiles cerca de sus habitats. Luego, en el Mesozoico tardío, los pájaros y mamíferos reemplazaron a los reptiles, como principales agentes dispersantes de semillas. Hoy en día las plantas con flores tienen muchas adaptaciones que facilitan la dispersión de sus semillas. Algunos pájaros son atraídos por los frutos carnosos de bayas silvestres, y las semillas son esparcidas sobre grandes áreas después de pasar por el tracto digestivo de estos pájaros.

COEVOLUCION BIOQUIMICA

En algunos grupos de plantas con flores han evolucionado varias sustancias naturales tales como alcaloides, taninos, flavonoides, terpenos y enzimas como en las plantas aun insectívoras. Muchas de estas sustancias se les atribuye una función defensiva como que tienden a proteger a las plantas de ciertos herbívoros. Aún más, otras herbívoros pueden ser encontrados en asociación con estas plantas "protegidas". Erlich y Raven (1964), seleccionaron el término "coevolución" para referirse a cualquier situación en la cual en un par de organismos uno actúa como agente selectivo para el otro. De acuerdo a su teoría, las plantas y los insectos fitófagos han sufrido radiación adaptativa, paso a paso, con los grupos de plantas evolucionando defensas químicas nuevas y altamente especializadas contra los herbívoros y los herbívoros continuamente evolucionando medios para sobrepasar estas defensas.

Probablemente, parte del éxito evolutivo de las angiospermas, está ligado a las defensas químicas que dichas plantas han desarrollado. Erlich y Raven (1964) sugieren que "... la interfase planta-herbívoro puede ser la zona mayor de interacción responsable de generar la diversidad orgánica".

Los aceites de mostaza, características de la familia Cruciferae, (Brassicaceae), son tóxicos para muchos animales. Aún más, los aceites de mostaza volátiles atraen a otros herbívoros a plantas de dicha familia. Las mariposas blancas del gusano del repollo (Lepidoptera) que son vistos a menudo volando alrededor del repollo y brócoli, son guiados hacia ellos por los aceites de mostaza. Las larvas causan daños mayores a repollos cultivados. Dicho insecto es estimulado por las defensas químicas del repollo y usa los aceites de mostaza para localizar una planta huésped y depositar sus huevos. Presente en el género *Hypericum*, la hypericina química repele a casi todos los herbívoros. Una excepción es el género de ronrones *Crysolina*, el cual puede detoxificar la hypericina y usarla para localizar la planta huésped (Whitaker & Feeny, 1971).

De acuerdo a la teoría coevolucionista, no todos los herbívoros responderán a una defensa química en la misma forma. Por ejemplo, pruebas alimenticias de laboratorios con cinco especies de insectos y dos especies de mamíferos demostraron que una lactona sesquiterpénica ácida proveniente de *Vernonia* es un desalentador efectivo para algunos, pero no para todos los herbívoros (Burnett et al, 1974). Compuestos defensivos actúan como filtros, sirviendo de pantalla solamente a una porción de herbívoros potenciales (Burnett, Jones and Mabry, 1974).

Algunos productos vegetales naturales ingeridos por insectos les ayudan en la protección de dichos insectos contra predadores o patógenos microbianos. Por ejemplo, la mariposa monarca ingiere glucósidos cardíacos de plantas de matacaballo (*Asclepias*).

Estos venenos se acumulan en los estados larvales de dichas mariposas y son retenidos por los adultos. La ingestión de mariposas monarcas por azulejos ocasiona que se enfermen violentamente (Brower and Brower, 1964).

Los azulejos aprenden a reconocer las tóxicas y brillantemente coloreadas monarcas. En esta forma las monarcas adquieren protección contra los predadores usando los glucósidos cardíacos de la maleza matacaballo.

CONTENIDO

PRESENTACION

10 años de contribuir a la divulgación científico-tecnológica

FLORICULTURA

- Evaluación del efecto de horas frío, sustratos y tamaño de esqueje de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.) sobre el enraizamiento 1
José Francisco Girón Mayorga
Edgar Martínez Tambito
Carlos Fernández Pérez
Marco Tulio Aceituno

ECONOMIA AGRICOLA

- La importancia de los cultivos agrícolas en las unidades estatales de riego de la zona semiárida de Guatemala: una explicación microeconómica 17
Ariel Ortiz López
- Análisis económico de la superficie de producción de cebolla (*Allium cepa* L.) en función de la aplicación de nitrógeno y fósforo, en un suelo de la serie Cauque 21
Ariel Ortiz López

MEDIO AMBIENTE

- Bosques, ambiente y ambientalismo 27
Claudio Cabrera Gaillard

SILVICULTURA

- Estudio preliminar de las interacciones de los sistemas agrosilvo-pastoriles en 5 aldeas del bosque seco de Jutiapa, Guatemala 37
Marco Vinicio Fernández Montoya

BIOTECNOLOGIA

- Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Parramos a la inducción de callo y multiplicación celular in vitro 53
Héctor Ramazzini
Domingo Amador
Edgar Franco
- Estudios con isoenzimas como marcadores genéticos en plantas 59
Luis Mejía De León
- Respuesta del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Quinack Che a la inducción de callo y regeneración de plantas 67
Juan Alvarado Gómez
Domingo Amador
Edgar Franco
- Interrelaciones entre angiospermas y animales 79
Manuel de J. Martínez