



**CURSO
INTERNACIONAL
SOBRE CULTIVO
DE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.)
EN ZONA
DE LA LADERA
DE LA
REGION ANDINA**

Noviembre de 1992
Rionegro (Antioquia) Colombia

SB
327
.C 877

3277

CONVENIO

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA
CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT
COOPERACION TECNICA SUIZA, COTESU

PROYECTO DE FRIJOL PARA LA ZONA ANDINA

PROFRIZA

CURSO INTERNACIONAL SOBRE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.) EN ZONA DE LADERA
DE LA REGION ANDINA



COORDINADOR Y EDITOR:
JOSE HIRIAM TOBON CARDONA

Noviembre de 1992
Rionegro, Antioquia



BIBLIOTECA

117700
16 ENE. 1995

TABLA DE CONTENIDO

	Página
• Papel de los recursos genéticos de las leguminosas, caso frijol, en los sistemas de producción: Visión conceptual..... Mario Lobo Arias.	1
• Selección de parámetros y variables agroecológicas para la investigación en frijol..... Manuel José Rios B. y José Hiriam Tobón C.	5
• Sistema de manejo de cultivos..... Rogelio Lepiz.	27
• El manejo de cuencas hidrográficas y su relación con el cultivo de frijol..... Ernesto Anibal Alvarez Castrillón	37
• El frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) en los agroecosistemas de ladera de Nariño, Colombia..... Luis Obando Guerrero y Nestor F. Angulo R.	51
• Sistemas de cultivo maíz - frijol. Mejoramiento y prácticas agronómicas..... Jesús Antonio Rivera G.	65
• Las leguminosas en la asociación de cultivos en Colombia..... José Hiriam Tobón Cardona.	85

PRESENTACION

El frijol, *Phaeolus vulgaris*, especie de origen americano, es uno de los alimentos básicos de los pueblos de la zona andina desde épocas precolombinas. Esta especie se ha venido sembrando en el área, por parte de productores minifundistas, en sistemas de cultivos múltiples, correspondiendo un alto porcentaje de los mismos a áreas de ladera. La siembra en este tipo de agroecosistemas puede conducir, en algunos casos, a pérdida de la sostenibilidad de los suelos con degradación de los mismos, lo cual se deriva de un manejo inadecuado en la preparación, siembra y laboreo al igual que por contaminación derivada de la aplicación de agroquímicos que alteran el balance biológico de los ecosistemas.

En algunos países andinos, se ha realizado investigación y se han generado recomendaciones de manejo de este tipo de ecosistemas frágiles, la cual es importante dar a conocer entre productores e investigadores de la zona, por lo cual se organizó un curso de producción con la Cooperación técnica Suiza (COTESU), dentro del marco del proyecto de frijol de la Zona Andina (PROFRIZA), cuyas memorias se incluyen en la publicación presente.

MARIO LOBO ARIAS, Ing. Agr., Ph.D.
Coordinador Nacional Leguminosas, ICA
Actualmente: Coordinador Nacional de
Recursos Genéticos, CORPOICA.

**CURSO INTERNACIONAL
SOBRE EL CULTIVO DE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.)
EN ZONA DE LADERA
DE LA REGION ANDINA**

Noviembre 4 - 9 de 1992
Rionegro (Antioquia) Colombia

PAPEL DE LOS RECURSOS GENETICOS DE LAS LEGUMINOSAS, CASO FRIJOL, EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION VISION CONCEPTUAL

○
Mario Lobo Arias*

Los recursos genéticos, tanto de las leguminosas como de otras especies, se han empleado tradicionalmente en la creación de genotipos llamados "superiores", con base en mayor rendimiento y amplia adaptación, lo cual concuerda con el modelo productivista de la "Revolución verde". Bajo esta óptica se ha pretendido producir cultivares de alta capacidad de rendimiento con aplicación intensiva de insumos derivados, en especial de la industria petroquímica.

Al lado de este enfoque se ha mantenido un sistema de agricultura "artesanal", en el cual, en principio, se trabaja bajo el concepto de "cultivos múltiples", con aprovechamiento máximo del suelo, utilización de genotipos con mayor estabilidad que adaptación y, en el caso de las leguminosas de grano, como el frijol, con arquitectura de planta diferente a aquel del modelo productivista. Así, mientras en la búsqueda de altos rendimientos se procura introducir variedades de crecimiento determinado (arbustivas), en las siembras múltiples se utilizan genotipos de crecimiento indeterminado (volubles o trepadores), con períodos de cosecha prolongados lo cual da oportunidad de captación de buenos precios. Esta metodología se ha "contaminado" con el modelo productivista empleándose insumos en forma intensiva, lo cual ha traído como secuela: incremento en los costos de producción y contaminación del ambiente, con residuos de pesticidas, en oportunidades, para los consumidores.

En el caso del frijol, la producción del grano se realiza en Colombia principalmente

* Ing. Agrónomo, M.S., Ph.D. Jefe Nacional Genética ICA, Corpoica Centro de Investigación (C.I.) "La Selva". CORPOICA. AA 470, Rionegro, Antioquia - Colombia.

en la Zona Andina, en áreas de ladera, sembrándose en sistemas de cultivo múltiples, por parte de pequeños productores, lo cual tipifica la producción de la mayoría de los países de la zona andina. Lo anterior señala y en caso de precisarse el reemplazo de los cultivos sembrados por factores tales como: baja productividad, susceptibilidad a problemas de diversa índole, comportamiento inadecuado o errático de los genotipos empleados, la necesidad de utilizar enfoques que reemplazan el modelo productivista como son: eficiencia (disminución de costos de producción), sostenibilidad de la capacidad productiva de los suelos y minimización de los niveles de contaminación ambiental (disminución en el uso de agroquímicos).

Para el logro de lo anterior, los programas de producción de variedades podrían incorporar una serie de estrategias que se aparten del "productivismo" como son: rusticidad, resistencia a enfermedades e insectos, tolerancia a factores adversos, búsqueda de materiales eficientes en cuanto a la toma de nutrientes del suelo, entrega de materiales con altos niveles de estabilidad, esto es, buen comportamiento continuando en un mismo ambiente en lugar de amplia adaptación (lo cual se refiere a diversos lugares), siembra de diversos genotipos en una misma área, lo cual tiene efecto amortiguante sobre las epidemias por variabilidad genética y búsqueda de efectos de complementación en las especies incluidas en los diversos sistemas de producción empleados.

Lo expuesto se basa en una explotación adecuada del potencial genético existente, esto es, la biodiversidad presente en la especie frijol y taxones afines. En el orden de ideas expuesto, se ha considerado que las leguminosas son enriquecedoras del suelo y por lo tanto integrantes de sistemas de sostenibilidad dado el aporte de Nitrógeno que brindan al suelo; en el caso de frijol la fijación de este nutriente no ha sido tan clara, lo cual puede deberse a una alta especialización de genotipos de *Rhizobium* en la asociación con cultivares específicos, señalándose que la retribución del nutriente al suelo es menor en el caso de variedades arbustivas probablemente por períodos vegetativos cortos, lo cual da un punto a favor de la utilización de materiales de crecimiento indeterminado, los cuales son empleados comúnmente por lo productores de esta leguminosa en el área Andina. En esta región, cobra importancia el patrón radical de la planta (tipo de raíces) ya que un sistema bien ramificado contribuye al mantenimiento del suelo a menores pérdidas por erosión por tratarse de áreas de ladera. Al respecto, cabe anotar que, son pocos los estudios que se han ocupado de la morfología del sistema radical y de las posibles interacciones del mismo con el ambiente, existiendo algunos reportes de variabilidad en el mismo.

Otro aspecto importante es la resistencia a enfermedades e insectos; al respecto,

dentro del germoplasma del frijol común existen factores de resistencia a la mayoría de patógenos limitantes y en casos específicos como la mancha angular, causada por *Phoma exigua* var. *diversipora*, existen genes de resistencia en especies de acervo secundario del frijol como *Phaseolus coccineus* y *P. polyanthus*, los cuales podrían transferirse a la especie *P. vulgaris*. La resistencia a insectos no ha sido tan ampliamente estudiada como aquella de enfermedades, pero se han documentado casos de existencia y eventualmente es un nuevo campo que amerita esfuerzos en orden a disminuir pérdidas y costos por reducción en la aplicación de agroquímicos como componentes de sistemas de control integrado de plagas.

Para la producción de frijol, en sistemas de economía campesina, es importante aprovechar los genes de adaptación y/o estabilidad, presentes en los materiales locales, para combinarlos con factores de resistencia a patógenos mediante programas de retocruzamiento que busca mantener el genotipo básico de los agricultores o con otros genotipos de alta habilidad combinatoria, que no dañe el tipo de grano requerido, con los cuales se podrían producir recombinantes con niveles de productividad y/o resistencia a patógenos superiores a aquellos presentes en los progenitores (transgresión genética), siendo importante la aproximación productivista en zonas de rendimiento bajos, en los cuales, con las mismas prácticas de manejo pero con genotipos con mayor contenido de genes favorables para rendimiento, se puede incrementar la producción por unidad de área en una forma relativamente fácil.

El modelo anterior podría verse mejorado con la búsqueda de genotipos arbustivos de frijol que pueden sembrarse en forma intercalada entre los asociados y/o relevos de la misma especie, brindando producción adicional de grano y cobertura al suelo, factor este último, que tiene contenido conservacionista ya que las áreas de siembra de la leguminosa, como se anotó, están ubicadas, en gran parte en la zona de ladera.

El estudio de identificación de características genéticas relacionadas con la adaptación de los genotipos a sistemas de siembras múltiples, factores que se suponen están presentes en los materiales que los agricultores han venido sembrando en este tipo de arreglos, daría pautas a los programas cuyo objetivo es el desarrollo de cultivares para esta clase de agricultura, permitiendo además identificar, en la colección de germoplasma, los materiales que poseen el o los factores que están relacionados con buen comportamiento a nivel de siembras múltiples.

En la entrega de variedades y tratándose de pequeños productores, es deseable

la oferta múltiple de materiales para una zona, ya que: diversidad es sinónimo de no vulnerabilidad. La acción, para cumplir el postulado enunciado, puede complementarse con la implementación de programas de producción artesanal de semillas, cuyo éxito se basa en la renovación y entrega periódica de básicos a los productores.

Como se colige, de lo expuesto, el cumplimiento de metas, para los enfoques enumerados, depende de la existencia, utilización y conocimiento de la biodiversidad existente en la especie frijol y taxones relacionados que pueden suministrar genes a esta, existiendo un adecuado nivel de variabilidad, el cual se encuentra disponible tanto en colecciones internacionales (caso CIAT), como en diversos entes nacionales.

18.ENE. 1995.

SELECCION DE PARÁMETROS Y VARIABLES AGROECOLOGICAS PARA LA INVESTIGACION EN FRIJOL

Manuel José Ríos B.
José Hiram Tobón C. *at. Uva*

1. INTRODUCCION

Parámetro es la magnitud medible que permite presentar de forma más simple las características principales de un conjunto estadístico, o en otras palabras, es o son las características que describen una población. Una población puede ser descrita mediante dos parámetros, la media (medida de tendencia central) y la desviación estándar (media de dispersión).

Por otra parte, una característica medible de una unidad experimental es denominada **variable**.

La correcta selección y utilización de estos dos elementos en los experimentos al desarrollar una investigación puede acortar camino en la obtención de resultados confiables.

En el programa de investigación en frijol con los ensayos desarrollados fuera de los centros experimentales, la utilización de variables como localidad y rendimiento permiten obtener a través del parámetro de estabilidad y adaptabilidad, información del comportamiento de líneas y variedades de frijol que posteriormente sería utilizada para definir su multiplicación comercial.

* Ing. Agrónomos, M.S Grupo Multidisciplinario Leguminosas. ICA, Actualmente: Coordinadores de Investigación Agrícola y Sistemas de Producción. C.I. "La Selva". ICA-CORPOICA, AA 100. Rionegro - Antioquia. Colombia.

2. SITUACION DEL CULTIVO DE FRIJOL EN COLOMBIA

El área sembrada de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) en Colombia ha variado en la última década con ligeras fluctuaciones, presentándose su mayor extensión para el año de 1990 y una ligera disminución hacia 1991, hecho que ocasionó la importación de 15.000 toneladas en el año de 1992.

Los rendimientos promedios se han incrementado en un 28 por ciento en los últimos 10 años. Sin embargo, el consumo per cápita ha disminuido especialmente en las zonas urbanas del país; los datos más recientes dan un consumo de 3,7 kg/ persona/año.

La distribución del área sembrada teniendo en cuenta el hábito de crecimiento, se presenta así: 65 por ciento con frijol voluble y 35 por ciento con frijol arbustivo.

Los tipos volubles principalmente de hábito IV, se siembran en las zonas de clima frío (2.400 a 2.700 m.s.n.m) y frío moderado (1.800 a 2.400 m.s.n.m), siendo los sistemas más empleados el de asociación y/o relevo y en menor escala el monocultivo.

Los tipos arbustivos se siembran principalmente en las zonas cálidas (900 a 1.300 m.s.n.m) y medio (1.300 a 1.800 m.s.n.m zona cafetera) y un porcentaje bajo en las zonas de clima frío y frío moderado.

Predominan las variedades criollas nativas, generalmente de tipo "revoltura" con diferentes tipos de grano en cuanto a su forma y color y susceptibilidad a enfermedades (especialmente Antracnosis, Mancha Angular y Oidium, entre otras). Ríos (11)

Lo anterior ha hecho necesario el establecimiento de ensayos o pruebas regionales a nivel de campo de agricultor con líneas y/o variedades de frijol en diferentes localidades para la identificación de genotipos con características de grano comercial, buena adaptación y estabilidad a los ambientes probados; además, para la identificación de buenos y malos ambientes para el desarrollo y fomento del cultivo.

2.1 REGIONES Y DISTRIBUCION DE LAS ZONAS FRIJOLERAS

El cultivo de frijol en Colombia se encuentra distribuido así:

Región Andina	93	por ciento
Valles Interandinos	5,4	por ciento
Región Caribe	1,6	por ciento

2.2 CARACTERISTICAS AGROECOLOGICAS DE LAS ZONA PRODUCTORAS DE FRIJOL

Según Espinal (3) el país se puede dividir en un conjunto de regiones o zonas de vida, las cuales tienen un clima fijado por la temperatura (biotemperatura) en grados centígrados (promedio) y por la lluvia anual en milímetros (promedio) como se aprecia en la figura 1.

En Colombia se conocen todos los pisos altitudinales:

- Tropical (tierra caliente) 0 - 1.000 metros, más de 24°C
- Montano (tierra templada o cafetera) 1.000 - 2.000 metros, 24°C - 18°C
- Montano bajo (tierra fría) 2.000 - 3.000 metros, 18°C - 12°C
- Montano (sub-páramo) 3.000 - 4.000 metros, 12°C - 6°C
- Sub-alpino (páramo) 4.000 - 4.500 metros, 6°C - 3°C

El frijol se siembra en Colombia principalmente en los pisos premontano y montano bajo, que se caracteriza por las siguientes condiciones: figura 2.

- **Montano espinoso premontano (me - PM) (Tierra templ. muy seca):**

Los límites climáticos generales son: 18° - 24°C de temperatura media y precipitación 250 - 500 mm.

En las laderas se cultivan tabaco, maíz, caña de azúcar y en las vegas de los ríos se siembra yuca, maíz, frijol, tomate, tabaco y caña de azúcar; con regadío hay muy buenas cosechas. Comprende el cañón de Chicamocha abajo de Soatá (Boyacá) y el área de Capitanejo (departamento de Santander).

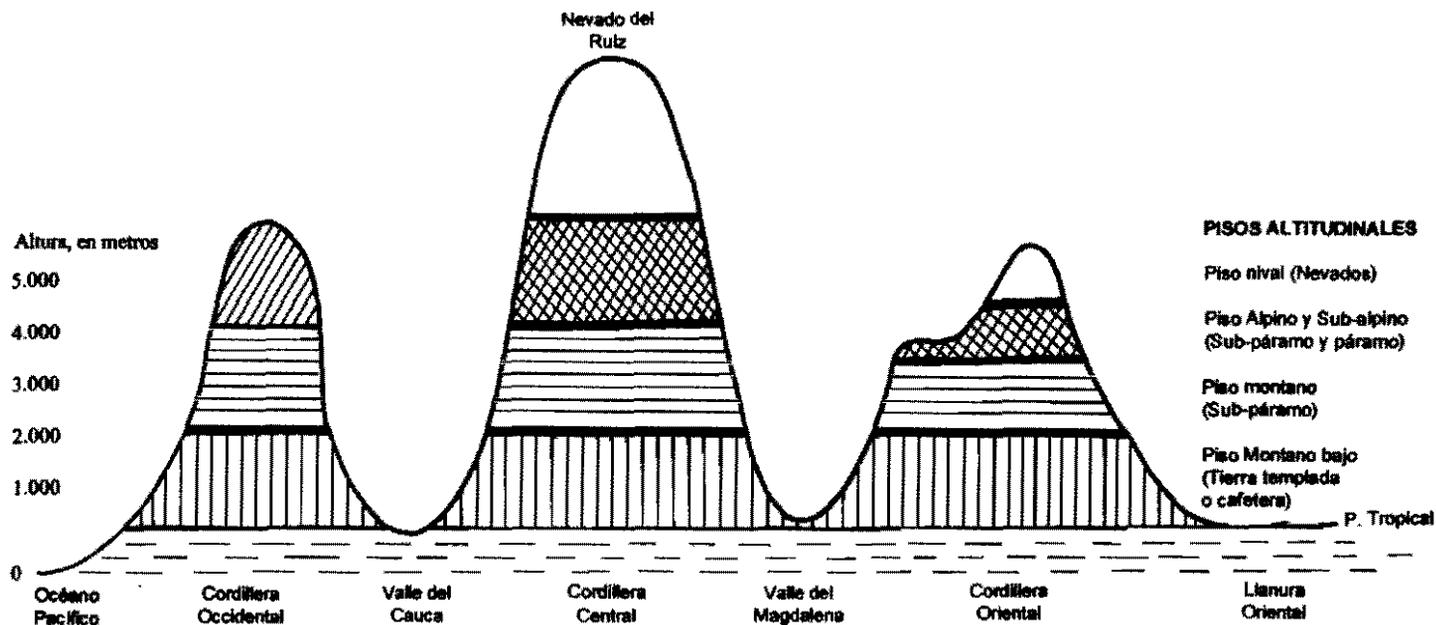


FIGURA 1. CORTE ESQUEMATICO DE LAS CORDILLERAS COLOMBIANAS. EQUIVALENCIA DE LOS PISOS DE HOLDRIDGE CON LA DENOMINACION COMUN DE LAS ZONAS (S.ESPINAL T.) (3)

- **Bosque seco premontano (bs - PM) (Tierra templada seca):**

Se observa en varias mesetas y gargantas interandinas en Norte de Santander, Boyacá, Cauca, Nariño, Cundinamarca, Valle y Santander.

Los límites climáticos generales con una temperatura media entre 18° - 24°C y un promedio anual de lluvias de 500 - 1.000 mm. Además de fríjol se tienen diversos cultivos. Con regadío hay buenas cosechas.

- **Bosque húmedo premontano (bh - PM) (Tierra cafetera húmeda):**

Estos terrenos hacen parte de la llamada zona cafetera y se encuentran en las montañas andinas, se observa en los departamentos de Antioquia, Boyacá y Cauca.

Los límites climáticos generales son: Temperatura media 18° - 24°C y un promedio anual de lluvias entre 1.000 - 2.000 mm.

El clima es suave, favoreciendo una elevada población humana en ciudades y campos. Además de café se tiene fríjol, hortalizas, maíz y frutales, entre otros cultivos.

- **Bosque pluvial premontano (bp - PM) (Tierra cafetera super húmeda):**

Se encuentran principalmente en las vertientes orientales de la Cordillera Oriental y vertientes occidentales de la Cordillera Occidental y hacia el río Magdalena en San Luis (departamento de Antioquia), Florencia (departamento de Caldas), Visolín (departamento de Santander).

Los límites climáticos generalmente son: Una temperatura media entre 18° - 24°C y un promedio anual de lluvias superiores a 4.000 mm.

En las zonas de menos precipitación siembran café, caña de azúcar, plátano, yuca y maíz. Por la alta precipitación debería permanecer en bosque.

- **Bosque seco montano bajo (bs - MB) (Tierra fría seca):**

En altiplanos o en cañones resguardados dentro de las cordilleras, aparece esta zona de vida en la Sabana de Bogotá, área de Tunja, Villa de Leiva, Duitama y

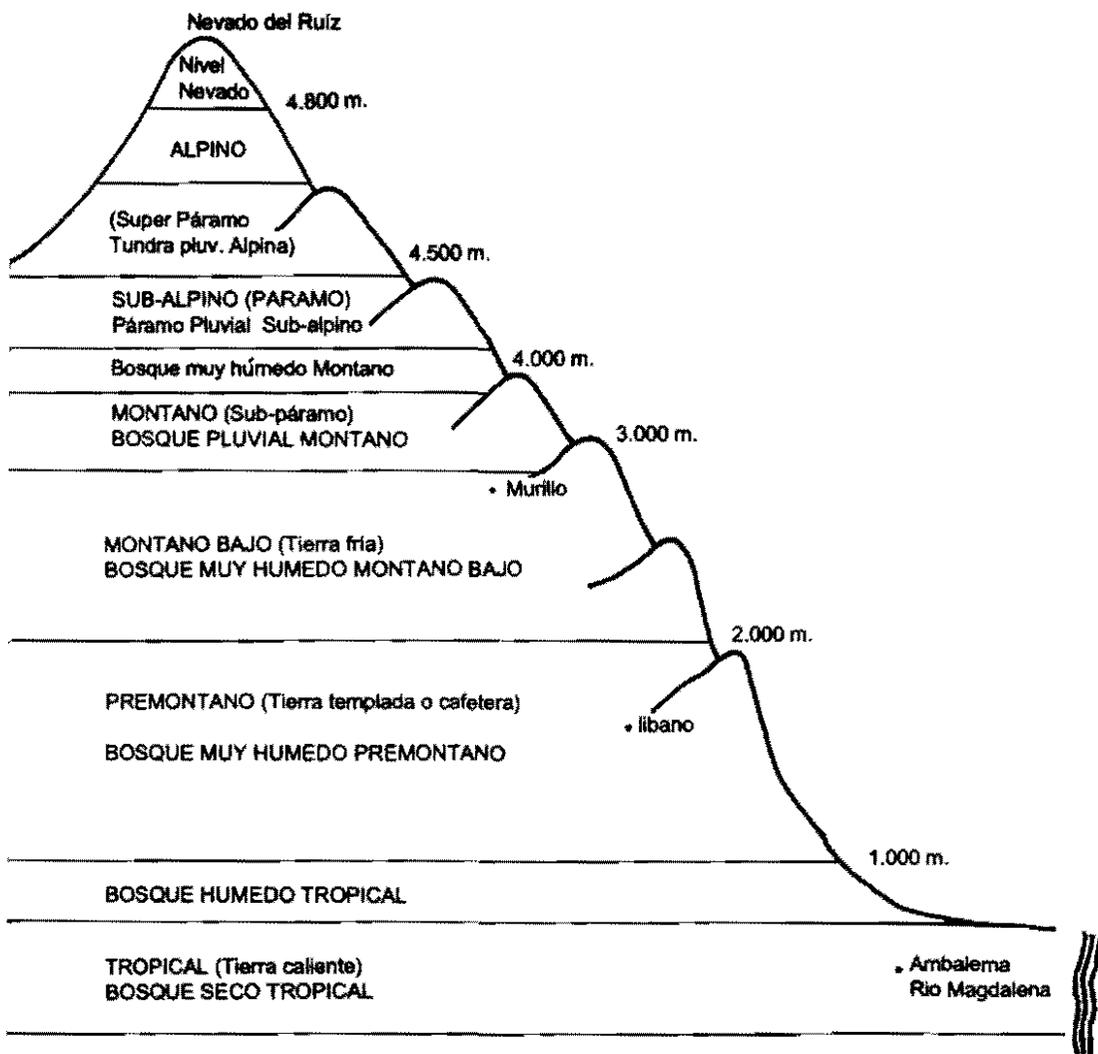


FIGURA 2. PERFIL BIOGEOGRAFICO. RIO MAGDALENA - NEVADO DEL RUIZ
PISOS ALTITUDINALES. ZONA DE VIDA (S. ESPINAL T.) (3)

Sogamoso (departamento de Boyacá), laderas del río Chicamocha y en Pasto e Ipiales (departamento de Nariño).

Los límites climáticos generales son: Una temperatura media en 12 - 18°C y un promedio anual de lluvias de 500 a 1.000 mm.

El clima es seco y los suelos, al no sufrir lavado excesivo, conservan su fertilidad por largo tiempo. Muchos de estos terrenos son de los más productivos del país y se desarrollan cultivos como trigo, cebada, maíz, papa, hortalizas, flores y frutales. En época de verano ocurren las heladas.

- **Bosque húmedo montano bajo (bh - MB) (Tierra fría húmeda):**

Se encuentra en la Sabana de Bogotá rodeando la parte seca central, en el Valle de Rionegro, La Ceja y San Pedro (departamento de Antioquia), Silva, Totoró (departamento de Cauca), laderas del río Chicamocha, Pamplona (departamento de Norte de Santander), Chiquinquirá (departamento de Boyacá).

Los límites climáticos son: Una temperatura media entre 12° - 18°C y un promedio de lluvias entre 1.000 - 2.000 mm.

El clima bondadoso y la fertilidad de las tierras han tolerado cultivos permanentes con trigo, cebada, frijol, maíz, hortalizas y frutales entre otros.

- **Bosque muy húmedo montano bajo (bmh - MB) (Tierra fría muy húmeda):**

En las altas vertientes de los Andes, esta zona de vida abarca grandes áreas montañosas en las laderas de las cordilleras del país.

Los límites climáticos generales son: Temperatura media entre 12° - 18°C y un promedio anual de lluvias entre 2.000 - 4.000 mm.

A pesar de las abundantes lluvias, los terrenos en su mayor parte están utilizados con potreros y cultivos de papa, frijol, maíz, flores y reforestaciones.

- **Bosque pluvial montano bajo (bp - MB) (Tierra fría super húmeda):**

Los límites climáticos son: temperatura media entre 12 - 18°C y un promedio anual de lluvias superiores a 4.000 mm. Por la alta precipitación no son recomendables para la agricultura.

Siguen las zonas de páramo y sub-páramo que aunque tienen agricultura, el cultivo de frijol no tiene mayor importancia en dichas zonas.

2.3 TOPOGRAFIA Y SUELOS DE LAS ZONAS PRODUCTORAS DE FRIJOL

Según la zonificación agroecológica de Colombia, IGAC_ICA (6), la topografía y suelos cultivados con frijol son las tierras planas aluviales en el Valle del Cauca, Cundinamarca y Norte de Santander, con suelos moderadamente profundos, bien drenados, de fertilidad alta (susceptibles de erosión) y denominados **Ma**; las tierras de planicie aluviales, de piedemonte y altiplanicies en los departamentos de Cauca, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca, Santander y Cundinamarca son suelos moderadamente profundos, bien drenados, de fertilidad moderada a baja, de relieve ligeramente ondulado a quebrado con pendientes hasta de un 25 por ciento denominados **Me**; los suelos de fertilidad baja a media, susceptibles a procesos erosivos, con pendientes del 25 al 50 por ciento, los **Mf** que se observan en el Quindío, Tolima, Cundinamarca, Santander, Cauca y Antioquia y teniendo en cuenta, suelos con pendientes mayores del 50 por ciento, de fertilidad baja a moderada, los **Mg**; las tierras de los altiplanos y valles de los departamentos de Nariño y Antioquia con relieve plano a ligeramente ondulado, pendientes hasta del 7 por ciento, moderadamente profundos de fertilidad baja, son los **Fg**. Los terrenos quebrados con pendientes hasta del 25 por ciento, limitados por su baja fertilidad y alta fijación de fósforo son los **Fh**.

El cultivo de frijol en Colombia es considerado de pequeños propietarios cuyo tamaño de explotación está entre una y dos hectáreas, con un mercado muy localizado por las preferencias del consumidor, excepcionalmente; sólo bajo ciertas condiciones se presentan cultivos comerciales de medianos empresarios.

Con lo anterior se puede deducir perfectamente cuáles son las condiciones para el desarrollo de las investigaciones en los Centros Experimentales.

3. PROCESO DE EXPERIMENTACION Y VALIDACION DE TECNOLOGIA EN FINCAS

3.1 METODOLOGIAS

Tradicionalmente en nuestro país, una vez conocidos u obtenidos unos resultados, principalmente en el desarrollo de variedades y otras tecnologías a nivel de

Centros Experimental, se requiere validar la tecnología a nivel de finca, antes de difundirla a los agricultores, siendo necesario conducir una serie de ensayos que están sometidos a las condiciones variables de cada sitio o localidad. Son varias las alternativas que se tienen para el establecimiento de dichos ensayos: Pruebas Regionales, Ensayos de Validación y Ajuste y Ensayos en fincas de Agricultores.

Varios investigadores han hecho una amplia descripción sobre la filosofía y orientación de cada uno de estos ensayos como lo menciona Martínez (9).

Según Tobón (13), hay una serie de variables de sitio como la profundidad del suelo, sequía, topografía, que aunque son incontrolables se pueden medir; en cambio hay otras variables de sitio que pueden modificarse y que son igualmente medibles, como el cambio de pH por efecto del encalamiento.

El problema principal con los datos de sitio, es poder decir, cuál de estas variables deben entrar en el conjunto de datos que permitan predecir rendimientos futuros con base en las variables seleccionadas.

En el caso de frijol, en la evaluación de líneas y/o variedades, es común la utilización de las variables rendimiento y localidad para los análisis estadísticos convencionales, valiéndose para ello de los ensayos con diseños adecuados, pues se necesita conocer cuál es el efecto: del tratamiento, de la localidad o del ambiente y de la interacción tratamiento por ambiente. Con el análisis combinado de una serie de ensayos uniformes en varias localidades, es posible determinar los mejores genotipos o tratamientos de la interacción con el ambiente, pero no su magnitud.

Recordemos que el fenotipo es la expresión del genotipo y está dado por el siguiente modelo:

$$\bullet \text{ FENOTIPO} = \text{GENOTIPO} + \text{AMBIENTE} + (\text{GENOTIPO} \times \text{AMBIENTE})$$

En mejoramiento se buscan genotipos que interaccionen poco con el ambiente, es decir, aquellos que tengan mayor adaptación sobre diferentes ambientes.

Según Laing (7), el único medio posible para medir la adaptabilidad en el contexto de evaluación varietal, es medir una serie de experimentos uniformes en diferentes localidades a nivel nacional o internacional.

El mismo Laing (7) define la adaptabilidad como el comportamiento relativo de

genotipos particulares al cultivarlos en diferentes localidades. La adaptabilidad se refiere no sólo a la adaptación afectada por factores climáticos, edáficos y bióticos, sino también a los factores agronómicos y del sistema de cultivo.

3.2 MODELOS DE ESTABILIDAD Y ADAPTABILIDAD

Para el caso específico donde se quiere determinar los parámetros de adaptabilidad y estabilidad del rendimiento, hay diferentes métodos para hacer esta determinación (todos intentan analizar el grado de respuesta diferencial de las introducciones a diversos ambientes, en otras palabras, la clásica interacción genotipo ambiente); entre otros se tiene:

1. El modelo propuesto por Plaisted y Petterson quienes proponen dos métodos para determinar la estabilidad relativa de cada variedad.
2. El modelo de Finlay y Wilkinson, mide la estabilidad mediante el coeficiente de regresión.
3. El modelo de Eberhart y Russell, es una modificación del modelo anterior que permite estimar no sólo el coeficiente de regresión (b_i), sino la varianza, debido a las desviaciones del modelo lineal (S^2_{di}). (1)

Los anteriores modelos permiten determinar estabilidad (comportamiento de un genotipo a través del tiempo) y adaptabilidad (comportamiento de un genotipo a través de localidades). Cada uno de ellos define cuál o cuáles son los genotipos estables y cuáles tienen adaptación general o amplia.

Existe otro método, el propuesto por Hildebrand, más sencillo, rápido y directo que los anteriores y cuya aplicación como lo manifiesta Martínez (9) es válida no solamente en ensayos de mejoramiento sino también en otros tipos de ensayos y especialmente aplicable en fincas de agricultores donde se quiere evaluar un paquete tecnológico en las condiciones del agricultor. O sea, evaluar la **interacción tratamiento por localidad**, con el atenuante de que sólo hay una observación por tratamiento y localidad, haciendo impracticable el análisis de varianza convencional. Al respecto, Martínez (9) hace la demostración matemática, en donde, la modificación metodológica propuesta por Hildebrand es equivalente al análisis de estabilidad diseñado por Eberhart y Russell. Este modelo permite efectuar análisis estadísticos en ensayos no replicados el rendimiento para cada

variable se puede relacionar con el ambiente, empleando una ecuación de regresión lineal simple $Y_i = a + bx$, donde:

Y_i = Rendimiento de la variedad.

x = Índice ambiental igual al promedio de todos los tratamientos en cada localidad.

b = Coeficiente de regresión.

a = Intersección.

Si se ajusta una línea de regresión como se observa en la figura 3, para cada variedad y/o genotipo y se grafica con el índice ambiental, se pueden comparar y visualizar simultáneamente las variedades. Este mismo procedimiento, es general para cualquier número y clase de tratamiento.

Hildebrand, como anotó Martínez (9), incorporó además el criterio estadístico simple como es el "Intervalo de Confianza" (IC) entre promedios, donde $IC = Y = t_{\alpha} \cdot s/n$, en la cual:

S = Error estándar del tratamiento.

n = Número de localidades.

t_{α} = De la tabla con $n-1$ GL.

Una vez graficadas las líneas de regresión, es posible determinar los buenos y malos ambientes donde, los buenos son aquellos en los cuales la producción está por encima del promedio total y los malos en donde la producción está por debajo del promedio total.

Algunos resultados obtenidos con la aplicación de este modelo se presentan a continuación a manera de ejemplo y con el propósito de despertar interés en sus posibles aplicaciones:

En ensayos realizados con maíz en 14 fincas de dos localidades en Malawi y utilizando la modificación de Eberhart y Russell, en donde el promedio de rendimiento de cada localidad es el índice ambiental, Hildebrand (5), encontró que el maíz regional o local en malos ambientes fué superior al maíz mejorado, con o sin fertilización; en cambio el mejorado rinde más que el maíz local en buenos ambientes con o sin fertilización, en ambos casos fué marcada y significativa la respuesta a la fertilización.

(figura 3).

Utilizando datos reportados por Tobón en ensayos de fertilización no replicados en frijol Cargamanto en fincas de agricultores del Oriente de Antioquia, Martínez (9), determinó que había respuesta positiva del ambiente a cada nivel de fertilizante. Además, anota cómo uno de los tratamientos es consistentemente inferior en ambientes desfavorables pero que en ambientes favorables tiene una mejor respuesta. (figura 4).

Anota el mismo Martínez (9) que, de acuerdo con los resultados obtenidos en el ensayo anterior y teniendo en cuenta la definición de Eberhart y Russell (1) "el tratamiento más estable" o para este caso el más recomendable, será aquel que tengan mayor rendimiento, un coeficiente de regresión $b = 1$ y menor cuadrado medio de la regresión; continúa válida para ambos análisis o sea cuando se utilizan ambos modelos.

Ríos y Flórez (12), en la evaluación en 42 localidades de cuatro genotipos de frijol identificados como estables en ensayos anteriores para las condiciones del clima medio Colombiano (10) y aplicando el modelo de Hildebrand a esta prueba de confirmación, concluyen que hay una respuesta positiva a cada línea de ambiente. Hay una respuesta consistente de las líneas And 669 y AFR 298, con una mejor respuesta a los ambientes favorables de la primera. La línea AFR 404 tiene mejor respuesta a ambientes desfavorables. La variedad ICA Citará es la de peor respuesta en ambientes desfavorables. (figura 5).

En el mismo ensayo a manera de ejercicio, cuando se toma al testigo local (variable de sitio) como el eje de las X para el cálculo de la línea de regresión, se encuentra la línea AND 669 con un comportamiento muy similar a lo que se observa en la aplicación del modelo de Hildebrand; lo mismo podría decirse de la línea AFR 404 y de la variedad ICA Citará. (figura 6).

Al tomar la variable, la altura sobre el nivel del mar, figura 7 los resultados muestran que no hay ninguna correlación, indicando con esto que la variable de sitio en este rango, nada influye sobre el rendimiento. Teniendo en cuenta que los mejores ambientes están dados por aquellos en donde se produjeron rendimientos por encima del promedio total, se podrían hacer transformaciones o en último caso, establecer categorías donde la clasificación agroecológica, IGAC e ICA (6), en cuyo caso se pudo determinar que diez localidades pertenecen a la categoría **Mg** en laderas de montaña fuertemente quebradas a escarpadas con suelos muy superficiales y erosionados; cinco son **Mf** con laderas de montaña fuertemente quebradas susceptibles a procesos erosivos y dos con la combinación de las anteriores clasificaciones **Mf, Mg**.

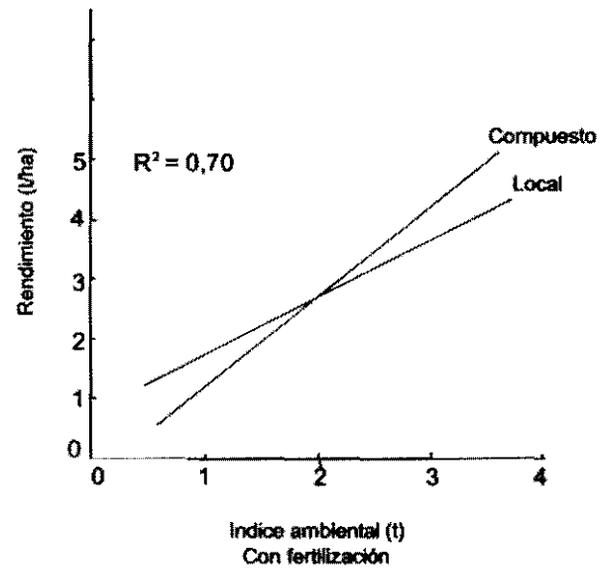
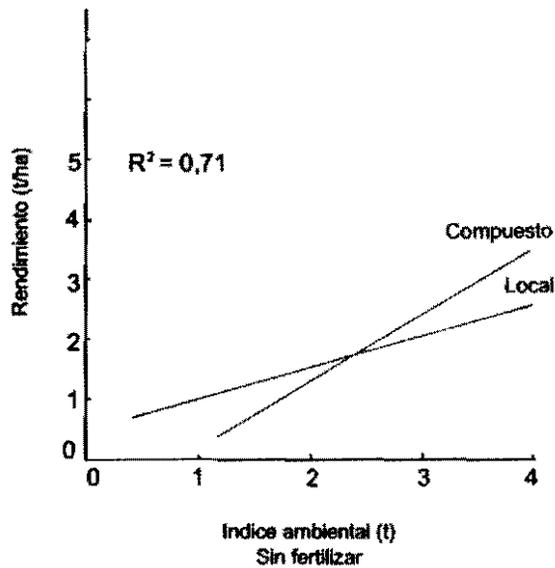


FIGURA 3. INDICE DE AMBIENTE (1) CON Y SIN FERTILIZACION "HILDEBRAND EN MALAWI" (5)

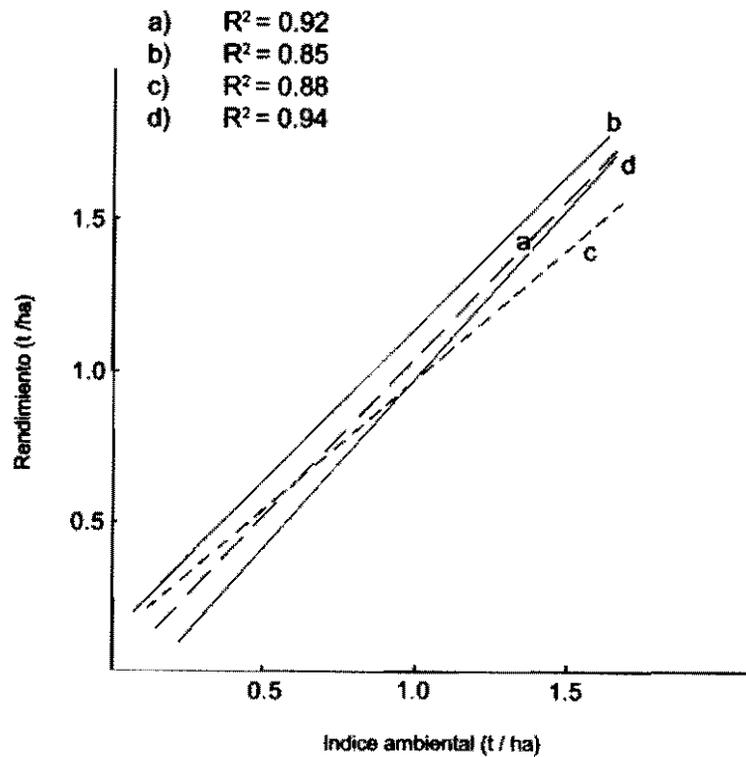


FIGURA 4. RESPUESTA AMBIENTAL DEL FRIJOL PARA NIVELES DE FERTILIZACION APLICADOS. (MARTINEZ, (9)). COLOMBIA

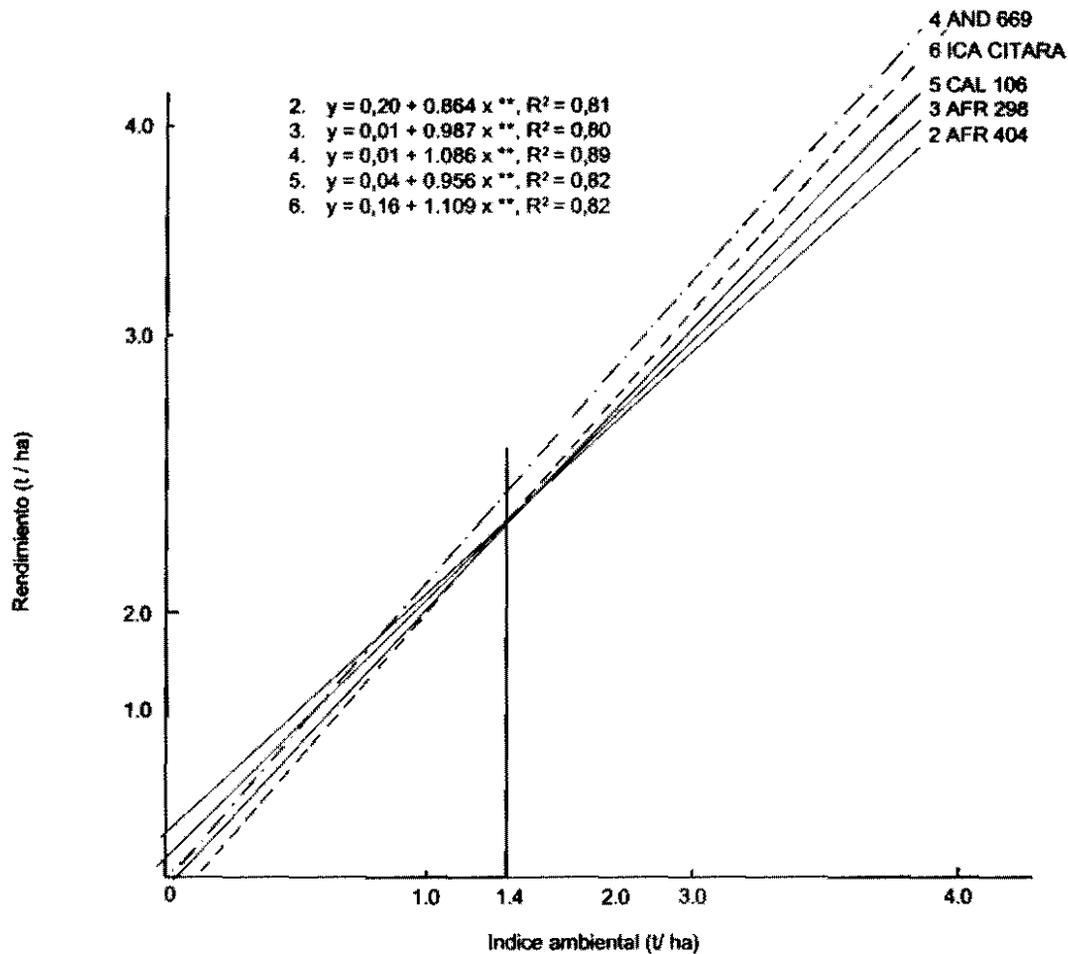


FIGURA 5. RESPUESTA DE LAS LINEAS DE FRIJOL A LOS DIFERENTES AMBIENTES O LOCALIDADES. CLIMA MEDIO, SUROESTE ANTIOQUEÑO, 42 LOCALIDADES (RIOS Y FLOREZ, (12))

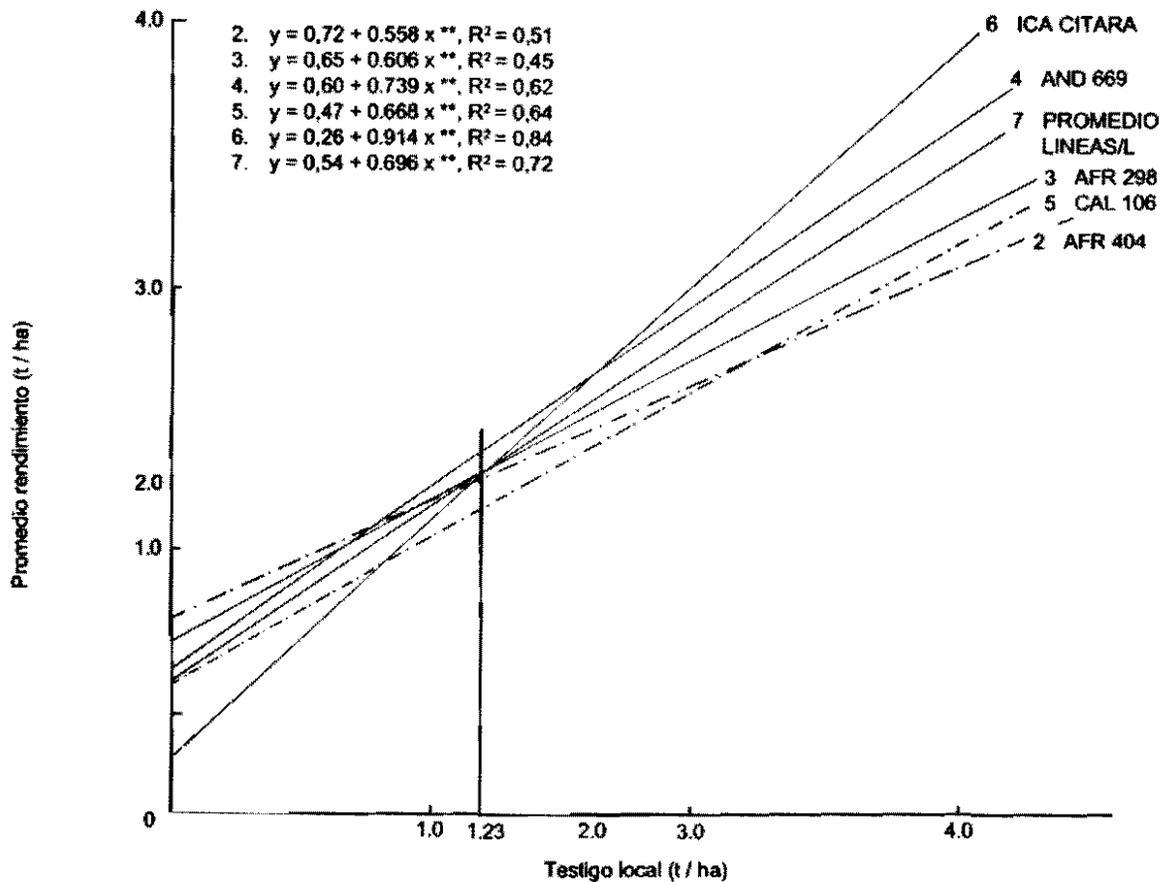


FIGURA 6. ANALISIS DE ESTABILIDAD, DE GENOTIPOS DE FRIJOL. CLIMA MEDIO DE ANTIOQUIA

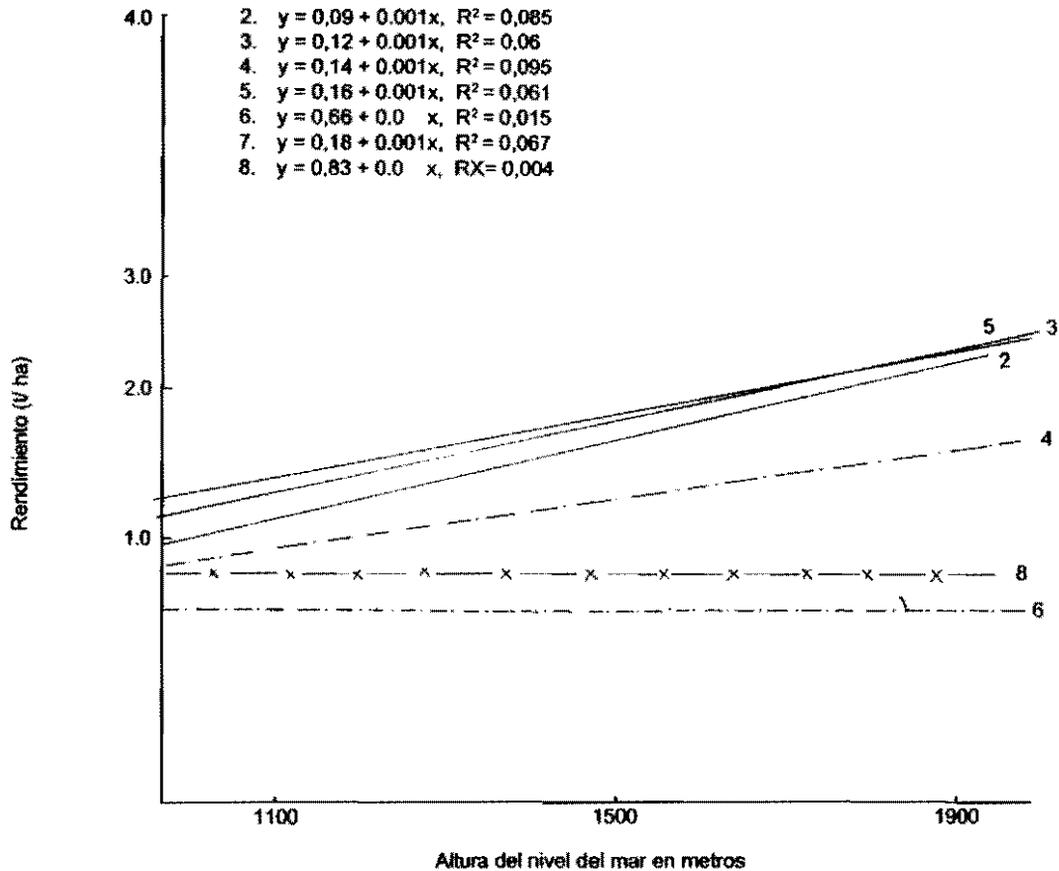


FIGURA 7. ANALISIS DE ESTABILIDAD PARA GENOTIPOS DE FRIJOL. CLIMA MEDIO, SUROESTE ANTIOQUEÑO, 42 LOCALIDADES.

En cuanto a los malos ambientes, 20 localidades tienen clasificación **Mg**, dos **Mf**, uno **Me**, uno **Mg**, **Mf** y uno **Mg**, **Me**.

Al considerar el sistema (otra variable de sitio) bajo las cuales fue sembrado cada ensayo, tampoco existe claridad sobre si hay alguna correlación que indique su influencia sobre el rendimiento. Sería necesario hacer alguna transformación.

Por último, cabe la pregunta: Qué otra variable de sitio deben incluirse para obtener información sobre los rendimientos futuros?

Cómo podría correlacionarse cada una de las variables de sitio, con aquellas que dieron información valedera?

En fin, son tantas las preguntas para responder, que antes que inquietarnos, deben abrir el camino a futuras investigaciones.

3.3 SELECCION DE ZONAS AGROECOLOGICAS

Es obvio que con los resultados de rendimiento de fríjol se pueden identificar materiales de adaptación general y específica y seleccionar algunos que por su buen comportamiento y estabilidad a través de las diferentes condiciones ambientales, serán los recomendados para un plan de producción.

Es necesario conocer como los demás factores de la producción diferentes al genotipo, también pueden interaccionar con el ambiente. Para obviar este problema, se han desarrollado estrategias de zonificación agroecológica (ICA - IGAC) (6), clasificación agrológica o de suelos, clasificación de suelos por capacidad de uso; conformación de conjuntos productivos y finalmente de dominios de recomendación, éste último en proceso de transferencia de tecnología según Harrington y Trip (4).

Un genotipo estable y adaptable presenta rendimientos diferentes estadísticamente en los extremos (bueno - malo) del ambiente; así, al estimar las dosis óptimas económicas de fertilizantes, controles fitosanitarios, de controles de malezas, además de márgenes de rentabilidad e ingresos netos, se generarán valores diferentes.

3.4 SELECCION DE VARIABLES DE SITIO

Diferentes trabajos, entre ellos los de Laird (8), Turrent (15), Tobón (13) y Escobar (2), describen resultados y metodologías de uso de selección de variables de sitio con carácter de inmodificación económica, a fin de definir las recomendaciones de un cultivo.

Los ensayos uniformes de rendimiento como los analizados aquí, servirían además de la selección de genotipos estables para identificar otras variables que permitan establecer nuevas formulaciones de recomendaciones aún para el mismo genotipo. Ello se logra con sólo incrementar la información obtenida para caracterizar el ambiente; un conjunto de variables previamente definidas, codificadas, se recogen a través del desarrollo de los ensayos y entre ellas se encuentran:

- Altitudes sobre el nivel del mar
- Espesor de los horizontes
- Texturas del suelo
- Exceso de humedad del suelo
- Vientos
- Incidencia de fitopatógenos
- Posición fisiográfica
- Déficit del agua del suelo
- Historia del cultivo
- Profundidad del suelo
- Precipitación en mm
- Pendiente del terreno
- Densidad aparente
- Color del suelo
- Sistema de cultivo
- Fertilidad del suelo
- Drenaje

Los diferentes autores han señalado manejos, transformaciones de las variables, para luego ser usadas en modelos de regresión, que permitan calcular fácilmente la ecuación específica de rendimiento de un área dada. Algunos factores (variables) no tienen problemas en su determinación, como son contenido de N, P y K del suelo; valor del pH, profundidad del suelo, capa arable en centímetros, entre otros. Otras variables como estimaciones de índices de sequía, requieren mayor evaluación, basados en la experiencia del desarrollo del cultivo o basados en su textura, en la posición fisiográfica del terreno, la profundidad radical, etc. Así, algunos serán estimados en forma precisa y otros sólo lo serán en forma aproximada y para ello se puede apoyar en los servicios de transferencia de tecnología y de asistencia técnica.

Con estas variables ya definidas y caracterizadas se pueden establecer estratificaciones globales, variaciones entre zonas, ya sea por el valor de dos variables o por el conjunto de variables, generándose así agrosistemas y conjuntos productivos.

Así, se podría pensar que de la combinación de tres rangos de altitud, dos rangos de nivel de fósforo, dos profundidades de suelos y dos índices de enfermedad, se tendrían 24 conjuntos productivos. Pero seguramente en la naturaleza no se encuentran todos. Ello implica un proceso selectivo para dejar sólo aquellos que son prioritarios o que tienen un ámbito agronómico (realístico); podría probarse a través de diferencias de medias de rendimiento la validez de tales estratificaciones. Una prueba de varianza (F) conduciría al rechazo o no de las estratificaciones propuestas. Un procedimiento discreto consiste en comparar la variación de los estimadores de los parámetros de diagnóstico dentro de los agroecosistemas postulados con su variación entre los agroecosistemas como lo mide Turrent (13).

Otro método consiste en desarrollar una ecuación de regresión generalizada (ERG) que estime los coeficientes de regresión y su significancia al establecer modelos eficientes. Así, aparecerían aquellas variables que realmente tienen influencia en la variable dependiente rendimiento

Recientemente, con la ayuda de microcomputadores que están más al alcance de los técnicos, se puede acumular información a través de los años, no sólo de ensayos uniformes de rendimiento para variedades, sino también de tratamientos fitosanitarios y de fertilización.

Un banco de datos se generaría para establecer nuevas agrupaciones agroecológicas con base a variables que previamente muestran un grado de asociación con el rendimiento del cultivo en estudio.

Un análisis discriminante o de componentes principales permiten establecer cuáles factores se pueden seleccionar para entrar en la regresión y, es válido aún para procesos tan complejos como procesos de adopción de tecnología de frijol en el Oriente Antioqueño (Tobón y Gómez 14).

Al final, la información sirve para mejorar la zonificación de la producción de cultivos de frijol y así establecer uno o más experimentos de campos localizados en cada uno de los agrosistemas o conjuntos propuestos, lográndose así establecer recomendaciones diferenciadas por la contribución que puede tener no sólo el genotipo, sino la fertilización, el control de malezas, el control fitosanitario y las épocas de siembra.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. EBERHART, S.A y RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop. Sci.* 6: 36-40. 1986.
2. ESCOBAR, G. Clasificación de sistemas de fincas para generación y transferencia de tecnología apropiada. IDRC-CRDI-CIID. Panamá, Diciembre, 1986.
3. ESPINAL, S. Apuntes tecnológicos. Medellín, Colombia. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias. Ed. Ealon. 1992.
4. HARRINTONG, L.W y TRIPP, R. Dominios de recomendación. Un marco de referencia para la investigación en fincas. (documento de trabajo 02) de 1984. CYMMYT, programa de economía , 1984.
5. HILDEBRAND, P.E. Modified stability analysis of farmer managed, on farm-trials. *Agr. Journal* 76: 271-274, 1984.
6. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, IGAC, e INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, ICA. Zonificación agroecológica de Colombia. Memoria Explicativa, Bogotá, D.E. 1985.
7. LAING, D. R. Adaptabilidad y estabilidad en el comportamiento de plantas de frijol común. EN: Resumen sobre viveros internacionales de rendimiento y adaptación de frijol. Cali, Colombia. CIAT, 1978. 23 p.
8. LAIRD, R. J. y otros. Análisis combinado de resultados de experimentos con fertilizantes y obtención de una ecuación general que permite estudiar recomendaciones específicas para prácticas de fertilización. INIA, SAG. México 1969, 59 p. (Folleto Técnico No 55).
9. MARTINEZ W., O. Análisis estadístico para tratamientos no replicados en fincas de agricultores. *Revista ICA. Colombia.* 22(4): 213-219, 1987.
10. RIOS B., M.J. y FLOREZ O., G. Estabilidad en el rendimiento y características comerciales en la selección de variedades de frijol. EN: Tercera Reunión de Leguminosas de Grano de la Zona Andina. Releza III. Cochabamba, Bolivia, Junio 17-20 de 1992. 39 p.

11. RIOS B., M. J. Variedades mejoradas de frijol en Colombia. EN: Curso Nacional de frijol. Diciembre 3-7 de 1990. C.I "La Selva", Rionegro - Antioquia.
12. RIOS B., M.J. y FLOREZO., G. Resultados de confirmación de cuatro líneas arbustivas de frijol en clima medio. EN: Informe Anual. Avances de proyectos. Grupo Multidisciplinario Leguminosas. C.I. "La Selva". ICA. Rionegro, Antioquia.
13. TOBON C., J.H. Comportamiento de algunos sistemas tradicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antioqueño. ICA. Regional 4, 1977 (Boletín Informativo No 47).
14. TOBON C., J.H y GOMEZ, A. Validación de tecnología apropiada con métodos participativos, el caso de Rionegro Colombia. EN: Transferencia de tecnología apropiada para pequeños productores con métodos participativos. CIID - GTZ - IICA. Coronado, Costa Rica, 15-16 de Abril de 1991. p 104-156.
15. TURRENT, F.A. Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas, México, Colegio de Posgraduados de Chapingo, 1976. 46 p.

SISTEMAS DE MANEJO DE CULTIVOS

R.^o Lepiz*^I

1.1 LLANURAS Y VALLES CRUCEÑOS (SANTA CRUZ, BOLIVIA)

Debido a la combinación de una demanda permanente y creciente del mercado brasileño de frijol, a la disponibilidad de tecnología de producción generada/adaptada por la Universidad de Santa Cruz, y a la promoción hecha del cultivo por la misma Universidad y algunas asociaciones de productores como ASOPROF, en Bolivia, en 1991, la superficie sembrada con frijol llegó a 20.000 hectáreas.

De la superficie total sembrada con frijol, el 90 por ciento correspondió al departamento de Santa Cruz y el 10 por ciento restante a los de Chuquisaca, Cochabamba y Tarija. Las variedades más sembradas son de tipo Carioca (Carioca, Carioca 80 y Sel 1.) o negro pequeño (BAT 76) de mayor demanda en el mercado brasileño; en menor escala se siembran variedades de grano bayo, canario, rojo y rojo moteado, principalmente para el mercado interno.

En Santa Cruz, la producción para exportación se realiza en la llanura, en los meses de Abril a Agosto, donde se presentan deficiencias de semilla de buena calidad para la siembra, problemas de manejo del cultivo (muchos agricultores nuevos), daño de plagas y enfermedades (roya, bacteriosis, mancha angular, mustia hilachosa y eventualmente antracnosis). También hay problemas de cosecha y postcosecha; de cosecha por falta de mano de obra y/o equipos mecanizados y de postcosecha, para el beneficio y almacenamiento antes de su venta al mercado brasileño o local.

La producción de semilla se obtiene en los valles mesotérmicos, principalmente el de Mairana, ubicado a 175 kilómetros de Santa Cruz, a 1.300 m.s.n.m, con una

* Ing. agrónomo, M.Sc. Ph.D Coordinador Internacional de PROFRIZA AA 2600, Quito, Ecuador.

precipitación de 500 mm de Noviembre a Marzo, temperatura media anual de 21°C y humedad relativa de 50-60 por ciento. Las siembras son de Noviembre a Febrero, cosechando la semilla un mes antes de las siembras comerciales para grano en la llanura. En estos valles, el manejo del cultivo es mejor pero puede haber problemas de pudriciones de raíz (*Sclerotium rolfsii*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *F. solani* y nemátodos) y de enfermedades del follaje como roya y bacteriosis.

Adicionalmente, en algunos valles más altos y más húmedos, se ha encontrado presencia de antracnosis y ascochyta, enfermedades que se transmiten por la semilla. Tomando en cuenta que el producto se utiliza como semilla en la llanura, hay preocupación en este sentido.

El programa de frijol de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, con apoyo de PROFRIZA, está dando atención a algunos de los problemas que se acaban de mencionar y que se han considerado prioritarios. También están participando organizaciones de productores como ASOPROF, MEDA, etc. En la campaña 1991-1992, en el Valle de Mairana y a través del subproyecto de investigación participativa, se evaluaron líneas de frijol tipo Carioca, negro pequeño, blanco mediano, rojo moteado y bayo, buscando resistencia a la roya y bacteriosis, granos de tipo comercial y alto rendimiento. La línea A 295 (Mantequilla Mairana) de grano bayo pequeño, se sigue comportando muy bien, se están haciendo los trámites finales para su liberación, dirigida más al mercado local. La línea A686, de tipo Carioca, nuevamente superó a Carioca, Carioca 80 y Sel. 1; es de tipo II resistente a roya y bacteriosis y de alto potencial de rendimiento; se liberará como nueva variedad de tipo Carioca. La línea PVA 773, mostró un comportamiento sobresaliente; en las pruebas de aceptación en el mercado notifica su aceptación local, se liberará como variedad.

Los diagnósticos de enfermedades a través de los subproyectos CIAA y PUR, han permitido definir las enfermedades presentes en ambas áreas de producción. Esto permitirá una estrategia para el manejo/control de estos patógenos. El subproyecto PAS sigue siendo uno de los más exitosos; además de la Universidad, están participando en esta actividad asociaciones de productores como ASOPORF, CORDECRUZ, ESCO, AGROMOLINO, SEMILLA CORDILLERA, etc. Igualmente, con la planta pequeña de beneficio de semilla instalada en Mairana con apoyo directo del CIAT - Cali, se ha incrementado en forma significativa el beneficio de semilla en el mismo sitio de la producción.

1.2 SIERRA SUR DE PERU

La información general sobre el cultivo de frijol en cada una de las tres regiones de Perú, que se incluyen en el presente documento, se ha obtenido principalmente de los diagnósticos realizados en 1985-1986 (N. Ruiz e H. de la Cruz), 1896 (P. Arbulú, N. Ruiz y D. Pachico), 1990 (N. Ruiz y W. Jansen) y otros documentos de trabajo escritos por A. Maitre y E. Rojas.

La sierra sur de Perú, incluye los departamentos de Cusco, Ayacucho y Junín. En esta región de minifundio, de pequeños productores propietarios de tierras, las leguminosas aportan el 21 por ciento de la producción total. En promedio los agricultores siembran más de una hectárea con frijol, asociado con maíz (56 por ciento) en las laderas de los valles o en unicultivo (35 por ciento), en las partes más bajas y protegidas. Además de frijol, siembran maíz, papa, hortalizas, cereales menores y otras leguminosas como haba, siendo frecuente la rotación con papa, para aprovechar el fertilizante residual que queda después de este cultivo.

Siembran en los meses de Septiembre a Noviembre; las labores son manuales, pudiendo usar yunta o maquinaria en la preparación del suelo. Utilizan su propia semillas (54 por ciento), pocas aplican abono (42 por ciento), controlan manualmente la maleza y pueden contratar mano de obra para sembrar, desyerbar y cosechar. Las variedades que prefieren son granos blancos (caballero, panamito), rojos y amarillos, con problemas de antracnosis, roya, pudriciones radicales y ascochyta. Las plagas principales son: diabrotica, empoasca y barrenadores de la vaina; pocos usan pesticidas para el control de enfermedades y plagas (36 por ciento), por que son caros y no saben utilizarlos. Los agricultores señalan otros problemas: mala calidad de la semilla, escasez de agua, escasez de mano de obra y escasez de medios (bueyes, tractor) para la preparación del suelo.

En la sierra del sur, la cosecha es para el consumo familiar y para la venta; el frijol se consume principalmente en grano seco. En los últimos años, ha aumentado la siembra de frijol para la venta, de los tipos caballero, amarillo y rojo; Puerto Maldonado y Lima, son los principales mercados.

El Programa de Leguminosas del INIAA Cusco con el apoyo de CIAT-PROFRIZA, está dando solución a los problemas de variedades susceptibles a antracnosis y otras enfermedades (subproyecto CIIA). La campaña 1991-1992, de muy baja precipitación, no fue propicia para la identificación de germoplasma resistentes a

antracnosis. El vivero de volubles VIFAZA I, no obstante su buen manejo agronómico, mostró una incidencia muy baja de antracnosis. Las líneas ASC 39, G 6436, G 18223, G3367, CAL 3 Y G 2333, además de su buena sanidad, mostraron una buena adaptación.

Los ensayos de variedades en campos de agricultores (IPA) en los valles de Limatambo y Sagrado de los Incas, durante la visita de evaluación con el personal CIAT (JKN, OV), permitieron identificar algunos materiales sobresalientes: CAB 3, OBN 19, OBN 113, AND 845, LAS 317, AND 486, LAS 294, LAS 320, G 11796 y LIB 7. En parcelas de confirmación y semilleros, el material LINIA 17 de frijol rojo moteado (ICA Palmar), sigue mostrando muy buen valor agronómico. Sin embargo, por preferencia del mercado local, se considera que líneas como AND 366 o AFR 286 del tipo red kidney, puede sustituir a Rojo Moyepata, variedad que se ha vuelto susceptible a antracnosis.

La Producción Artesanal de Semilla en Cusco, sigue sus actividades con éxito. En 1991-1992, además de apoyar la producción de Kori Inti para la siembra con maíz Blanco

Urubamba en el Valle Sagrado, brindó más atención a las variedades arbustivas en Limatambo. Se produjo semilla de Rojo Moyepata, Línea 17, CAN 20 x CC y RR (46-5-M). Las cantidades se especificarán en el informe anual. También hubo actividades de fomento al consumo. Se hicieron días de campo con agricultores y sobre todo se hizo promoción a través de pequeños mensajes por radio y entrevista a los técnicos del INIAA y CIAT-PROFRIZA.

1.3 SIERRA NORTE DEL PERU (CAJAMARCA)

En esta región de la Sierra Peruana, se siembra la mayor superficie de frijol. Es muy similar a la Sierra Sur, con algunas diferencias: menor altitud (2.000 - 2.750 m.s.n.m.), menor precipitación (700 mm), suelos menos fértiles y pedregosos, mayor proporción de frijol sembrado en asociación con maíz (88 por ciento), con preferencia de variedad de granos blancos tipo Caballero y un mayor consumo de frijol en madurez (en verde o tierno).

Las siembras de frijol con maíz se inician en Octubre y Noviembre; en promedio menos de una hectárea por agricultor. Otros cultivos importantes son maíz, papa,

cereales y otras leguminosas, en pocos casos se practica rotación con papa. Utilizan su propia semilla (78 por ciento) y algunos agricultores aún siembran al voleo, logrando al final bajas densidades de población de frijol (20, 200 pl/ha). Prefieren la variedad Caballero para consumo seco; para venta en tierno están sembrando Gloriabamba. No aplican abonos (63 por ciento) y cuando lo hacen son abonos de corral, ya que los químicos son caros y escasos. El control de malezas es manual; hay problemas de enfermedades (antracnosis, oidium, ascochyta) y se presentan plagas de empoasca y diabrótica. Casi nunca usan pesticidas (82 por ciento), para su control por que son caros y no saben usarlos. Los agricultores mencionan otros problemas como sequía, calidad de semilla (algunos asocian la calidad con la variedad), exceso de agua, escasez de mano de obra y escasez de medios para la preparación del suelo. (bueyes y rñaquinaria).

Los rendimientos promedio de frijol en esta región son muy bajos (200 kg/ha). La cosecha es para consumo y venta; con la nueva variedad Gloriabamba, se ha incrementado la siembra de frijol para venta en tierno, para los mercados de Chiclayo y Trujillo. A diferencia de Cusco, en esta región hay más tradición de consumo; en 39 por ciento de la población, aún en el medio rural si no tiene frijol propio, compra para comer.

Considerando lo anterior, PROFRIZA ha estado apoyando en esta región la obtención de variedades de frijol voluble, resistentes a antracnosis, de color blanco o crema, menos agresivas, a través de los suproyectos CIAA e IPA. Como en Cusco, la campaña 1991-1992 fué escasa en precipitación y no se pudo evaluar el germoplasma por resistencia a antracnosis.

En la parte norte, provincia de Chota, donde se siembra la mayor superficie de frijol en Cajamarca y donde tiene su área de trabajo el técnico del CIAT, se establecieron los ensayos regionales VIARZA y VIAZA, ensayos de frijol arbustivo, así como algunas parcelas de confirmación (PDC). Se continuó con la evaluación de cepas de *Rhizobium* en PDC y en siembras comerciales de frijol asociado con maíz, así como la producción artesanal de semillas, tanto de frijoles volubles (Gloriabamba) como de variedades arbustivas (Chullabamba).

Por ahora se puede adelantar un buen comportamiento de las variedades mejoradas Gloriabamba (voluble), Cajabamba (semivoluble) y de las líneas de frijol arbustivo Chuyabamba, CIFEM 89016 y CIFEP 89017. En *Rhizobium* hubo respuesta vegetativa del frijol a las aplicaciones de inoculante CUSCO 10, tanto

en PDC como en los semilleros y siembras comerciales de maíz- fríjol. A través del subproyecto PAS, se pudieron establecer por lo menos 20 hectáreas de semilleros; no obstante los problemas de sequía, la cosecha de semillas fue buena.

1.4 COSTA CENTRAL

La costa Central del Perú se ubica principalmente dentro del departamento de ICA. Los agricultores poseen 20 hectáreas y los que siembran fríjol, lo hacen en 3,7 hectáreas, ambos promedios. También se siembra algodón, papa, maíz y hortalizas, todo bajo condiciones de riego y con orientación al mercado nacional o de exportación. El fríjol es en unicultivo, en rotación con algodón o maíz. La mayoría de los productores compran semilla, aunque la consideran escasa y cara, siembran variedades de tipo canario y blanco, muy pocos agricultores fertilizan (fertilizante caro) y utilizan maquinaria y bueyes en la preparación del suelo y labores al cultivo; contratan mano de obra para casi todas las labores y el 75 por ciento y utilizan crédito para la siembra de fríjol.

El cultivo es atacado por enfermedades como: roya, pudriciones radicales, nemátodos y virosis; en esta región, las pudriciones radicales y los nemátodos, son un verdadero problema. Las plagas más comunes son: mosca minadora, empoasca y barrenadores de la vaina. Todos los productores utilizan pesticidas. Otros problemas señalados, son: deficiente calidad de la semilla, escasez de agua para riego, alto costo de insumos y escasez de dinero.

Buscando solución a algunos de estos problemas, PROFRIZA ha apoyado los siguientes subproyectos de investigación: Pudriciones radicales (PUR), tanto para enfermedades fungosas como para nemátodos; Manejo Integrado de Plagas (MIP); Producción Artesanal de Semilla (PAS), Investigación Participativa (IPA) y Sistemas de Producción (SIS). En cada uno de los subproyectos ha habido avances significativos: se han desarrollado líneas resistentes a pudriciones de raíz, como CIFEM 91407, CIFEP 91406, CIFEP 91407 y CIFAC 91408; resistentes a nemátodos, como: NEMA 89022, NEMA 89014, y NEMA 89029. En ambos casos las líneas son de buen valor agronómico, y grano comercial, blanco o amarillo. Estas evaluaciones se hacen a través de IPA. Se ha evaluado el fríjol intercaldo con las siembras de algodón; aunque la siembra de fríjol reduce el 16,4 por ciento de la producción de algodón, su producción compensa en 126 por ciento tales reducciones de la cosecha de algodón. La rentabilidad del sistema es buena.

permitiría al agricultor tener un ingreso adicional antes de la cosecha de algodón (9-10 meses) y permitiría aumentar la producción nacional de leguminosas. En MIP, se han sentado las bases para el desarrollo de un plan de trabajo sobre el particular y en PAS, se ha seguido apoyando la producción de semillas, especialmente con las nuevas variedades liberadas recientemente: Blanco Larán, Canario 200 y Canario Centinela.

1.5 SIERRA SUR DE ECUADOR

Comprende las provincias de Loja, Azuay y Cañar, donde se cultivan anualmente 26.000 hectáreas, alrededor del 50 por ciento de la superficie nacional. El clima es templado - húmedo a templado - semiárido en las partes de 2.000 - 2.800 m.s.n.m. donde se siembra el frijol asociado con maíz y semicálido - semiárido en los valles (800 - 2.000 m.s.n.m) donde se cultiva el frijol arbustivo en unicultivo bajo riego. En ambos casos el frijol es sembrado por pequeños productores de acentuado minifundio (menos de una hectárea), en su mayoría dueños de la parcela.

El frijol voluble, 100 por ciento asociado con maíz, se siembra de Octubre a Noviembre en terrenos de ladera preparados con tracción animal (78 por ciento), bajo condiciones de secano. Se usan variedades locales tipo Bola Canario (Bola Serrano, Bola de Cuenca), Bola Blanco y crema moteado (Siete Billetes); más del 95 por ciento no usa abonos para el frijol y el empleo de pesticidas es nulo.

En los sitios más bajos (2.000 - 2.200 m.s.n.m), a la asociación maíz - frijol le intercalan frijol arbustivo, el mismo que se cosecha entre los 100 y 120 días, mucho antes del frijol trepador. El frijol voluble tiene problemas fuertes de enfermedades: antracnosis, roya y oidium; en los sitios cercanos a Cuencas (Azogues, Chuquipata, Ricaurte, Paute, Gualaceo), hay problemas de mosaico común. En relación con las plagas, en Loja está muy difundido el CUZO (chiza o gallina ciega); en las partes bajas se presentan diabroticas y empoasca. La cosecha es para el autoconsumo en verde y seco y una pequeña parte para los mercados locales o de Guayaquil.

El frijol arbustivo se cultiva en los valles mesotérmicos, como Catamayo y Malacatos en Loja y Yunguilla en Azuay. Se puede sembrar todo el año; sin embargo parte de las siembras se hacen en los meses de Junio - Julio, después

de la cosecha del tomate. El 75 por ciento siembran menos de una hectárea, en terrenos planos o de pendiente moderada, bajo condiciones de riego; preparan el suelo con tractor o yunta, equipos generalmente alquilados; todos los cultivadores aplican fertilizante (úrea), al suelo y/o al follaje. Siembran variedades locales de grano crema moteado (Percal Rayado, Centro), de gran demanda en tierno en los mercados locales, de grano blanco mediano (Percal Blanco) para el mercado de las ciudades del litoral (tierno y seco) o variedades de color amarillo suave, como el Cocacho o Bola 60, principalmente para el consumo local como grano seco. Estas variedades son muy susceptibles a la roya; como la mayor parte se cosecha en tierno (percales), hay problemas fuertes de abastecimiento de semilla. Las plagas importantes son: mosca minadora, empoasca, barrenadores de la vaina y tierrero. Todos los productores aplican mezclas de insecticidas, fungicidas y abono foliar, hasta en cinco ocasiones. Quienes siembran más de media hectárea contratan mano de obra para sembrar, desyerbar, fumigar y cosechar. No hay crédito oficial, existiendo un sistema informal de préstamos por los intermediarios, quienes en muchos casos obligan al productor a entregarles la cosecha a menor precio.

El trabajo que apoya PROFRIZA en el Austro Ecuatoriano, se desarrolla con INIAP en Azuay - Cañar y con el MAG - PROTECA y la Universidad Nacional de Loja, en la provincia de Loja. A través de los subproyectos CIAA e IPA, se han evaluado líneas buscando resistencia a antracnosis, roya y mosaico común, de buen valor agronómico y granos con preferencia en el mercado local. En la campaña 1991-1992 en volubles, repitieron como líneas muy sobresalientes : TIB 3042, INIA 41.1, LAS 344 y G 11850 F. En arbustivos las líneas SUG 65, EMP 233, EMP 235, PVA 773, AFR 333; las variedades de INIAP 404, INIAP 411, Imbabello y Paragachi, fueron muy sobresalientes. En la campaña 1992 B, se contempla la información (aceptación de mercados y de agricultores) para definir que las líneas se apoyarán como nuevas variedades. Igualmente se ha multiplicado semilla de las mejores líneas, que se aprovechará para establecer parcelas de confirmación y lotes de producción artesanal de semilla. En manejo Integrado de plagas, se levantó el diagnóstico sobre plagas y uso de pesticidas en frijol, datos que sirvieron para definir y establecer los primeros ensayos en Loja, tendientes a diseñar una estrategia para el manejo de las plagas de frijol arbustivo.

1.6 SIERRA NORTE DE ECUADOR

Se trabaja fundamentalmente la provincia de Imbabura, donde se siembra

anualmente 13.000 hectáreas de frijol. De este total, 10.000 son de frijol arbustivo y 3.000 son de frijol voluble en asociación con maíz. La mayor parte del frijol arbustivo se cultiva en las tierras irrigadas por el río Chota, de clima semicálido y semiárido, en terrenos planos o de pendiente moderada, arenoso o franco arenosos deficientes en nitrógeno, fósforo y Zinc. La producción esta orientada al mercado colombiano, con variedades de grano rojo moteado tipo Cargabello o Calima. Usan fertilizantes la mayoría aplicados al follaje. La enfermedad principal es roya y las plagas: mosca blanca, barrenador de la vaina y tierreros. Todos los productores aplican pesticidas hasta en cinco ocasiones, utilizando mezclas de insecticidas, fungicidas y abono foliar. La siembra, las desyerbas (2) y la cosecha, son manuales, actividades para las cuales se contrata mano de obra. La trilla se hace pasando un tractor o camión sobre el frijol, operación que puede dañar hasta el 30 por ciento de su viabilidad. Este grano se usa como semilla para la siembra.

Por su parte, el frijol trepador de secano se siembra en Otavalo y sus alrededores. Su propósito es producir para autoconsumo, para el mercado local y muy poco para Colombia. En los últimos dos años, los precios de frijol trepador para el mercado local, se han quedado estancados; el quintal de Bolón bayo Bola Canario, en Mayo - Junio de 1992, se vendió a 35.000 sucres, en tanto que el frijol rojo moteado o rojo para Colombia, estuvo hasta en 70.000 sucres el quintal. Por esta razón y por el incremento de las siembras de maíz para venta de Choclo, que no puede llevar frijol asociado, las siembras de frijol trepador tienden a disminuir. Además, hay problemas fuertes con enfermedades (antracnosis, roya, ascochyta) y de variedades locales muy tardías y agresivas. Tampoco se dispone de semilla de calidad.

De los trabajos realizados por INIAP en 1991-1992 con apoyo de PROFRIZA a través de los diferentes subproyectos, se puede adelantar lo siguiente: En frijol arbustivo continuó la selección de variedades en campos de agricultores, con preferencia a los rojos moteados, incluyendo algunos materiales de grano negro, blanco y rojo tipo radical. Se hicieron evaluaciones por resistencia a roya, resistencia a pudriciones de raíz, resistencia a nemátodos y sobre todo, tomando en cuenta su valor agronómico (sanidad, hábito-precocidad y potencial de rendimiento). En variedades, las mejores fueron: INIAP Imbabello, INIAP 404, Pragachi e ICA Pijao; líneas muy promisorias de tipo panamito EMP 233 y EMP 212. Se promovió la producción de semillas de las variedades de frijol rojo moteado en uso y se ha insistido en que los agricultores produzcan su propia semilla y eviten el uso del tractor o camión para la trilla.

En frijol voluble continuó la evaluación de variedades, con los siguientes objetivos: a) Selección de variedades precoces, de hábito IVA propias para siembras con maíz destinado a la producción de choclo, para efectuar cosechas simultáneas; b) Identificación de variedades menos tardías y agresivas, de Granos Bolón bayo, Bola Canario y Bolón blanco, para el mercado nacional; c) Selección de variedades propias para la asociación, pero con grano rojo o moteado, para abrir la oportunidad de producción de frijol del tipo voluble para la exportación. Entre los materiales precoces para la siembra con maíz choclero, destaca LAS 344; líneas para el mercado nacional, G 11780 F tipo Canario; líneas para el mercado nacional y de exportación, TIB 3042. A esta última línea introducida de Colombia, ya se le ha bautizado como INIAP 412 Toa. En producción artesanal de semilla, se trabajó buscando otras alternativas a la asociación con maíz: se verificó la excelente calidad de semilla producida en espaldera o tutor y las posibilidades que tienen de que el sistema sea adoptado para éste propósito por los pequeños productores. La espaldera y el tutorado también mostraron su factibilidad para producir frijol como grano comercial.

EL MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS Y SU RELACION CON EL CULTIVO DE FRIJOL

Ernesto A. Álvarez C*

1. INTRODUCCION

El desarrollo industrial y el mal uso del agua, características del sector agrícola en la época moderna, la carta de Anahuac, conocida el 5 de Junio de 1990 y que muestra la creciente preocupación de los científicos ambientales por el impulso de una agricultura extractiva y degradadora de los recursos naturales y de la necesidad de una agricultura sustentada ecológicamente, son pareceres diametralmente opuestos, que han puesto a parte de la humanidad a tomar cartas en el asunto.

Al parecer, en muchos países ha salido avante la tesis de que no basta producir grandes cantidades de alimentos, materias para la industria y divisas, sino que es necesario conservar los recursos naturales en los que se sustenta y garantiza su continuidad, sustituyendo insumos provenientes de fuentes no renovables. Estos son los manejos agrícolas alternativos adaptados al medio ambiente y de una gran eficiencia energética.

Los sistemas de producción de frijol no escapan a estas consideraciones y son muchos los casos en que hay un claro desplazamiento de insumos convencionales con el fin de entregar un frijol libre de residuos tóxicos, con un mínimo deterioro de los recursos naturales, en especial suelo y agua. No obstante lo anterior, se hace necesario hacer un esfuerzo para implantar un sistema agrícola productivo

* Ing. Agrónomo, M.S. Fundación Universitaria Católica de Oriente de Antioquia. Actualmente: Director C.I. "La Selva" AA 100, Rionegro, Antioquia, Colombia.

moderno pero sostenible, estable y equitativo, mediante la incorporación de una unidad de planificación apropiada y aquí es cuando irrumpe con toda su fuerza la cuenca hidrográfica como una unidad, no sólo, integradora de todas las actividades que se desarrollan en el área de tierra dada sino también, como evaluadora de los impactos sobre los recursos naturales.

2. PROBLEMATICA DEL MANEJO DE CUENCAS

El problema del deterioro de las cuencas y su manejo surge de las diversas actividades ejecutadas por el hombre y los efectos e impactos por ellas producido.

Las actividades más conocidas por todas las personas, ejecutadas en las cuencas son: Colonización, tala de bosques, quemas agricultura, ganadería irracional, industria, construcción de embalses o represas, construcción de vías y minería.

Los efectos de estas actividades, identificados fácilmente, son: Erosión de los suelos, desertización, pérdida de nutrientes y microorganismos del suelo; contaminación del suelo, salinización del suelo, cambio del ciclo hidrológico y régimen de caudales; contaminación del agua por residuos químicos, orgánicos y minerales a nivel urbano e industrial; pérdida y migración de fauna nativa; desaparición de especies vegetales; disminución de la pesca, sobrepastoreo, producción de basuras, contaminación del aire por gases, humo, olores y ruido; sedimentación, salinización de aguas; pérdida de suelos agropecuarios o aprovechables; desestabilización de taludes y derrumbes, entre otros.

3. LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE FRIJOL Y SU PROBLEMATICA PARA LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

Desde su aparición sobre la tierra el hombre ha modificado el ambiente y muy especialmente el agricultor, cuya actividad constituye una permanente acción sobre los recursos naturales, causando en la mayor parte de las áreas rurales una disminución de la fertilidad y una grave interferencia del equilibrio biológico, manifestaciones que en casos extremos llega a unos límites tales que se presentan lo mismo en las montañas que en los desiertos.

Según el Inderena (1985), en Colombia hay 60 millones de hectáreas afectadas

por diferentes grados de erosión, la mayoría de estos suelos, localizados en zonas de laderas, estuvieron cubiertos de bosques y fueron talados para establecer pastos y cultivos. Su manejo inadecuado, no sólo ha ocasionado la pérdida de millones de hectáreas de suelo fértil sino, que ha reducido la capacidad de las cuencas hidrográficas para retener y suministrar agua, generando problemas de expulsión campesina y catástrofes en sus áreas bajas, tanto en la época de lluvias como de sequía e incluso llegando a afectar el funcionamiento de obras hidráulicas y proyectos hidroeléctricos, con secuelas en toda una nación.

El frijol ocupa entre 120.000 y 158.000 hectáreas al año en Colombia, de las cuales el 93 por ciento están ocupadas en la Zona Andina (de laderas) y 90 por ciento como pequeños cultivos (de menos de cinco hectáreas), sembrados en relevo, asociado, intercalado, tapado o como monocultivo (envarado o espaldera).

La problemática del cultivo del frijol siempre se ha orientado al aumento o a sostener los rendimientos controlando la fertilidad, las plagas, las enfermedades y la calidad de las semillas, pero muy poco se ha considerado sobre su impacto en los recursos naturales y la forma de disminuir el impacto negativo, a pesar, de hablarse permanentemente de un enfoque sistémico interdisciplinario. Es el caso, por ejemplo, de los sistemas de producción de frijol asociado, que se ha practicado desde épocas remotas y se han estudiado más desde el punto de vista de competencia por la luz, agua, nutrientes o de complementación o eficiencia en uso de mano de obra o capital pero no, desde las perspectivas de sus bondades de una mayor protección al suelo y retención de agua. Igual pasaría con los de relevo y tapados.

En el sistema papa --- maíz --- frijol, el suelo permanece cubierto prácticamente más de la mitad del tiempo; en los lotes se incorporan prácticas de conservación de suelos como desagües y acequias de laderas, cubiertos a lado y lado con pastos de corte y otras barreras vivas; no se desyerba totalmente pues se peina la maleza de la parte alta del caballón y se deposita en la calle controlando el movimiento libre del agua. En general, en estos sistemas se observa que se va haciendo suelo si se compara con los lotes que se dejan para pastoreo donde se presenta un deterioro permanente del suelo. En la siembra llamada de frijol tapado, utilizado en muchas regiones de nuestro país, hay una protección casi completa del suelo, pues no hay erosión de éste, ni se expone en ningún momento a los efectos directos de las gotas de lluvia; su rendimiento es sólo de uno a diez veces cuando en otros sistemas es de más de uno a cuarenta pero, con grandes inversiones en mano de obra y pesticidas.

Los sistemas que emplean caballón o aporque alto, a la vez que sirven de control sanitario y para la generación de raíces adventicias, sirve aparentemente para proteger el suelo de la erosión.

El sistema maíz --- frijol parece ser el menos deteriorante ya que sólo se emplea una vez al año y el más deteriorante el de frijol espaldera y rotado con tomate de aliño o de mesa.

El frijol sembrado en sistemas agroforestales en medio de árboles o arbustos ya sean con el fin de obtener frutas, madera fibras y/o forrajes sería de los sistemas más recomendables.

El otro deterioro que viene unido con los sistemas más generalizados de siembra de frijol es el que se refiere a la contaminación del suelo, el agua, el aire y el propio producto, por la aplicación de pesticidas y fertilizantes tanto químicos como orgánicos sin control alguno.

Todo lo anterior plantea la necesidad de adelantar investigaciones que permitan cuantificar y cualificar los efectos de los sistemas de producción de frijol en los recursos naturales ya existentes, ya sea a nivel de una microcuenca o cuenca hidrográfica, pues funciona como un sistema que permite apreciar lo positivo o negativo de una determinada actuación del medio.

4. MEJORAMIENTO DE LA GESTION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

La gestión de las cuencas hidrográficas tiene como fin proteger, conservar o recuperar los recursos naturales y satisfacer las necesidades legítimas de sus propias comunidades y las de los usuarios. El ordenamiento y manejo de las cuencas se realiza con relación a la oferta de recursos naturales y la demanda de dichos recursos naturales.

La gestión, se entiende como el proceso de dirección y supervisión de actividades, tanto técnicas como administrativas y socioeconómicas, que deben realizarse para alcanzar las metas propuestas.

La gestión integral de las cuencas está generalmente bajo la responsabilidad directa o indirecta del estado. La responsabilidad de la oferta se comparte entre

entidades estatales o para- estatales con diversos grados de autonomía y las comunidades allí establecidas.

La gestión de uso se ejerce por el concurso de sistemas empresariales públicos, privados o mixtos, aún cuando todavía subsisten sistemas centralizados.

La acción del estado debe abarcar el control de la formulación de los planes de ordenamiento y de manejo de cuencas hidrográficas, la fijación de políticas de prioridades y el establecimiento de la red de cooperación técnica que facilite la circulación y el reconocimiento rápido de las decisiones tomadas en un momento dado y las reacciones de las comunidades entre ellas.

5. PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

En su gran mayoría, las propuestas existentes para el mejoramiento de la gestión de las cuencas hidrográficas se caracteriza por la ausencia de mecanismos apropiados y suficientes, para pasar del decir *¿qué hay que hacer?* al *¿cómo hacerlo?* en la práctica. Para evitar este cuello de botella y atacar efectivamente esta problemática, se hace necesario disponer de unos criterios metodológicos para el tratamiento ordenado de los diferentes componentes del sistema cuenca hidrográfica y sus diversas interrelaciones hacia el interior y el exterior de ella, dentro de un enfoque de sistemas. Igualmente, es importante establecer un mecanismo que facilite la comunicación, la información y la cooperación técnica entre las diversas instituciones y personas que trabajan con cuencas hidrográficas y ésta es la " RED DE COOPERACION TECNICA EN CUENCAS HIDROGRAFICAS ".

Por último se considera primordial fijar unos criterios de políticas de prioridades que permiten concentrar los esfuerzos y los recursos disponibles donde más se necesitan.

6. EL SISTEMA CUENCA HIDROGRAFICA

6.1 ANTECEDENTES GENERALES

En el país y en otros países han venido funcionando diferentes criterios sucesivos de políticas en cuanto al manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas:

6.1.1 Criterio proteccionista

Operó en la década de los 50 cuando la reforestación comenzó a ser introducida como herramienta única de protección de suelos, nacimientos y márgenes de corrientes de aguas, complementada con acciones de control y vigilancia y la promulgación de un paquete reglamentario de normas sobre áreas forestales protectoras. Esta política fue complementada e impulsada con la vinculación al país del Servicio Técnico Colombo-Americano (STACA), el cual, en coordinación y cooperación con el Ministerio de Agricultura y otras entidades, inició un programa de investigación sobre adaptación y comportamiento de coníferas y eucaliptos. Dentro de este modelo proteccionista, algunas empresas públicas municipales y otras entidades adquirieron áreas críticas en cuencas de captación para reforestar con propósitos de regulación, aumento hidrológico para acueductos y desarrollo energético.

6.1.2 Criterio de manejo con propósitos de uso múltiple

Desde mediados de la década del sesenta se empezó a considerar la cuenca hidrográfica como una unidad biogeográfica de uso múltiple. Iniciaron entonces, por parte del Ministerio de Agricultura, la extinta C.V.M., el Inderena, la C.V.C., la CAR y la C.D.M.B., estudios de diagnóstico más detallados que sirvieron de bases para formular lo que se puede considerar como los primeros planes de ordenamiento de algunas cuencas. Estos planes se orientaron con énfasis en el análisis de las condiciones y características biofísicas de las cuencas y algunos aspectos sociales sólo se tocaron someramente. La acción proteccionista seguía impulsándose junto con ésta.

6.1.3 Criterio de desarrollo o manejo integral

Las experiencias anteriores han hecho comprender que la ordenación de una cuenca es una tarea compleja en la que influye una serie de factores, no solamente su marco biofísico sino también sus estructuras sociales, económicas y administrativa, como aspectos íntimamente relacionados entre sí. Según este criterio, su consideración se puede hacer mediante el cumplimiento de tres etapas secuenciales.

- a. Una etapa de acercamiento a la comunidad, control y vigilancia de los recursos naturales.
- b. Una segunda etapa de diagnóstico y formulación del plan de ordenación.

- c. Una última etapa de ejecución del plan con la participación de la comunidad y el apoyo técnico y financiero de las entidades públicas y del sector privado.

Por lo tanto, la definición de manejo de cuencas ha evolucionado desde su consideración como "EL ARTE Y LA CIENCIA DE MANEJAR LOS RECURSOS NATURALES DE UNA CUENCA, CON EL FIN DE CONTROLAR LA DESCARGA DE AGUA EN CALIDAD, CANTIDAD Y TIEMPO DE OCURRENCIA", al incorporar el uso de la tierra; "EL CONJUNTO DE TECNICAS QUE SE APLICAN PARA EL ANALISIS, PROTECCION, REHABILITACION, CONSERVACION Y USO DE LA TIERRA DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS CON FINES DE CONTROLAR Y CONSERVAR EL RECURSO AGUA QUE PROVIENE DE LAS MISMAS" y al considerar el concepto de integral y el papel que juega el hombre, hacen su aparición definiciones como las siguientes: " ES GESTION QUE EL HOMBRE REALIZA A NIVEL DE CUENCA PARA APROVECHAR Y PROTEGER LOS RECURSOS NATURALES QUE LE OFRECE CON EL FIN DE OBTENER UNA PRODUCCION OPTIMA Y SOSTENIDA" o "ACTIVIDAD ORDENADA Y PLANIFICADA QUE REALIZA EL HOMBRE, EN UN SISTEMA BIOFISICO COMO LA CUENCA, PARA APROVECHAR LOS RECURSOS NATURALES EXISTENTES, BUSCANDO UNA PRODUCCION OPTIMA Y SOSTENIBLE PARA EL INCREMENTO DEL BIENESTAR SOCIAL Y ECONOMICO".

6.2 MARCO CONCEPTUAL

Como se puede apreciar, ha ido evolucionando la necesidad de tener en cuenta al hombre, sus relaciones sociales y sus actividades como elementos de importancia fundamental en la concepción de Cuencas Hidrográficas.

Un buen nivel de vida de la población, buenos servicios, óptima producción, buen estado de salud de la población, etc., son resultados, entre otros factores, de un buen manejo de la cuenca hidrográfica. Todos los resultados, son incluidos en mayor o menor grado, por otros factores como son los recursos biofísicos de la cuenca (suelos, agua, vegetación, etc.), los elementos exógenos no manejables a nivel regional (clima, políticas nacionales, legislación, presupuesto nacional, etc.), la administración del sector público y actividades de producción, etc).

Esto conduce a tratar la cuenca como un ensamblaje de elementos dinámicamente interactuantes, es decir, como un sistema. Se define una cuenca hidrográfica entonces, como un sistema abierto cuyos elementos o subsistemas biofísicos,

social y económicos interactúan estrechamente. Un sistema abierto a flujos e influencias que atraviesan sus fronteras: recibe y da.

6.3 EL SISTEMA CUENCA PROPIAMENTE DICHO

La teoría de sistemas ha surgido como una disciplina integradora de las demás disciplinas o como teoría con el ánimo de enfrentar y resolver problemas cada vez más complejos. Dado que es una escuela de reciente data, se tienen aún diferentes concepciones de las cuales sólo se presenta lo que se cree como más conveniente para la conceptualización de una cuenca hidrográfica. Los conceptos asociados con la teoría de sistemas son:

a. Sistema; b. Enfoque de sistemas; c. Análisis de sistemas.

Según Churchman (1973), se define como "un conjunto de partes coordinadas para lograr un conjunto de objetivos". Esta definición sólo incluye aquellos sistemas que son definidos y diseñados para utilidad y propósitos del hombre, ya que los sistemas naturales son definidos casi arbitrariamente desde el punto de vista de quién define.

El enfoque de sistemas consiste en un conjunto de técnicas que se emplean para resolver problemas multidisciplinarios, lo que implica conocer herramientas analíticas rudimentarias que son particularmente útiles cuando la información es muy deficiente.

La metodología de análisis de sistemas tienen que ver con la forma como se entiende un sistema en la práctica y con su estructura para su comprensión. El esquema más común es el de entradas, procesos y salidas ("input - output" en inglés). Se entiende más fácilmente si se plantea en términos administrativos donde se tiene unos recursos (o sea entradas), ejecución (proceso), y productos o servicios (salidas); si se definen los recursos como variables independientes, matemáticamente una forma de analizar el sistema sería establecer sus relaciones y reproducir los diferentes estados de la función:

$$Y = f(X)$$

Este esquema inicial puede ser descompuesto aún más, según Churchman, en términos de ambiente, objetivos, administración, recursos, procesos y resultados o productos y servicios.

Los diagramas 1 y 2 pretenden ser una síntesis de una forma de conceptualizar una cuenca en los términos o componentes anteriormente anotados. Recurrentemente en estos diagramas se encuentran caracteres biofísicos, económicos, sociales e infraestructurales, connotando diferentes niveles dentro de la estructura o sistema de una cuenca hidrográfica.

El componente ambiental define teóricamente las relaciones al interior del sistema dentro de un determinado lapso de tiempo y no existe ninguna influencia de los restantes componentes sobre ella en dicho interregno. Los aspectos biofísicos de este componente se comprenden principalmente como el clima, radiación solar y fenómenos orográficos en general. Por su parte, los aspectos económicos son principalmente las fuerzas de mercados al exterior de la cuenca como en el caso del mercado internacional del café que afecta la actividad cafetera de una cuenca. Lo social se conforma particularmente con los patrones de cultura y esquema de poder creada por los grupos dominantes de la sociedad dentro de los cuales, se encuentra, por ejemplo, el uso y tenencia de la tierra, y la distribución, como vías y energía, principalmente repercuten en las áreas que sirven, ligando la cuenca a un territorio mayor.

Los objetivos, propósitos o funciones de la cuenca son virtualmente asignados desde la perspectiva de utilidad antropocéntrica (definidos para, y por el hombre). Si quiere que una cuenca produzca bienestar en lo referente a calidad y cantidad de sus recursos naturales renovables (agua, flora, fauna y suelo); también se desea que se prodiguen condiciones y oportunidades de trabajo y fuentes de ingreso en la parte económica, y en lo social se espera que se ofrezcan opciones para la salud, la educación y la estabilidad.

La administración toma las decisiones del sistema dentro de los límites que establecen tanto el componente de ambiente como el de objetivos. Para la cuenca en general se puede distinguir dos fuentes principales de decisión: públicas y privadas. Dentro de la gestión pública se producen decisiones de conducción (civil, orden público, etc) y de manejo de recursos naturales que en su turno tienen dos subfuentes de decisión en lo que respecta a los recursos renovables y los no renovables. En la gestión privada se puede distinguir dos áreas respecto a los grupos de poder y a los productores que tienen intereses en el área comprendida por el sistema de la cuenca. La acción conjunta de todos los entes de decisiones implica un complejo y crítico proceso administrativo de la cuenca.

El componente de recursos contiene agrupaciones de tipo biofísico, financiero,

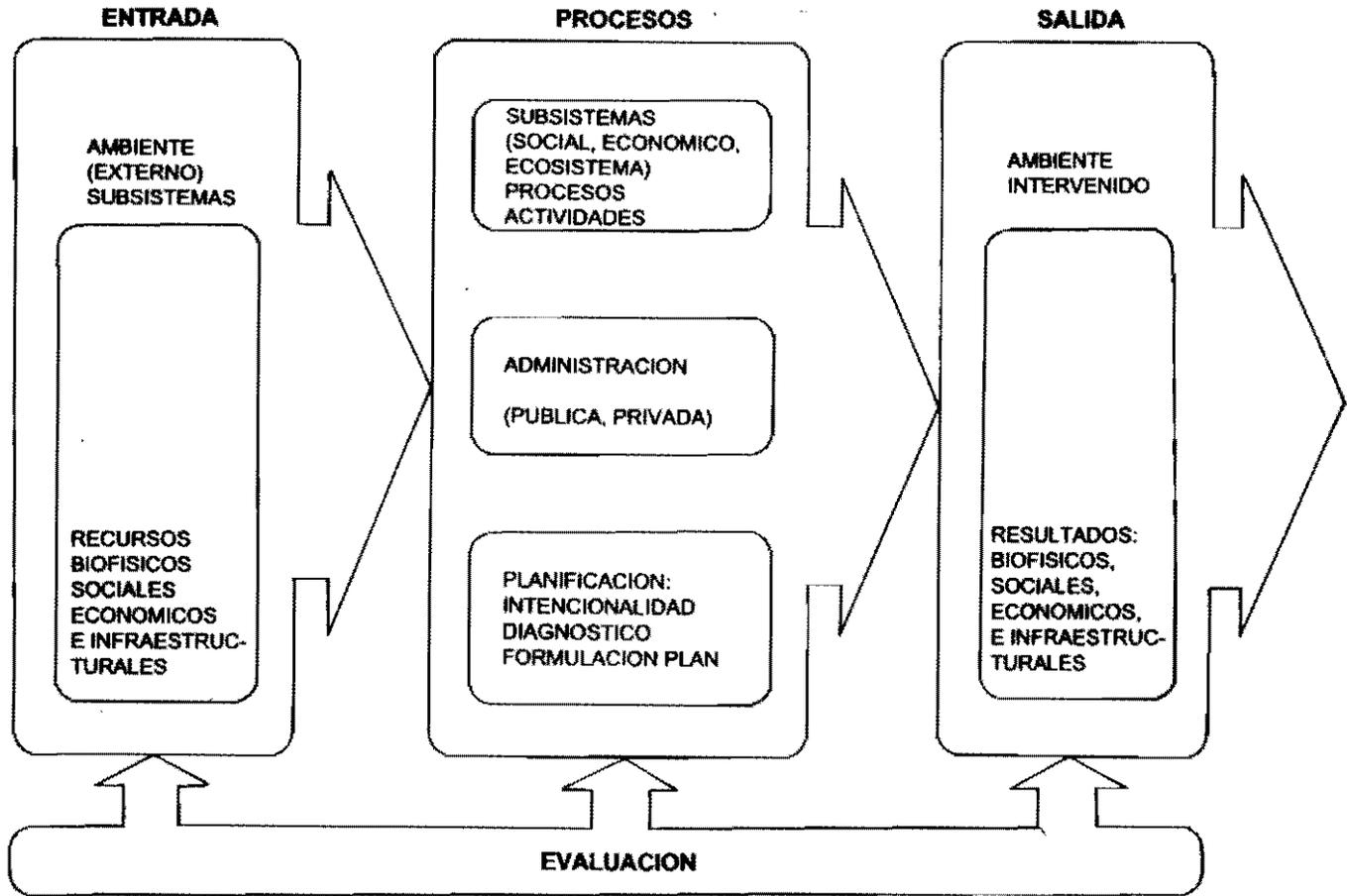


DIAGRAMA 1. SISTEMA CUENCA HIDROGRAFICA

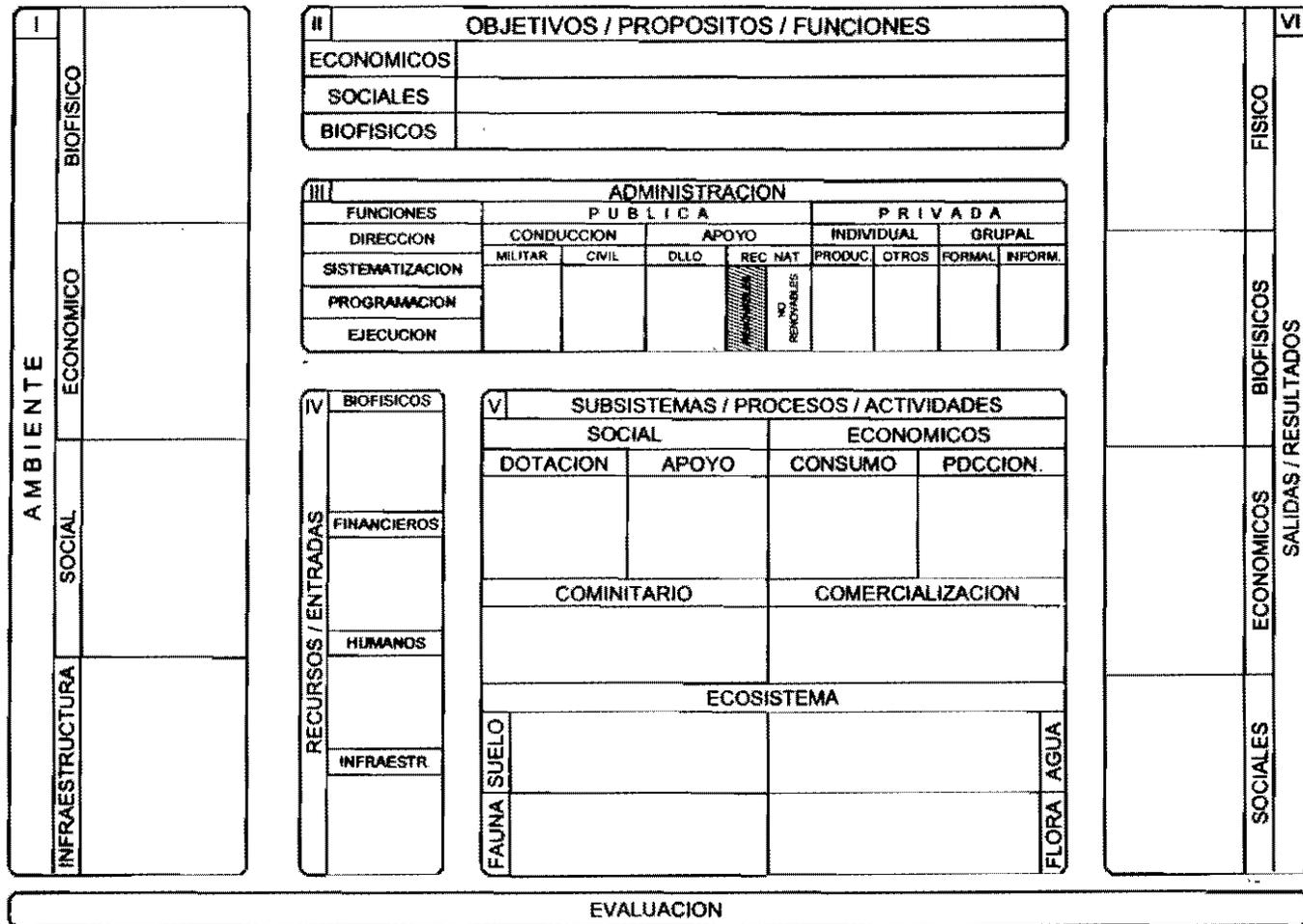


DIAGRAMA 2. SISTEMA

humano e infraestructural. Los biofísicos primordialmente son el agua y los suelos, accesos a los cuales es más racional mientras mayor infraestructura posea el área. En cuanto al grupo de recursos financieros, se refiere a los presupuestos disponibles de las actividades del área de la cuenca, y a los cupos crediticios que son accesibles a los usuarios que desean invertirlos en sus actividades. Los recursos humanos consisten en el personal administrativo, personal técnico y funcionarios que atienden las tareas inherentes al funcionamiento de la cuenca; también incluyen la oferta de trabajo operativo y especializado. Por su parte, los recursos infraestructurales mas que todo se miden en las capacidades (calidades y cantidades) disponibles en un cierto tiempo, la capacidad de transporte de carga y pasajeros dentro del período que se está considerando.

Los procesos o las actividades, como se indica, son la dinámica del sistema de la cuenca. El ecosistema "local" (si realmente existe como tal) es la base de sustentación de los procesos sociales y económicos, lo cual revela el principio de equilibrio que debe existir entre los mismos; no tiene sentido, dadas las condiciones presentes, que pueda existir un proceso sin el concurso de los restantes. El ecosistema es el resultado de la interacción entre los recursos agua, suelos, fauna y vegetación. El proceso social tiene a la comunidad como base y sustento de los procesos de apoyo e infraestructura (construcción y mantenimiento). El proceso económico se constituye con los elementos planteados por la teoría tradicional: Factores de producción o insumos, actividades productivas, comercialización, de insumos o productos y, finalmente, el consumo que incluye a los usuarios finales de todo el proceso económico.

El componente de resultados contiene los productos y servicios finales que son elaborados por los procesos. En el grupo biofísico, los resultados se refieren a las calidades y cantidades de agua, suelos, fauna y vegetación de la cuenca, los que al final del período de referencia seleccionado, tendrán unas determinadas especificaciones como causa de su doble papel de los recursos y productos. Los elementos económicos se concentran en los valores de producción, los niveles de empleo y los valores de la remuneración a productos y trabajadores. En lo relativo a los aspectos sociales, los productos y servicios finales son de tipo cualitativo en cuanto al estado de salud (mortalidad, morbilidad), educación (alfabetismo, capacitación técnica), demografía (migraciones, natalidad) y también de tipo cuantitativo, con relación a los servicios que atienden los resultados materiales son entendidos en términos de infraestructura física, tales como vías, distritos de riego, comunicación, transportes y embalses.

El componente evaluación hace su presencia en todos los componentes y los procesos tanto hacia adentro como hacia afuera del sistema permitiendo una reorientación permanente del sistema y una actualización de la información.

7. CRITERIOS METODOLOGICOS BASICOS

A continuación se exponen los criterios metodológicos básicos sobre los cuales ha habido acuerdos en diferentes grupos de trabajos constituidos multi e interdisciplinariamente y que se consideran son primordiales para mejorar la gestión de las cuencas hidrográficas en cualquier parte del mundo. Se parte de la necesidad que hay de tener en cuenta, para la formulación de los planes de ordenamiento y manejo como mínimo las siguientes partes: intencionalidad, diagnóstico, formulación y ejecución del plan.

La intencionalidad se refiere a disposiciones legales y políticas así como también a la solicitud, interés y compromisos de la comunidad, instituciones y gremios económicos o políticos que argumentan la necesidad y la importancia de ejecutar y formular el respectivo plan de manejo.

El diagnóstico se refiere a la identificación y evaluación de variables para determinar, con la participación institucional y comunitaria, el estado actual de la cuenca, las causas de tal estado, el comportamiento futuro y los mecanismos de evaluación y control.

En la formulación del plan se define la hipótesis y objetivos y se estructuran y coordinan programas y proyectos que permitan armonizar las actividades actuales y potenciales en la cuenca.

La ejecución del plan se refiere a la creación de infraestructura física, humana y financiera y de los procedimientos administrativos que permitan a la comunidad y a las instituciones comprometidas en la ejecución del plan, cumplir con las actividades previamente programadas y aplicar mecanismos que permitan evaluar las acciones ejecutadas y adecuar el plan a las situaciones nuevas que se generen.

En el mismo estudio también se fijan las prioridades para el ordenamiento y manejo de cuencas. La jerarquización de las cuencas hidrográficas la realizarán las entidades administradoras de los recursos naturales en su respectiva jurisdicción,

consultando los planes de desarrollo regional y municipal para establecer una adecuada coherencia y concordancia.

En términos generales de uso principal, las políticas de prioridades estarán dada en el siguiente orden de importancia:

- Cuencas de abastecimiento de agua para consumo humano.
- Cuencas con fines agropecuarios y forestales.
- Cuencas para la generación de electricidad.
- Cuencas para fines industriales y manufactureros.

En términos de manejo se dará prioridad a las cuencas que presentan una inmediata susceptibilidad al deterioro biofísico y luego a aquellas que presentan un alto grado de degradación física.

EL FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) EN LOS AGROECOSISTEMAS DE LADERA DE NARIÑO, COLOMBIA

Luis Obando Guerrero*

RESUMEN

Los sistemas de cultivos múltiples con leguminosas son estrategias ideadas por los agricultores para incrementar la productividad de sus parcelas, disminuir los riesgos, disponer de cosechas escalonadas y aprovechar algunas ventajas de tipo agronómico. Entre los componentes básicos de los sistemas agrícolas de la Zona Andina están las leguminosas de grano, sobresaliendo el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de tipo voluble o arbustivo, sembrado en diferentes arreglos con otros cultivos. Con frijol voluble o de enredadera se han identificado sistemas de cultivos asociados o en relevo con maíz y monocultivos con tutor de madera o caña de maíz. El frijol arbustivo se siembra en monocultivo e intercalado con otros cultivos como maíz, yuca, caña panelera, café o frutales. En este trabajo se discuten las implicaciones de tipo agronómico, ecológico y de producción, tanto de los sistemas tradicionales de cultivos como los resultados de las investigaciones realizadas por el ICA para mejorar estos sistemas tradicionales de cultivo; actualmente se dispone de tecnología apropiada para diferentes zonas agroecológicas.

Palabras Claves: Frijol común, sistemas de producción, cultivos asociados.

* Ing. Agrónomos, M.Sc., Secciones de Recursos Naturales y de Leguminosas. ICA. Actualmente: Técnicos del Programa Regional de Investigación. C.I. Obonuco, AA 339. Pasto Nariño Colombia.

1. INTRODUCCION

La agricultura de ladera de la Zona Andina se caracteriza porque los sistemas de producción se basan principalmente en los cultivos múltiples, como una estrategia para disminuir el riesgo ante condiciones ambientales adversas, aprovechar mejor el minifundio y mantener una producción escalonada a través del año agrícola; al mismo tiempo, son sistemas que presentan una cantidad de interacciones de tipo biológico que los hace más estables dentro del agroecosistema.

Los sistemas agrícolas de la Zona Andina se diseñaron para producir alimentos necesarios para la subsistencia o para abastecer mercados locales o regionales; de allí que aprovechando la gran diversidad genética y la variabilidad climática, los agricultores establecen cultivos de diferentes especies, en distintas épocas del año y bajo diferentes arreglos; además, combinan las actividades agrícolas con las pecuarias, bien sea con ganado o con especies menores, estableciéndose entre estos componentes del sistema una serie de relaciones, muchas de ellas aún no identificadas o no estudiadas.

En muchos casos, los productos del sistema agrícola como los granos y los residuos de cosecha se convierten para el sistema pecuario, suministrando bases energéticas a los animales que son aprovechadas en las labores de cultivo y luego se reconvierten en carne y leche y otros productos alimenticios; además, muchos de los desechos son utilizados como abonos orgánicos.

En los sistemas de producción de clima frío de Nariño, uno de los arreglos de cultivos más frecuentes es el asocio de frijol voluble con maíz; en el clima medio, el intercalamiento de frijol arbustivo con maíz.

Estos arreglos permiten un mejor aprovechamiento del recurso suelo. Con la asociación o intercalamiento de maíz y frijol se obtiene un mayor índice de uso de la tierra y mayores ingresos por unidad de superficie. Esto significa que, con los sistemas múltiples de cultivo, el agricultor se beneficia tanto económicamente como por la producción de alimentos.

Estos sistemas por su parte, son conservacionistas, teniendo en cuenta que al mantener una cobertura viva no permite el crecimiento de malezas, disminuye la necesidad de remover el suelo con las desyerbas, resiste la energía cinética de las gotas de lluvia y reduce la posibilidad de escorrentía, evitando así la erosión. Además, se aprovecha mejor la energía solar disponible en el trópico al exponer

mayor área foliar, la cual se traduce en incremento de la productividad del sistema.

2. IMPORTANCIA

La FAO estima que de un 10 a un 15 por ciento de la población mundial está subalimentada y más de la mitad padece hambre o mala nutrición, o ambas. Estas deficiencias nutricionales son más serias en los países en vías de desarrollo. Alrededor de dos tercios de la población mundial, o sea los países pobres, consumen la mitad de la proteína disponible en el mundo, y ésta es en su mayor parte proteína de cereales. Ante el aumento de la población, calculada en 7.000 millones para el año 2000 la situación alimentaria del mundo empeora cada día; por tanto, los esfuerzos de la investigación agrícola se deben orientar hacia el aumento de producción de alimentos.

Las leguminosas de grano, entre ellas el frijol, se reconocen como fuentes importantes de proteína en la dieta de las poblaciones de muchas regiones tropicales del mundo. En vista del alto costo de la proteína proveniente de la carne, la leche, los huevos y el pescado, las leguminosas de grano ofrecen una solución al problema de una deficiencia cada vez mayor de proteína.

El contenido de proteína en frijol, de acuerdo con la variedad y la región donde se produce, varía del 20 al 28 por ciento; entre los aminoácidos esenciales contenidos en esta leguminosa están la metionina que varía entre 0,17 - 0,33 por ciento, la lisina entre 1,69 y 24,42 por ciento y el triptofano entre 0,14 y 0,22 por ciento, lo que hace que tenga la mayor importancia dentro de la alimentación humana de la zona tropical.

Por otra parte, dentro de los sistemas de producción de la Zona Andina, el frijol es el cultivo base para el establecimiento de diferentes arreglos de cultivos ya que se puede asociar o intercalar con la mayoría de especies componentes del agroecosistema. Además, proporciona los mas altos ingresos al agricultor y subsidia, en la mayoría de los casos, los costos de producción de las especies involucradas dentro del sistema.

3. LOCALIZACION Y AREA DE PRODUCCION EN NARIÑO

En Colombia se cultiva frijol en todo el territorio nacional, figurando como

principales productores los departamentos de Antioquia, Nariño, Huila, Cundinamarca, Santander, Valle del Cauca y Tolima, los cuales aportan más del 85 por ciento de la producción nacional. El área sembrada en los últimos años alcanzó las 131.000 hectáreas, calculándose, por parte del Ministerio de Agricultura, que esta cifra, ascendió a 158.000 hectáreas en 1990. Del área anterior, se estima que el 93 por ciento de los cultivos están ubicados en la Zona Andina, el 5,6 por ciento en los Valles Interandinos y el 1,4 por ciento en la Región Caribe, zona ésta última donde se siembran frijoles del género **Vigna**. Respecto al tipo de planta, el 65 por ciento corresponde a frijoles de hábito de crecimiento voluble y el 35 por ciento a frijoles arbustivos.

En Nariño, alrededor de unas 26.000 hectáreas están dedicadas al cultivo del frijol, lo cual representa el 19 por ciento de la superficie total sembrada en el país, área ésta que le permite ocupar el segundo lugar en importancia a nivel nacional después de Antioquia. Del área total, el 40 por ciento se siembra en clima frío, utilizando variedades tipo voluble o de enredadera, cultivadas en un 85 por ciento en asociación con maíz e intercalado con otros cultivos (haba, quinua y calabaza) y el 15 por ciento restante en monocultivo. El 60 por ciento corresponde a frijol arbustivo sembrado en climas medios; de éste, el 70 por ciento se siembra en sistemas de intercalamiento con maíz y con otros cultivos (yuca, café, plátano y maní) y el 30 por ciento en monocultivo.

4. VARIEDADES

Dependiendo de la zona agroecológica, el cultivo del frijol en Nariño se encuentra distribuido en dos áreas bien definidas: una localizada en altitudes comprendidas entre los 2.200 y 2.950 m.s.n.m., donde predomina el cultivo de variedades tipo voluble o de enredadera y la otra entre los 1.000 y 2.000 m.s.n.m., en la cual se siembra preferiblemente frijoles tipo arbustivo.

De los frijoles de hábito de crecimiento voluble cultivados, el 85 por ciento corresponde a variedades criollas, vigorosas, tardías (10 meses), susceptibles a enfermedades y plagas, de granos de forma redonda y alargada, de tamaño grande y de gran diversidad de colores como rojo, rojo/crema, morado, morado/crema, rosado/rojo, amarillo, amarillo/morado, blanco y blanco/negro, crema/café, morado/negro, etc. El 15 por ciento está representado por dos variedades mejoradas por el programa de leguminosas del Frijolica 0-3.2 e ICA Rumichaca. De las variedades criollas, las más cultivadas son: Bolón rojo, mortiño, rosado sabanero, cargamento rayado y manta negro.

Entre las variedades de frijol arbustivo que se siembran más comúnmente en Nariño están: regionales como Limoneño, Argentino, Blanquillo, Monteoscuro y Radical y Mejoradas Diacol Calima, Diacol Nima, Diacol Andino e ICA Duva para el clima medio.

Para el clima frío y frío moderado, el ICA, ha producido variedades de frijol arbustivo en los últimos cinco años, con adaptación a estas condiciones climáticas como Frijolica 0-3.1, ICA Guaitara e ICA Cerinza. Estas variedades se constituyen en un nuevo componente para los sistemas de producción del clima frío y son alternativas para la reconversión de las zonas dedicadas al cultivo de cereales, principalmente la cebada.

5. SISTEMAS DE CULTIVO

Debido a la gran diversidad genética y la variedad de condiciones agroclimáticas, la agricultura andina, ha permitido que los agricultores desarrollen diferentes sistemas de cultivo, y ha sido el frijol, por su diversidad de hábitos de crecimiento, el tipo y color de grano y las formas de consumo, la especie que más fácilmente se adapta a todos los arreglos de cultivos existentes y a las exigencias y gustos del consumidor.

El 90 por ciento de las plantaciones de frijol en el departamento de Nariño se siembran en ladera, el 85 por ciento se cultiva asociado o intercalado con otros cultivos como maíz, haba, quinua, yuca, café, plátano, higuera y maní. El sistema de producción de frijol con maíz es el más utilizado y se ha incrementado su productividad con la introducción de variedades agronómicas mejoradas.

Estos sistemas se han practicado tradicionalmente con tecnologías ideadas por los mismos agricultores, de acuerdo con sus necesidades, disponibilidad y uso de la tierra. En general, utilizan semillas regionales, aplican agroquímicos en forma inadecuada, los rendimientos son bajos y la calidad de los productos, es apenas regular. Sin embargo, el potencial de producción de estos sistemas es alto y de ellos proviene la mayor parte de la producción agrícola del departamento.

5.1 MAIZ ASOCIADO CON FRIJOL VOLUBLE

Tradicionalmente, en climas fríos y fríos moderados el frijol voluble se asocia con

variedades regionales de maíz, como el morocho blanco, de grano fino y consistencia dura y capio blanco o amarillo, de consistencia harinosa. La característica principal de estos maíces es la de desarrollar un tallo grueso y alto que permite sostener el frijol con un mínimo de volcamiento. Las variedades tanto de frijol como maíz utilizados son tardías, generalmente entre ocho y diez meses, y por lo tanto sólo permiten una cosecha al año.

Para la preparación del terreno y otras labores culturales, en este sistema, se emplea la fuerza humana y animal, dependiendo de este último caso de la topografía y de algunas características del suelo, condiciones que también tienen en cuenta para la siembra, la cual se realiza con el método tradicional de chaquín, chuzo o irragua, depositando la semilla en la parte superior de cualquier lado del surco, según la orientación de la pendiente.

Se siembra simultáneamente el maíz y el frijol en proporción de tres a cuatro granos de maíz por dos o tres de frijol por sitio. Las distancias de siembra empleadas son de un metro entre surcos por un metro entre plantas, para una población de 30.000 a 40.000 plantas de maíz y 20.000 a 30.000 de frijol voluble.

Algunos agricultores acostumbran sembrar la leguminosa y la gramínea en asociación en el sistema de tresbolillo, para lo cual las distancias entre surcos son de 0,60 metros y entre sitios o plantas de 1,20 a 1,50 metros.

En la actualidad, el agricultor ha adoptado nuevas tecnologías generadas por el ICA para los sistemas de siembra, como el trazar surcos superficiales distanciados entre sí a un metro, depositar simultáneamente tres semillas, tanto de frijol, como de maíz en el mismo sitio, directamente en el surco a una distancia de 0,80 metros, lo que permite incrementar la población a 37.500 plantas de frijol y maíz.

5.2 FRIJOL VOLUBLE EN MONOCULTIVO

En los últimos cinco años, la siembra de frijol voluble en monocultivo se ha incrementado del 5 al 15 por ciento debido a los mayores rendimientos, mejor calidad de grano y mayores ingresos que se obtienen con este sistema.

La siembra de frijol voluble en monocultivo se realiza en surcos distanciados a un metro, depositando cuatro semillas de frijol por sitio, también a un metro de distancia, para obtener una población de 40.000 plantas por hectárea. Cuando el

frijol comienza a desarrollar sus primeras guías, el agricultor coloca en cada sitio una vara de madera como tutor para lo cual se necesita un total de 10.200 varas por hectárea. Generalmente, el agricultor hace cuatro labores de enredado de las guías del frijol sobre los tutores.

En el sistema de monocultivo de frijol voluble en la zona andina de Nariño, pese a que se obtienen mayores rendimientos que en cultivo asociados con maíz, se han venido produciendo algunos efectos en detrimento de los ecosistemas de la zona andina de Nariño debido al uso de madera como tutor. Generalmente se recurre a arbustos que crecen en los cercos de las fincas o los bosques de vegetación incipiente para la consecución de varas tiernas de no más de tres a cinco centímetros de diámetro, eliminando de esta forma toda posibilidad de regenerar la vegetación arbórea de la cuenca y microcuencas.

Una de las consecuencias es la alteración del régimen pluvial y el deterioro de las escasas fuentes de agua.

Si se tiene en cuenta que la siembra del frijol voluble en el sistema de monocultivo se hace a un metro entre surcos y un metro entre plantas y se establecen poblaciones de unos 10.200 sitios por hectárea, se necesita el mismo número de varas para apoyar el frijol, lo que implica que anualmente se deforestan unos 10.200 arbustos por hectárea y si en la actualidad se siembran unas 1.600 hectáreas de frijol voluble en monocultivo, se destruyen unos 16'320.000 arbustos, ocasionando daños ecológicos incalculables.

Consciente de la necesidad de manejar adecuadamente los recursos naturales y ayudar a los agricultores a solucionar sus problemas, el ICA entregó una nueva tecnología, la cual consiste en sembrar el frijol voluble en monocultivo en el sistema de enmallado, el cual se construye cuando la planta de frijol comienza a emitir sus primeras guías, aproximadamente entre los 60 a 70 días después de la siembra.

El enmallado consiste en instalar postes de madera de tres metros de altura y 0,15 metros de diámetro a cada 10 metros de distancia, sobre los cuales y en la parte posterior, se amarra y se temple alambre galvanizado calibre 14 que sirve de base para temprar hileras de alambre calibre 18 a lo largo de los surcos de frijol. En la base del enmallado y sobre los surcos se templan hilos de polipropileno, entre los alambres de la parte superior y los hilos de polipropileno de la base se templan otros hilos de polipropileno en cada sitio de frijol, el cual servirá de tutor para enredar las plantas.

Este sistema de enmallado permite aumentar la población de hasta 60.000 plantas por hectárea al reducir las distancias entre plantas a 0,50 metros; se conserva la distancia entre surcos de un metro, con el fin de facilitar al agricultor las labores de cultivo.

Otra forma de construir el enmallado es colocando sobre cada uno de los surcos de frijol postes de madera cada 20 metros de distancia, sobre los cuales se temple alambre calibre 14, conservando las mismas distancias de siembra. Se recomienda colocar en medio de dos postes una o dos varas para dar mayor estabilidad al enmallado cuando el frijol se encuentre en plena producción.

Por su parte, el agricultor ha adoptado el sistema de enmallado por las bondades del mismo, con su participación directa en los trabajos de investigación en fincas, realizados por el ICA, ha hecho que este sistema se modifique de acuerdo con los elementos disponibles en la zona, entre ellos los subproductos de cosecha como la caña de maíz.

5.3 MAIZ ASOCIADO CON FRIJOL VOLUBLE E INTERCALADO CON HABA

En el sur del departamento de Nariño en los municipios de Ipiales, Pupiales, Potosí, Córdoba, Contadero, Gualmatán, Puerres y Funes, el sistema de intercalar haba entre la asociación de maíz x frijol, es bastante generalizada.

Entre las plantas de la asociación maíz x frijol se intercala haba en forma continua o cada dos sitios. La población y las distancias de siembra de maíz y frijol son las mismas que en la asociación de las dos especies. Los tres cultivos se siembran simultáneamente, también con chaquín o chuzo, depositando de tres a cuatro granos de maíz, dos a tres de frijol y dos semillas de haba, por sitio.

Las variedades de maíz y frijol utilizadas en este sistema son las regionales; de haba se siembran las variedades regionales "blanca común" de tamaño grande y "habilla" de grano pequeño.

Dentro de este sistema, el agricultor acostumbra sembrar surcos de quinua cada diez metros, en forma opuesta a los de maíz x frijol // haba. Además, es usual ver dentro del sistema algunas plantas de calabaza o zapallo que las siembra, unos quince a veinte días después de la germinación de los otros cultivos, con el fin de utilizar los frutos en la alimentación de la familia y como cultivo de cobertura para disminuir el desarrollo de malezas.

5.4 MAIZ ASOCIADO CON FRIJOL VOLUBLE E INTERCALADO FRIJOL ARBUSTIVO

La producción de variedades de frijol arbustivo para clima frío y frío moderado por parte de la sección de leguminosas del ICA en el Centro de Investigación Obonuco, se presenta como nueva alternativa para desarrollar sistemas sostenibles de producción, como también de servir como cultivo para la rotación o reconversión de zonas cerealeras.

Las distancias de siembra en el sistema de cultivo asociado de maíz y frijol voluble, fácilmente permiten el establecimiento del cultivo intercalado de frijol arbustivo. El sistema consiste en intercalar entre dos surcos de maíz por frijol voluble, dos surcos de frijol arbustivo.

El frijol voluble asociado con el maíz se siembra a un metro entre surcos y un metro entre plantas. El frijol arbustivo se siembra con distancias de 0,50 metros entre surcos y 0,30 metros entre sitios, depositando tres semillas de frijol, para una población de 200.000 plantas por hectárea.

Si se tiene en cuenta la topografía quebrada y el predominio del minifundio en la Zona Andina, una estrategia para incrementar la productividad del sistema de producción y desarrollar una agricultura sostenible, es hacer un uso más eficiente de la tierra. Con este sistema se obtienen en climas fríos dos cosechas de frijol por año agrícola, se mantiene una cobertura productiva que protege al suelo de factores erosivos y se disminuye la incidencia de malezas.

5.5 MAIZ INTERCALADO CON FRIJOL ARBUSTIVO

El 60 por ciento del frijol que se produce en el departamento de Nariño, corresponde a variedades tipo arbustivo que se cultivan en zonas de clima medio que van desde los 1.000 hasta los 2.200 m.s.n.m. El 70 por ciento del frijol arbustivo se siembra intercalado con maíz principalmente y también con yuca, café o plátano y el 30 por ciento en monocultivo.

En este sistema, los surcos de frijol arbustivo se siembran entre los surcos de maíz. El número de surcos de frijol depende de la importancia que represente el cultivo de maíz, para el agricultor, si la producción de maíz se va a utilizar para la alimentación de la familia y de sus animales. Las distancias de siembra del maíz

están entre 1,50 y 2,0 metros entre surcos y un metro entre plantas, permitiendo sembrar de cuatro a seis surcos de frijol a 0,40 metros entre surcos y 0,30 metros entre plantas, depositando tres semillas por sitio, para una población de 15.000 plantas de maíz y 250.000 plantas de frijol por hectárea.

Si la producción de maíz está destinada para el comercio y la alimentación, las distancias de siembra del maíz son de 1,00 a 1,20 metros entre surcos y un metro entre plantas, caso en el cual se intercalan entre dos y tres surcos de frijol para una población de 25.000 plantas de maíz y 250.000 plantas de frijol por hectárea.

Este sistema presenta ventajas similares a las expuestas en el sistema descrito cuando se siembra el frijol arbustivo intercalado en la asociación de maíz por frijol voluble en el clima frío.

5.6 FRIJOL ARBUSTIVO INTERCALADO CON YUCA

En los climas medios, la yuca generalmente se siembra en monocultivos en surcos distanciados entre 1,50 a 2,0 metros y 0,50 metros entre plantas. Este sistema de cultivo permite la siembra intercalada de otro cultivo. El frijol arbustivo es la alternativa para aprovechar el suelo que queda libre entre los surcos de yuca durante 12 a 14 meses que tarda el ciclo de vida de la yuca, lográndose obtener hasta tres cosechas de frijol.

El sistema consiste en sembrar cuatro surcos de frijol arbustivo entre surcos de yuca. La siembra de frijol se puede hacer desde el momento de la siembra de la yuca hasta que este cultivo tenga unos dos meses de establecido. Los surcos de frijol se siembran a 0,30 metros de los surcos de yuca y entre plantas la distancia es 0,30 metros, depositando de dos a tres semillas por sitio, para una población de 10.000 a 13.000 plantas por hectárea de yuca y 320.000 plantas de frijol por hectárea.

5.7 FRIJOL ARBUSTIVO INTERCALADO CON CAFE

En estados iniciales de desarrollo del cultivo del café o cuando se hace renovación de cafetales por soqueo, se puede aprovechar el suelo intercalando frijol arbustivo; de esta manera se mantiene una cobertura productiva hasta que las plantas de café lo permitan.

La densidad de siembra de frijol arbustivo depende de la distancia de siembra del café; en general se puede intercalar de cuatro a seis surcos de frijol distanciados 0,40 metros, dejando una distancia entre planta de 0,40 metros, para obtener una población de frijol de unas 187.500 plantas al sembrar tres semillas por sitio.

En este sistema el frijol arbustivo se siembra a distancias de 0,20 a 0,40 metros entre surcos y 0,20 a 0,40 metros entre sitios, mediante el sistema de chaquín o chuzo, para una población de 375.000 plantas por hectárea.

5.9 OTROS SISTEMAS DE CULTIVO

Ante la necesidad y políticas actuales de conservación del recurso suelo para desarrollar una agricultura sostenible, las leguminosas, principalmente el frijol, por su adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, es la especie que ofrece la mejor alternativa para utilizarla como coberturas productivas en sistemas como los frutales, en los cuales se hacen prácticas de manejo de cultivos limpios y se utilizan distancias de siembra entre plantas que dejan gran parte de la superficie del suelo expuesta a la acción de factores erosivos o también en el establecimiento de sistemas agroforestales con especies perennes de uso múltiple.

Dependiendo de la especie de frutales o de forestales que conforman el sistema de producción, se puede intercalar frijol arbustivo con distancias de siembra similares a las utilizadas para el monocultivo.

6. PRACTICAS AGRONOMICAS

6.1 EPOCAS DE SIEMBRA

Las siembras del frijol, tanto voluble como arbustivo, se hacen principalmente en el segundo semestre del año, en los meses de septiembre y octubre. En los últimos años y debido a los cambios climáticos y en busca de mejor mercado, el frijol voluble se ha venido sembrando entre los meses de julio y octubre en clima frío.

6.2 SEMILLA

Hasta 1991 los agricultores podían disponer de semilla certificada que era

distribuída por Cresemillas; al desaparecer esta entidad, la semilla se compra en bodegas donde la venden parcialmente seleccionada. En otros casos, los agricultores acostumbran a dejar parte de la cosecha inmediatamente anterior como semilla para la siembra del siguiente ciclo.

En vista de la dificultad de disponer de semilla de buena calidad, las secciones de Leguminosas y de Semillas del ICA, han desarrollado tecnologías apropiadas para la producción de semilla de frijol en fincas de agricultores.

6.3 PREPARACION DEL SUELO

La preparación del suelo, se hace con yunta de bueyes en un 80 por ciento, realizando dos aradas, una rastrillada y una surcada, labores éstas que a través del tiempo han ocasionado la degradación de los suelos, disminuyendo su capacidad productiva.

Trabajos de investigación realizados por la sección de Maquinaria Agrícola del ICA en el Centro de Investigación Obonuco, demuestran que es posible mantener el nivel de producción, al reducir el número de labores o sembrar directamente sobre rastrojos de trigo, cebada o papa sin labrar el suelo, con ventajas en la disminución de costos y en la conservación de los suelos.

6.4 FERTILIZACION

El 90 por ciento de los agricultores de clima frío aplican fertilizantes al cultivo del frijol en dosis de 150 kilogramos por hectárea de un abono compuesto que puede ser aplicado al momento de la siembra o en la primera desyerba, a los 25 ó 30 días después de la siembra. Además, en algunos casos adicionan materia orgánica semidescompuesta al momento de la siembra.

En clima medio, únicamente un 15 por ciento de los agricultores acostumbran a fertilizar el frijol.

La aplicación de fertilizantes se debe hacer de acuerdo con los resultados del análisis de suelo. De lo contrario, se recomienda aplicar un abono compuesto al momento de la siembra en dosis de 200 kg/ha en la primera desyerba aplicar 50 kg/ha de úrea en corona.

6.5 CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas se hace en forma manual y se efectúan de tres a cuatro desyerbas en clima frío cuando se siembra frijol tipo voluble y de dos a tres desyerbas en climas medios en el cultivo de frijol arbustivo. La primera desyerba se hace a los 30 días después de la siembra, la segunda entre los 60 a 70 días y la tercera a los 90 días.

6.6 USO DE OTROS INSUMOS

Por otra parte, el uso de insumos agrícolas en esta zona, sobre todo en lo que se refiere a fungicidas e insecticidas es bastante alto e inadecuado. Generalmente se hacen aplicaciones de Maneb o Mancozeb más un insecticida que puede ser un dimetoato o un organofosforado en dosis de 30 gramos del fungicida y 15 a 20 centímetros cúbicos del insecticida. El número de aplicaciones que suelen hacer durante el ciclo del cultivo varía desde 10 a 15. Esto encarece los costos de producción de frijol por una parte, y por otra, se ha encontrado que tanto las enfermedades como las plagas no son controladas eficientemente y van adquiriendo resistencia.

6.7 COSECHA

La cosecha tanto en frijoles volubles como arbustivos, se hace en forma manual, utilizando además de la mano de obra familiar, jomales por contrato. El frijol voluble y por la desuniformidad en la maduración de las vainas en las variedades regionales, se hacen hasta dos cosechas. El producto cosechado se seca en los patios y luego se desgrana mediante el sistema de paleo.

6.8 RENDIMIENTO

Los rendimientos varían de acuerdo con la variedad, las condiciones agroclimáticas y el sistema de cultivo. En asociación con maíz, los rendimientos de frijol voluble oscilan entre 600 y 700 kilogramos por hectárea, los cuales son bajos comparados con rendimientos de 900 a 1200 kilogramos por hectárea obtenidos cuando el cultivo es tecnificado. La producción promedio de maíz es de 1200 kg/ha. En monocultivo se ha logrado obtener rendimientos entre 2500 y 3000 kg/ha de frijol voluble.

Los rendimientos de frijol arbustivo en clima medio son en promedio de 500 kg/ha. En clima frío, con las nuevas variedades mejoradas por el ICA, se han obtenido rendimientos entre 1200 y 1500 kg/ha en el sistema de monocultivo y de 500 a 700 kg/ha en el sistema de cultivo intercalado.

SISTEMAS DE CULTIVO MAIZ - FRIJOL MEJORAMIENTO Y PRACTICAS AGRONOMICAS

Jesús Antonio Rivera G.*

1. INTRODUCCION

El sistema de agricultura con cultivos asociados en la América Latina se remonta a nuestros aborígenes.

En la actualidad, la asociación de maíz y frijol es uno de los sistemas de cultivo mas comunes dentro de los pequeños agricultores, quienes mantienen este sistema de producción por razones de tipo cultural, nutricional, biológico y económico para minimizar riesgos y mantener una dieta balanceada y estable. Hasta hace algunos años, según Francis (2) estimativos de la proporción de asociaciones que incluía frijol en varios países latinoamericanos eran del 40 por ciento para México, 73 por ciento para Guatemala, 90 por ciento para Colombia y 80 por ciento para Brasil; así mismo, informaciones de varios Programas Nacionales de latinoamérica indicaban que alrededor del 60 por ciento del maíz y 80 por ciento del frijol se producían bajo el sistema de asociación de cultivos.

Si bien es cierto que la situación agrícola de los países andinos es muy cambiante, también lo es que el frijol y el maíz continúan siendo parte fundamental e integral de la alimentación cotidiana.

* Ing. Agrónomo, M.Sc., Sección de Leguminosas. Centro de Investigación "La Selva". Apartado Aéreo 100. Rionegro, Antioquia, Colombia, S.A. Actualmente Asistencia Técnica Particular.

2. MEJORAMIENTO PARA LOS SISTEMAS MAIZ - FRIJOL

En los últimos años, los Centros de Investigación Agrícola de los países latinoamericanos han dado gran importancia a los sistemas de asociación maíz - frijol y es amplia la literatura relacionada con competencia entre ambas especies, prácticas agronómicas y aspectos fitosanitarios, pero desde el punto de vista del mejoramiento genético para los diferentes sistemas es muy poco lo publicado.

En el sistema agrícola maíz - frijol como en otros sistemas, es necesario definir los conceptos de asociación, relevo e intercalamiento, cuyos símbolos convencionales son X, ——— , //, respectivamente.

En asociación, tanto el maíz como el frijol se siembran en el mismo sitio y comparten todo o parte de su ciclo vegetativo, existiendo competencia entre las dos especies.

El relevo maíz - frijol, es un sistema de rotación en donde el frijol se siembra después que el maíz ha alcanzado o está próximo a alcanzar su maduración fisiológica. En este sistema los tallos de la gramínea sirven de tutor a la leguminosa, reemplazando el tutoraje con otros elementos, cuyos costos pueden ser superiores al 35 por ciento del costo total del cultivo. En este sistema no hay competencia entre las especies.

El cultivo intercalado consiste en la siembra de uno de los cultivos entre los surcos del otro o en los espacios entre planta y planta, coincidiendo ambas especies en su totalidad o parcialmente en su desarrollo vegetativo.

Tomando en cuenta los anteriores conceptos, es obvio suponer que tanto el maíz como el frijol que se siembran en algunas de las modalidades anotadas, requieren condiciones y características específicas y que las especies se deben manejar no individualmente, si no, como un conjunto para que sean lo más eficientes posible, agronómica y económicamente. Se requieren entonces buenos genotipos, no sólo desde el punto de vista del rendimiento, sino de la aceptación por parte de los productores y consumidores y realizar las prácticas de cultivo apropiadas acordes con el sistema agrícola empleado.

El presente trabajo hace referencia a características agromorfológicas y los resultados de investigaciones con referencia al mejoramiento genético, las causas y los efectos sobre los rendimientos y otras características de las dos especies cuando se siembran juntas compartiendo tiempo y espacio.

2.1. CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES EN LOS SISTEMAS

2.1.1 Frijol relevo maíz:

Si se considera que en esta modalidad de cultivo el maíz es sólo un tutor, las características del frijol dependen de su potencial genético per se y el ambiente circundante. Por el contrario, los genotipos de maíz, sí deben tener ciertas características específicas especiales que lo hagan apto para el sistema, como son: Tener capacidad rendidora, tallo resistente, que mantenga su rigidez varios meses después de la maduración fisiológica, sistema radical amplio y profundo que proporcione buen anclaje a las plantas. Esto, coincide generalmente con genotipos de periodos vegetativos relativamente largos (más de seis meses) con plantas y posición de mazorcas altas. A los maíces utilizados para el relevo, se le debe realizar estudios fisiológicos para determinar los días de siembra a maduración fisiológica, con el fin de hacer la recomendación de la época de siembra del frijol de relevo y evitar así la competencia interespecifica.

Maíces con las características antes mencionadas, se obtienen a través de sistemas de mejoramiento tales como adaptación de genotipos, selecciones fenotípicas o por retrocruzamientos, utilizando como genotipos recurrentes variedades de alta producción y buena aceptación y como genotipos donantes materiales con suficiente resistencia de tallo. Los maíces así obtenidos deberán evaluarse durante el proceso de mejoramiento, en relevo con frijoles volubles agresivos. Bajo estas modalidades se han obtenido para la zona fría moderada de Colombia tres maíces comerciales a saber: ICA V 402, ICA V 453 e ICA H 403.

El relevo requiere, además de los genotipos de maíz adecuados, hacer énfasis en el manejo agronómico para propiciar un desarrollo vigoroso y buen anclaje de las plantas para que soporten la carga del frijol.

Teniendo en consideración lo anterior, en el maíz con fines de relevo con frijol voluble, en el centro de Investigación "La Selva", Rivera y Díaz (5) realizaron investigaciones sobre épocas de siembra y Rivera y colaboradores (6) sobre el aporque, de donde se concluyó que la mejor época para sembrar el maíz en monocultivo y/o con fines de relevo es en febrero - marzo, teniendo como límite mediados de abril. Para el frijol voluble, Rivera y colaboradores (6) reportaron como mejor época de siembra para monocultivo en abril y para relevo agosto - septiembre, de acuerdo con la maduración fisiológica del maíz. Rivera (10) en

estudios sobre épocas de relevo realizadas en 1990 y 1991 llegó a la conclusión de que para el relevo no es necesario esperar a la maduración fisiológica del maíz, sino que puede realizarse a partir de los 45 días después de la floración de éste sin que haya disminución de rendimiento de ninguna de las dos especies.

Se demostró además que el maíz requiere del aporque para disminuir el volcamiento el cual debe realizarse a los 65 días después de la germinación (6).

2.1.2 Asociación maíz x frijol:

La siembra asociada de maíz x frijol voluble es un sistema muy generalizado en todas las zonas frías y frías moderadas de la Región Andina.

En términos generales, con dicho sistema se ocasionan reducciones en los rendimientos en ambas especies en relación con los respectivos monocultivos, en porcentajes que oscilan entre 8 a 12 por ciento para la gramínea y de 30 a 75 por ciento para la leguminosa. Esto, suponiendo que se utilizan variedades adaptadas, puesto que si una de las especies no lo está, la situación será diferente. Esas reducciones se atribuyen al factor competencia, que bien podría definirse, como el conjunto de caracteres genético-fisiológicos de las especies asociadas y los factores ambientales que interactúan, ocasionando modificaciones en el fenotipo de las plantas, en los rendimientos o disminución en la calidad del fruto, principalmente por tamaño del mismo.

Caracteres genético-fisiológicos en el maíz son: Altura de planta y mazorca, número de hojas, área foliar, resistencia y grosor del tallo, prolificidad, longitud y ángulo del pedúnculo de la mazorca, desarrollo y profundidad del sistema radical, entre otros.

Caracteres genético-fisiológicos en el frijol son: Hábito de crecimiento, longitud de los tallos, número de ramificaciones, área foliar, número y tamaño de vainas, número y tamaño de grano, desarrollo del sistema radical.

Factores ambientales: Los que pueden considerarse como más determinantes dentro de la competencia son: Luz, precipitación, densidad, temperatura, fertilización, malezas, distancias y densidades de siembra, precipitación y disponibilidad de agua.

La eficiencia en el sistema de cultivo asociado maíz - frijol, dependerá de las características de los genotipos que se asocien. Aún no se ha determinado el tipo de planta ideal para la asociación que minimice la competencia interespecífica y que a la vez dé la mayor retribución económica. Los investigadores infieren de acuerdo con los resultados experimentales, sugieren y dan sus propias opiniones.

2.2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO MAÍZ X FRIJOL

Teniendo en cuenta el sector agrícola hacia donde va dirigida la investigación en este campo, para pequeños y medianos productores de los climas frío y medio de la Zona Andina, se hace necesario tener en cuenta varias consideraciones a saber:

1. La importancia relativa de las dos especies desde el punto de vista sociocultural y económico: Se sabe que en algunas regiones se considera como cultivo principal el maíz y secundario el frijol; en otras será al contrario. Además, generalmente los precios del frijol son mayores que los del maíz y el resultado económico dependerá del valor de la producción de las dos especies bajo el sistema.
2. Se deben trabajar genotipos con características de buena aceptación inmediata o potencial por parte de los productores y consumidores. Es frecuente que el concepto del investigador difiera del de aquéllos.
3. Hacer la investigación con base en genotipos de alto potencial de rendimiento. Frecuentemente, bajo asociación o intercalamiento, se encuentran variedades de frijol y/o de maíz que disminuyen poco el rendimiento en relación con el de monocultivo, lo cual desde el punto de vista del mejoramiento puede ser bueno, puesto que supone estabilidad en los genotipos, pero económicamente es más conveniente genotipos de alta producción, aún cuando pierden en mayor porcentaje al asociarse si sus rendimientos son altos y superiores al de aquéllos.
4. Determinación de las prácticas agronómicas más eficientes, puesto que un buen manejo del ambiente para los cultivos bajo asociación puede ser suficiente para mejorar la producción y rentabilidad, aún con variedades regionales. Además, es un complemento necesario para la mayor eficiencia de los genotipos mejorados.

2.3 METODOS DE MEJORAMIENTO PARA LA ASOCIACION MAIZ - FRIJOL

En la obtención y/o escogencia de los genotipos de maíz y frijol para la siembra asociada se pueden presentar tres alternativas:

1. Tomar varios cultivares de maíz de buenas características, cuya semilla sea de fácil consecución y asociarlos en todas las combinaciones posibles con uno o varios cultivares de frijol de genotipos estables (variables y/o líneas).

De la evaluación por rendimiento de ambas especies, tanto en monocultivo como en asociación, es posible determinar cuál o cuáles de esas combinaciones son más eficientes agrónomicamente.

Este sistema puede suponer mejoramiento por separado bajo condiciones de monocultivo de las dos especies para después conjuntarlas y ver su comportamiento bajo asociación.

2. Aplicar técnicas de mejoramiento para una de las especies sembradas en asociación, se podría entonces presentar dos situaciones a saber: a) Tomar en cuenta la importancia relativa desde el punto sociocultural de las dos especies. b) Hacer énfasis en mejorar aquella especie (variedad cultivar) que sea más sensible o se resienta más bajo la asociación, con un genotipo determinado (maíz o frijol según el caso) adaptado a una región o localidad.

Si se desea mejorar el maíz, se podría aplicar alguno de los sistemas de mejoramiento poblacional aplicado a las plantas alógamas tales como selección masal (masiva), masal estratificada o mazorca x surco (familiar e intrafamiliar), tomando como criterios de selección: Competencia bajo asociación, no volcamiento de tallo y raíz y rendimiento, o cualquier otro carácter que a criterio del investigador se considere importante, como resistencia a enfermedades.

Si se desea mejorar el frijol dentro del sistema, puede partirse de variedades o poblaciones segregantes provenientes de generaciones híbridas en F2 a F4 para proceder con selecciones individuales y evaluación de progenies, siempre bajo el sistema de asociación.

3. Hacer mejoramiento simultáneo combinando los sistemas antes mencionados para la alógama y la autógena.

En el Centro de Investigación "La Selva" se han realizado algunos trabajos de mejoramiento genético y manejo agronómico de frijol y maíz para el sistema de siembra asociada, cuyas conclusiones más importantes se presentan en este capítulo.

El Centro de Investigación "La Selva", está ubicado en el municipio de Rionegro, departamento de Antioquia, República de Colombia, a una altitud de 2.120 metros sobre el nivel del mar, temperatura media anual de 17°C y precipitación de 1.850 milímetros. Las coordenadas geográficas son: Lat. 6°11' N y Long. 75°23' W.

2.4 RESULTADOS EN EL MEJORAMIENTO DE MAIZ Y FRIJOL PARA LA ASOCIACION

El primer paso para iniciar mejoramiento genético para las asociaciones fue la detección de buenos genotipos de las dos especies. Para ello, durante los años 1979 y 1980 se realizaron estudios para evaluar el efecto en la productividad de asociar genotipos comerciales y experimentales de maíz y de frijol voluble (IVB) para medir el efecto de interacción genotipo x ambiente (asociaciones), parámetros de estabilidad y determinar las variedades de mejor comportamiento bajo dicho sistema de siembra.

Rivera y Pérez (8) publicaron los resultados de evaluación de siete genotipos de maíz y siete de frijol sembrados en asociación dialéctica y en monocultivo. Los índices ambientales y las respectivas regresiones se analizaron según Eberthart y Russell. Se consideró buen ambiente el monocultivo o las asociaciones con variedades poco agresivas y malos ambientes, asociaciones con variedades de maíz y frijol agresivas.

El mejor de los maíces fue ICA V 453 que produjo los más altos rendimientos en asociación (4.786 kg/ha) y monocultivo (5.312 kg/ha), con coeficientes de regresión $b_i = 0554$ y desviación de la regresión $S_{di} = 0048$, no significativas, siendo por tanto el más recomendable para las dos modalidades del cultivo.

Cuatro maíces considerados adaptados disminuyeron los rendimientos en la asociación en 14,5 por ciento y tres considerados desadaptados en un 34 por ciento en relación con el monocultivo.

Los frijoles Radical (1884 kg/ha monocultivo y 1244 kg/ha asociación) e ICA Viboral (1808 kg/ha monocultivo y 1162 kg/ha asociación) fueron los de mejor comportamiento. Tres genotipos de frijol considerados adaptados dieron coeficientes de regresión (bi) mayores y estadísticamente diferentes de 1,0, por tanto recomendables para buenos ambientes.

Considerando el sistema maíz - frijol, el estudio indicó que los frijoles ICA Viboral y Radical mostraron la mejor habilidad para la asociación y que el maíz ICA V 453 es un genotipo estable y una buena fuente de germoplasma para estudios bajo el sistema.

Con base en los anteriores resultados se realizó un sistema de mejoramiento simultáneo para el maíz ICA V 453 sembrado en asociación con los frijoles ICA Viboral y Radical. Los resultados definitivos fueron publicados por Rivera y Pérez (7) en dos artículos, los cuales se pueden resumir así:

2.4.1 Selección fenotípica recurrente simultánea en maíz (*Zea mays*) y frijol voluble (*Phaseolus vulgaris*) sembrados en asociación

1. Respuesta a la selección por rendimiento.
2. Efecto de la selección por rendimiento sobre otros caracteres en maíz.

2.4.1.1 Metodología

a. Ciclos de Selección

Durante los años 1982, 1983 y 1984, se obtuvieron tres ciclos de selección masal, por rendimiento, tanto en el maíz como en las dos variedades de frijol, así:

En cada año se sembraron lotes aislados de 4200 metros cuadrados con la variedad de maíz ICA V 453. La mitad del lote (2100 m² en asociación con frijol ICA Viboral y la otra mitad con frijol Radical (siembras simultáneas para las especies). El sistema de siembra fue en cuadro, con sitios a 0,92 metros, con tres plantas de maíz (14.896 plantas en la parcela) y dos de frijol (9924 plantas en la parcela) después del raleo.

Los parámetros de selección determinados, según el criterio de los investigadores fueron:

- a) Selección con base en competencia completa.
- b) Selección únicamente de aquellas plantas de maíz que tuvieron frijol al momento de cosechar.
- c) Descarte para la selección de todas aquellas plantas de maíz que estuvieron volcadas.
- d) Tanto para el maíz como para el frijol se tomaron pesos mínimos como base para cada ciclo de selección, según se indicará más adelante. En maíz, se tomó peso individual por planta y en frijol el peso por sitio (2 plantas). En la parcela se tomó la totalidad de las plantas teniendo en cuenta los pesos mínimos establecidos.

Para la siembra del ciclo siguiente de selección, con el maíz se hizo una sola mezcla balanceada de igual número de semillas de todas las plantas seleccionadas en el ciclo anterior, tanto de las que estaban en asociación con ICA Viboral, como las asociadas con Radical. Para cada uno de los frijoles, independientemente, se procedió de igual manera.

Cada mezcla balanceada se hizo por triplicado tomado en cuenta que era necesario dejar una para reserva, una para los ensayos y la tercera para sembrar el próximo ciclo.

b. Individuos seleccionados según el peso

Variedad	Peso mínimo límite de selección	Nº de individuos seleccionados
AÑO 1982: CICLO 1 (C1)		
ICA V 453	150 gramos/planta	105 plantas
ICA Viboral	50 gramos/sitio	118 sitios*
Radical	80 gramos por sitio	168 sitios
AÑO 1983: CICLO 2 (C2)		
ICA V 453	200 gramos	139 plantas
ICA Viboral	100 gramos	83 sitios
Radical	100 gramos	160 sitios
AÑO 1984: CICLO 3 (C3)		
ICA V 453	250 gramos	120 plantas
ICA Viboral	100 gramos	80 sitios
Radical	120 gramos	52 sitios

* Dos Plantas por sitio.

c. Ensayos de rendimiento

En los años 1985 y 1987 se evaluaron en ensayos de rendimiento, los tres ciclos de selección para maíz y frijol obtenidos en los tres años anteriores.

Los ensayos, uno por cada año, incluyeron:

1. Las variedades originales (C0) de maíz y de frijol con los tres ciclos de selección de ambas especies todos en monocultivo (C0, C1, C2, C3).
2. Las combinaciones posibles de cada ciclo de maíz con todos los ciclos de frijol, incluyendo los ciclos originales (C0).

El diseño utilizado en todos los experimentos fue el de bloques al azar, con tres repeticiones y parcelas de 4 x 5 (cuatro surcos en cinco sitios cada uno equivalente a 16.928 metros cuadrados), para tomar la información en los surcos centrales.

Las distancias y densidades de población, así como la fertilización y manejo de los ensayos, fueron exactamente iguales a las de los lotes de selección.

La información recolectada y analizada en el estudio fue:

- a. Rendimiento para maíz y frijol en kg/ha
- b. Porcentaje de volcamiento del maíz
- c. Días a floración femenina para el maíz
- d. Proliferación
- e. Altura de planta y altura de mazorca superior

2.4.1.2 Conclusiones

- Los resultados obtenidos indicaron que, mediante ese sistema de selección, se mejoró la capacidad rendidora del maíz en un 10 por ciento, correspondiendo éste a 686 kg/ha (10 por ciento) para maíz monocultivo y 612 (10 por ciento) kg/ha para la mejor combinación en asociación. La competitividad interespecífica no se disminuyó y la respuesta del maíz fue diferente según el genotipo de frijol con el cual se asoció.

- En frijol se mejoraron los rendimientos en monocultivo hasta en 13 por ciento y la competencia interespecífica se redujo en 14 por ciento. El frijol radical en monocultivo fué más productivo que el ICA Viboral; la distancia promedio entre los C3 fue 41 por ciento superior, equivalente a 491 kg/ha.
- En ambas variedades de frijol se disminuyeron los rendimientos por efecto de la asociación. Esta disminución fue en promedio para todos los ciclos de 39 (460 kg/ha) y 63 por ciento (880 kg/ha) para ICA Viboral y Radical, respectivamente. En general, la variedad más rendidora en monocultivo produjo más en asociación, a pesar de que sus pérdidas fueron también mayores como consecuencia de la asociación en relación con el monocultivo.
- En maíz no se modificó el volcamiento ni en asociación, ni en monocultivo. La floración femenina no se modificó para el monocultivo con la selección, pero para la asociación se aumentó hasta en tres días. La proliferación disminuyó en la asociación en relación con el monocultivo en siete por ciento (pasó de 1,31 a 1,22). La asociación no modificó la altura de planta y mazorca, aún cuando mostraron tendencia a disminuir al evaluar en monocultivo.

Con base en los buenos resultados obtenidos en la selección simultánea bajo asociación con los ciclos de frijol ICA Viboral (M) (C1 y Radical (M) C1, en 1985, se obtuvo la F1 del cruzamiento entre ellos. Ríos y Rivera (3), presentaron en Releza III (1992) resultados sobre las investigaciones bajo el siguiente título:

2.4.2 Avances en el mejoramiento de frijol voluble bajo el sistema de asociación con maíz.

Los objetivos son: a) Obtener variedades de frijol de alto potencial de rendimiento; b) Tratar de disminuir la competitividad interespecífica y c) Proponer sistemas de mejoramiento prácticos y eficientes.

Durante los años 86 a 89, se obtuvo con base en monocultivo la generación F4, de la cual se seleccionaron ocho familias. En 1990, estas familias se sembraron en asociación con maíz ICA V 453. En campo y bodega se seleccionaron 113 progenies, las cuales en 1991 fueron evaluadas en ensayos de rendimiento, así:

Genotipos: Ciento trece líneas de frijol en F5 Maíz ICA V 453

Siembra: En monocultivo y asociación

Diseño: Bloques completos al azar con dos repeticiones
Densidad de siembra: Tres plantas de maíz y dos de frijol
Distancias: 0,92 metros en cuadro

De los resultados obtenidos de las nueve mejores líneas se deduce:

1. Se han obtenido ganancias sustanciales en cuanto a rendimiento en relación con las variedades parentales. Algunas superan en monocultivo a la mejor comercial.
2. Se observa una alta capacidad rendidora en monocultivo, lo cual demuestra que el estrés de la asociación es un buen ambiente para seleccionar genotipos de alto rendimiento en monocultivo.
3. Cuatro líneas superan en monocultivo al testigo ICA Viboral (la variedad más utilizada en la región) y a su vez son de alta producción en monocultivo.
4. El maíz ICA V 453 rinde diferencialmente según el genotipo de frijol con el que se asocie.

3. PRACTICAS AGRONOMICAS PARA LOS SISTEMAS MAIZ - FRIJOL

Resúmenes de investigaciones realizadas en el C.I. La Selva.

3.1 Epocas de Siembra para Maíz - Frijol Voluble

Entre los años 1979 y 1981 se realizó el estudio sobre épocas de siembra en maíz y frijol voluble variedad "Cargamanto". Los maíces utilizados fueron ICA V 453, ICA V 402 (Montaña mejorado), Diacol H 401 y Montaña amarillo (variedad regional). Los maíces fueron sembrados cada dos meses a mediados de febrero, abril, junio, agosto, octubre y diciembre, durante tres años consecutivos. El frijol en agosto, octubre, diciembre, febrero, abril y junio, durante dos años consecutivos. Según Rivera y Díaz (5) los resultados mostraron:

1. Tanto para maíz como para frijol, hay grandes diferencias en rendimiento

según las épocas de siembra. Así mismo, los componentes de rendimiento se modifican sustancialmente. En maíz, el desarrollo vegetativo varía según la época.

2. La mejor época para sembrar maíz monocultivo y/o con fines de relevo utilizando genotipos de seis y medio a nueve meses de período vegetativo es en febrero - marzo, teniendo como límite mediados de abril.

Para frijol voluble tipo "Cargamanto" (IVB), la mejor época de siembra para monocultivo es abril y como relevo agosto - septiembre (9).

3.2 El aporque como práctica cultural en maíz — fríjol voluble

Los experimentos se realizaron en los años 1981 y 1982. Se utilizaron los genotipos de maíz ICA V 402, ICA V 453, Diacol H 401 y Montaña Regional y el frijol ICA Viboral (Cargamanto). El aporque se realizó al maíz a los 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días después de la siembra, utilizando como testigo el "no aporque". El frijol se relevó aproximadamente 165 días después de la siembra del maíz.

Los resultados indicaron que el aporque al maíz no incide sobre los rendimientos de éste ni de la leguminosa, pero sí influye sobre el volcamiento del maíz tanto en monocultivo como para su utilización en relevo con frijol voluble y para evitarlo se debe realizar aproximadamente a partir de los 65 días después de la germinación (6):

3.3 Evaluación de cinco sistemas de labranza

Durante los años 1986 - 1990 se evaluaron cinco tipos de labranza y los sistemas de maíz monocultivo, asociado y en relevo con frijol voluble (IVB) para determinar el efecto sobre la productividad de las dos especies y el volcamiento del maíz. Se utilizaron las variedades de maíz ICA V 402 y de frijol ICA Viboral, ambos ampliamente cultivados en el área de influencia del Centro de Investigación "La Selva".

Los resultados mostraron que el sistema de labranza T2 (mínimo laboreo) sembrando en la base del caballón y aporcando con el caballón de la cosecha

anterior, produjo los mejores rendimientos para maíz, tanto en monocultivo como en asocio y relevo (4,65 t/ha; 5,35 t/ha y 5,34 kg/ha, respectivamente). Para frijol, los sistemas de labranza de relevo en T1 (rastrillada antes de la siembra y aporque) y T2 son los mejores con 1,44 t/ha y 1,42 t/ha, respectivamente (4).

El menor volcamiento del maíz, se presentó en T1 y T2 (6,24 y 5,86 por ciento respectivamente), o sea cuando no se removió el suelo para la siembra pero, si se realizó la práctica del aporque.

3.4 Control químico de malezas en maíz x frijol

En los primeros estados de desarrollo de la asociación, las malezas son limitantes en el desarrollo inicial de los cultivos y en los rendimientos finales. Los costos, la oportunidad y selectividad son los factores a tener en cuenta para el control.

Está en proceso terminal de investigación (Flórez y Rivera, 1992) la evaluación de herbicidas preemergentes comparados con el control manual y no control en la asociación de Maíz ICA V 453 x Frijol ICA Viboral (IVB).

Las malezas predominantes en la región son: Nudillo *Panicum* sp.; Masiquía; *Bidens pilosa*; Falso Piretro: *Chrysanthemum* sp.; Lengua de Vaca: *Kumex crispus*; Barbasco: *Poligonum segetum*; Cortadera: *Cyperus ferax*.

Los tratamientos aplicados en dosis comerciales son: Afalón (Linuron), Sencor (Metribuzina), Gesagard (Prometrina), Lazo (Alaclor), Dual (Metolaclor), Prowl (Pendimetalina), siete mezclas de las anteriores, desyerba manual 20 días después de la siembra, no desyerba y Gramoxone, aplicado con pantalla 30 días después de la siembra.

Los mejores resultados para la asociación hasta el momento, se han obtenido con Sencor, Prowl, Sencor + Prowl, Sencor + Dual y Gramoxone. Los análisis económicos darán la última palabra.

Es de advertir que después de los 65-75 días de siembra se hace aporque total al ensayo y, es ahí, donde se observan grandes diferencias en el gasto de mano de obra.

3.5 Distancias y densidades de siembra para la asociación maíz x frijol

En la actualidad y próximo a terminar el estudio se están evaluando dos distancias y cinco poblaciones de siembra en la asociación del maíz ICA V 453 y el frijol IVB ICA Viboral. Siempre se conserva la misma fertilización por hectárea.

Los resultados preliminares indican: En maíz (o) se corrobora la distancia 0,92 x 0,92 metros con tres plantas/sitio y una alternativa muy interesante de 0,92 x 0,46 metros con dos plantas/sitio.

El frijol (o) con tutor de madera muestra buenas perspectivas en los sistemas de siembra a (0,92 x 0,46) metros con poblaciones de 70.800 plantas/ha.

En la asociación es necesario observar el comportamiento de las dos especies, llamando la atención la distribución (0,92 x 0,92) metros con tres plantas de cada especie.

3.6 Siembra en fajas de maíz ICA V 453 asociado con frijol voluble ICA Viboral

A la diferencia de la luz se atribuye una de las causas que mayor incidencia tienen en la alta disminución (50-70 por ciento) del rendimiento del frijol asociado. La mayor luminosidad contribuye en buena parte a que las plantas de los bordes produzcan mejor. Se podría pensar entonces, que la siembra en fajas angostas sería más productiva pudiendo aprovechar las calles entre fajas para siembra de cultivos de rápido crecimiento como frijol arbustivo y hortalizas.

Se sembraron fajas de 4, 6, 8, 10 surcos por 10 sitios en el sistema en cuadro a (0,92 x 0,92) metros. El número de plantas por golpe fue de tres de maíz y dos de frijol. La separación entre fajas tiene dos distancias: 1,84 metros y 2,76 metros, en las cuales se siembran dos y cuatro surcos, del frijol arbustivo Diacol Catío, respectivamente.

Los resultados iniciales no indicaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre fajas para maíz y frijol voluble, pero el frijol arbustivo se comporta mejor en calles anchas quizás por la mayor población, debido a la menor distancia entre surcos.

3.7 Epocas de siembra relativa del frijol voluble para relevo con maíz y con o sin deshoje de la gramínea.

Para el relevo de frijol, utilizando la planta de maíz como tutor, se ha recomendado la siembra de la leguminosa cuando el maíz llega o está próximo a su maduración fisiológica, lo cual ocurre en el clima frío moderado a los 185 - 190 días después de la siembra de la gramínea (75-80 días después de la floración femenina). Dicha recomendación se ha basado únicamente con el supuesto de que para esa época no debe haber competitividad interespecífica.

Se busca en el sistema de relevo de maíz con frijol voluble, determinar la época más adecuada de relevar con la leguminosa y ver el efecto del deshoje del maíz sobre el rendimiento de las dos especies, práctica ésta acostumbrada por los agricultores.

Para el ensayo se utilizaron las variedades de maíz ICA V 402 y de frijol ICA Viboral. Se hicieron seis siembras de frijol distanciadas 15 días unas de otras, iniciando a los 15 días después de la floración femenina del maíz y terminando a los 90 días. El ensayo se hizo con y sin deshoje del maíz, práctica esta realizada a los 10 días después de la siembra del frijol.

En el ensayo de rendimiento se observó, que en el maíz ICA V 453 no presenta diferencias ni entre el deshoje o no deshoje, ni entre épocas de siembra del frijol. En frijol por el contrario, presentó diferencias entre épocas de siembra, correspondiendo los mejores resultados a las siembras después de los 30 días con deshoje de la planta de maíz.

Los bajos rendimientos del maíz se debieron a la no fertilización del mismo a la siembra y la no aplicación de urea.

4. ESTUDIOS FISIOLÓGICOS PARA LA ASOCIACION MAIZ X FRIJOL

4.1 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE MAIZ ICA V 453 Y DEL FRIJOL VOLUBLE (IVB) ICA VIBORAL EN MONOCULTIVO Y ASOCIACION.

Díaz y Rivera (1) realizaron un estudio para medir en el maíz y en el frijol voluble el efecto de la competencia sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y el grano, en los sistemas de siembra de monocultivo y asociación, bajo las condiciones del Centro de Investigación "La Selva".

El crecimiento y desarrollo se estimó con base en un experimento en BCA con 40 tratamientos, haciendo cortes quincenales para el maíz y semanales para el frijol (11 épocas para maíz monocultivo y 11 para asociado y nueve épocas para frijol monocultivo y nueve para asociado), repetido tres veces con parcelas 4 x 10 sembrados en cuadro 0,92 x 0,92 metros, con tres plantas de maíz y dos de frijol. En cada época y por repetición se tomaron 15 plantas de maíz y 10 de frijol, siempre en competencia. Se tomó peso fresco y seco de paja y del grano en estufa a 80°C durante tres días. Por medio de regresión cuadrática se estimaron las curvas de crecimiento de la paja y el grano.

Las conclusiones para el maíz ICA V 453 asociado, en relación con el monocultivo son:

1. No se modificó el inicio del crecimiento de la planta.
2. Se incrementaron los días requeridos para finalizar el desarrollo de la paja, inicio del llenado del grano, primer período de llenado del grano (reposo), maduración fisiológica y llenado del grano.
3. Se redujo el peso seco de la planta y del grano a la maduración fisiológica.
4. Menor velocidad y tasa de crecimiento de la paja y el grano.
5. La mayor reducción en la producción de materia seca en la planta (36 por ciento) y traslocación al grano (36 por ciento y 39 por ciento, respectivamente) ocurrió durante el período 2 de llenado, que coincide con el período de máximo crecimiento del grano.
6. Menor retranslocación de fotosíntatos al grano y mayor acumulación de materia seca en la planta durante el último período de llenado.

Las conclusiones para el frijol ICA Viboral en asociación, en relación con el monocultivo son:

7. No hubo cambios en la floración, el inicio del crecimiento de la paja y del grano, y el primer período del llenado del grano.
8. La finalización del crecimiento de la planta y del grano y el llenado del grano, necesitaron más días.
9. El peso seco de la planta y del grano fueron los que mayormente sufrieron con la competencia, con disminuciones en 45 y 56 por ciento, respectivamente,
10. La mayor reducción (53 por ciento) de la materia seca en la planta ocurrió durante el primer período de llenado traslocación de nutrientes al grano durante el segundo período (63 por ciento).
11. La velocidad y tasa de crecimiento de la planta y el grano se redujo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. DIAZ, A., C.; RIVERA G., J.A. 1992. Crecimiento y desarrollo de la planta de maíz ICA V 453 y del Fríjol ICA Viboral en monocultivo y asociación. ICA, C.I. Tulio Ospina, 1992. Medellín.
2. FRANCIS, CH., A. Múltiple cropping potentials of beans and maize. Hort Science 13(1): 12-17. 1978.
3. RIOSB., M.J.; RIVERA, G., J.A. Avances en el mejoramiento de frijol voluble bajo el sistema de asociación con maíz. Resumen presentado en Releza III. Cochabamba, Bolivia. Junio 17-20 de 1992.
4. PEREZ V., J.C.; RIVERA G, J.A. Comparación de cinco tipos de labranza para maíz y frijol voluble en monocultivo, asociación y relevo. En Publicaciones del Programa de Maíz del C.I. La Selva 1987 - 1992. p.424 - 449.
5. RIVERA, G., J.A.; DIAZ, A. C. Efecto de la época de siembra en el comportamiento de cuatro maíces adaptados a los climas fríos moderados de Colombia. En: X Reunión de Maiceros de la Zona Andina. Santa Cruz de la Sierra. Bolivia, 1982.
6. RIVERA G., J.A. V., J.C.; ARBOLEDA R., F. El aporque como práctica de cultivo en maíz (*Zea mays* L.) monocultivo y en relevo con frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista ICA 24(3): 217-226, 1990.
7. RIVERA G., J.A.; PEREZ V., J.C. Selección fenotípica recurrente simultánea en maíz (*Zea mays*) y frijol voluble (*Phaseolus vulgaris*) sembrados en asociación. I. Respuesta a la selección para rendimiento. II. Efecto de la selección por rendimiento sobre otros caracteres en maíz. En: Publicaciones del Programa de Maíz. C.I. La Selva 1987-1992. p.38 - 82 - 105, respectivamente.

8. RIVERA G., J.A.; PEREZ V., J.C. Estabilidad para rendimiento de genotipos de maíz y fríjol voluble sembrados en asociación y monocultivo. 1991, 29p. Resumen publicado en Releza II. Cali, Colombia, 24 - 29 de junio de 1992.
9. RIVERA G., J.A.; RIOS B., M.J.; PEREZ V., J.C. Epocas de siembra para el fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) "Cargamanto" en relevo con maíz (*Zea mays* L.) en el Oriente Antioqueño. Revista ICA, Vol. 23(2):89-95. 1988.
10. RIVERA G., J.A. Informe de las realizaciones en maíz-fríjol. C.I. La Selva. Grupo Multidisciplinario de Leguminosas. 1991.

CULTIVOS ASOCIADOS CON FRIJOL EN COLOMBIA

0
José Hiram Tobón C.

1. INTRODUCCION

En general casi todas las especies de leguminosas, se encuentran en Colombia y otros países de Suramérica cultivadas en diversos arreglos de asociación de plantas con otras especies. El interés se centrará en las especies de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y Caupí (*Vigna sinensis* Endel) cuya utilización ha sido la producción de granos, y en ésta vía, han sido principalmente investigadas y evaluadas. Es conveniente conocer que ellas tienen un potencial muy importante en el proceso de mejoramiento del suelo por la recuperación de la flora bacteriana del mismo, el aporte de Nitrógeno fijado del aire para sí y para los cultivos siguientes, mediante la simbiosis de éstas plantas con bacterias del tipo *Rhizobium*, lo que aumenta de manera considerable su utilidad.

Es del interés para la investigación de frijol en zonas de ladera de la zona Andina conocer la asociación misma de plantas de diferentes especies, esta práctica genera ventajas agronómicas y económicas de labores, en un uso más intensivo de la tierra, en la diversidad de producción y en la alimentación y disminuye la incidencia de enfermedades y plagas de los cultivos, entre muchas.

Aunque ya son cuantiosos y valiosos los resultados obtenidos de investigación en cultivos asociados, se pretende disertar sobre los aspectos de su importancia económica y las necesidades de estudio en los aspectos de suelo, fisiológicos, genéticos, patológicos, que aunque tratados así, no deben olvidarse que su manejo investigativo se haría interdisciplinariamente.

Ing Agr. M.S Grupo Multidisciplinario Sección Leguminosas. Actualmente Coordinador Regional.
Investigación en Sistemas de Producción. ICA-CORPOICA. C.I "La Selva". AA 100 Rionegro,
(Antioquia) Colombia.

2. IMPORTANCIA DE LA ASOCIACION

En diferentes trabajos Tobón (13,14,15) y García (6) han señalado la importancia, no sólo en Colombia sino en varios países, de la asociación de cultivos. Así mismo, han sido descritos los tipos de arreglos de cultivo conocidos como (x) asocio, // intercalado, — relevo, (o) monocultivo y el cultivo múltiple con sus características principales.

En las zonas andinas del Sur y del Centro de América es frecuente la producción de frijol bajo sistemas de asociación. Así, Vieira (16), señala que la asociación en Brasil se hace principalmente con maíz, yuca, caña, café, algodón y millo. Un 70% de la producción de frijol en este país se obtiene bajo este sistema de asociación, y en la zona de Mata de Minas Gerais es superior al 90% y se le asocia principalmente con millo y café.

La agricultura minifundista en Colombia, principal responsable de la producción de los alimentos de consumo interno, practica la asociación de cultivos. Cerca de 1'950.000 predios rurales, incluyendo Antioquia, tiene menos de diez hectáreas y abarca cerca de el 78% de propietarios y el 9% de la tierra cultivada, Lorente (8). En Colombia el 80% de la producción de frijol se hace en sistemas tradicionales de cultivo. El caupí es cultivado principalmente en la Costa Atlántica, en el Caquetá y en las zonas cálidas del país y se encuentra asociado con cultivos de yuca, ñame y maíz.

En Ecuador el cultivo de frijol se realizó principalmente en las provincias de la Región Interandina en asociación de maíz y frijol voluble estando el 95% del área cultivada en las provincias Serranas, en altitudes comprendidas entre los 2.000 y 2.800 m.s.n.m. En Ecuador en las zonas de Quimiag-Penipe, en la Provincia de Chimborazo y en algunas áreas de la provincia de Imbabura, la asociación maíz x frijol tiene gran importancia y en ellas se han desarrollado los principales trabajos de investigación agrícola a través de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de el INIAP, que han generado y transmitido tecnología. Peralta y otros (10), Cevallos y Peralta (3).

En Perú en el Callejón de Huaylas, región Nor-Centro, se determinó que el 81% de las fincas pequeñas utilizan el sistema de cultivo asociado maíz con frijol. Allí, las unidades agrícolas son 93% menores de 3 Has y de ellas 88% son menores de 1 Ha, lo que implica la importancia del arreglo de cultivo y la necesidad de introducirle cambios para mejorar su productividad, Camarena y otros (1). El INIAA de la

Estación Experimental Baños del Inca en Cajamarca ha desarrollado también algunos experimentos en Pampa Grande Cajabamba, de la Cruz (4), y análogamente en la zona del Valle Sagrado de los Incas y en las zonas de Cusco se ha trabajado parcialmente el sistema de frijol en asocio con maíz. Ortiz y Yepes (9).

En los últimos años las investigaciones agronómicas de cultivos asociados han demostrado la factibilidad de mejorar los rendimientos por especies en asociación. Por la aparición de materiales mejorados, de nuevas prácticas de producción, especialmente altas densidades de población, de un mejor control fitosanitario y estimulados por una creciente demanda, se han incrementado e intensificado las áreas de cultivo.

El mayor valor económico de los granos de leguminosas frente a otras especies, su gran preferencia en el consumo nacional y sus rendimientos y precios relativamente estables, permiten mejorar sustancialmente la rentabilidad de sistemas asociados, máxime cuando en general son todas especies de ciclo corto, cuatro a seis meses.

En muchas zonas será necesario ampliar la frontera agrícola, pero tradicionalmente se hace con cultivos de papa u hortalizas que dejan suficientes residuos para los cultivos siguientes además, que hacen mejoramiento del suelo. Se han encontrado ya evidencias satisfactorias al usar el frijol como cultivo colonizador.

Para agricultores de bajos recursos de tierra y capital es muy importante obtener productos adicionales que diversifiquen el ingreso, obtener ingresos de corto plazo, distribuir la inversión, diversificar la alimentación, tener mayor y mejor distribución de la ocupación durante el año, reducir el control químico de plagas y enfermedades de cultivos, aprovechar la reducción de labranzas, economizar tierra y mejorar el suelo, entre otras.

Hoy se encuentran diferentes e importantes instituciones Nacionales e Internacionales desarrollando investigación en sistemas de producción cuyos trabajos es importante revisar. Se destacan el ICA de Colombia, ICTA de Guatemala, el INIA en México, el INIAA en Perú y el INIAP en Ecuador entre las Nacionales y el IRRI en los Baños Filipinas, el ITTA en Ibadan Nigeria, el ICRISAT en Hyderabad de la India, el CYMMIT en México, el CIAT en Colombia y el CATIE en Turrialba, Costa Rica. Desde el punto de vista de la producción nacional las especies de frijol y caupí aún presentan brechas bastante amplias en los niveles de rendimiento del tradicional y el de las ofertas tecnológicas como se aprecia en el cuadro 1.

CUADRO 1. Promedios de rendimientos experimentales de frijol y Caupí en diferentes arreglos del cultivo en Colombia

Especies de arreglos	Promedio	Experimental
Fríjol (o)	650	2.500
Maíz x Fríjol	350	975
Maíz — Fríjol	750	1.200
Tomate — Fríjol	1.100	2.300
Papa x Fríjol	350	500
Plátano // Fríjol	- *	1.969
Yuca // Fríjol	-	500
Caupí (o)	400	1.008
Yuca x Caupí	-	750
Ñame x Maíz // Caupí	-	500
Tabaco // Caupí	-	600
Maíz x Fríjol //Haba	650	1.344

Fuente: ICA Cultivos Asociados Informes Anuales 1984, 1985, 1986, 1987, 1988.

* Judica que no se cultiva comunmente por los agricultores.

Son alternativas propuestas por investigación de cultivos asociados.

3. USO DE LEGUMINOSAS EN EL MEJORAMIENTO DEL SUELO

En general se han aceptado que las leguminosas tienen una importancia decisiva en el mejoramiento de las condiciones del suelo, y ello es importante para el mejoramiento de suelos de ladera de la Zona Andina donde se cultiva el frijol, acusando estos suelos deficiencias nutricionales, alta fijación de Fósforo y altos grados de acidez debidos a los grados severos de erosión del suelo.

La simbiosis de frijol y bacterias nitrificadoras podría ser una práctica muy importante para el mejoramiento del suelo, como se desprende por las cantidades

de Nitrógeno fijadas por: Fríjol (40-70 Kg/Ha de N) y Caupí (73-374 Kg/Ha de N) según la FAO (5).

Son muy conocidos los efectos biológicos de los abonos verdes, pero aún se carece de estudios de campo en el proceso de mejoramiento de las condiciones físicas del suelo y la interrupción del ciclo biológico de muchas plagas de cultivo. En las áreas medianamente secas, donde las leguminosas de grano se adaptan bien, más no las especies forrajeras, aquellas pueden servir como complemento.

La asociación de especies genera un crecimiento de plantas en estratos y es conveniente estudiar las ventajas de las diferencias de profundidad radicular para la toma de nutrientes y de agua, además de diferencias en el amarre del suelo. Esta vía nos puede llevar a identificar alertivos de insostenibilidad del recurso suelo, como también descubrir nuevas estrategias de mejoramiento del suelo.

4. FACTORES AGRONOMICOS

Los factores de la genética, la fisiología, la entomología la fitopatología, de manejo y de prácticas de cultivos juegan papel importante en la asociación de cultivos.

4.1 Fisiológicos

Estas relaciones resultan más complejas en la asociación de cultivos que cuando se siembran solos. Pueden presentarse exigencias especiales, aún en condiciones adversas de luz, o tienen tolerancia de deficiencias de agua, o han desarrollado sistemas radicales profundos que permiten explorar más amplia y profundamente el suelo, también, pueden presentarse especies que toleran bajos niveles de disponibilidad de nutrientes.

En algunas asociaciones se ha demostrado que el ideotipo de planta para monocultivo no lo es para el asocio, así es posible que la especie requiera cierta altura, cierta estructura en su morfología foliar o presente tipos de mayor consistencia del tallo para servir de tutor, y a veces, que su período vegetativo sea mayor.

Laing y otros (7), han estudiado y presentado resultados sobre factores fisiológicos que limitan el rendimiento de frijol común, buscan ideotipos de frijol según el tipo de asociación y estudian sus efectos en las siembras.

La **competencia** se da entre especies diferentes cuando se siembran juntas, y es mayor en el asocio que en el relevo y que en el intercalado, en su orden y, resulta en que el rendimiento de una de las especies o de ambas se ve disminuido con respecto a su rendimiento cuando está sembrado en monocultivo. Aquí, interesa conocer las fases críticas de cada especie. Por ejemplo: la de frijol se presenta en floración y la de yuca en las primeras fases desarrollo vegetativo.

La **complementación** consiste en que aún en cultivos asociados las especies pueden superar los rendimientos con respecto a la de sus respectivos monocultivos. Se conocen ya varias evidencias, entre ellas se pueden mencionar; maíz x frijol y papa x arveja.

Existen también prácticas de cultivos que resultan complementarias como el encaballonado en el sistemas maíz — frijol voluble, que mejora la condición de soporte del tutor y brinda una cama bien drenada para el frijol. El aporte de nutrientes de una especie a otra es otro tipo de complementación y, es el caso, de la simbiosis frijol - *Rhizobium*.

Están por estudiarse además, los efectos de la acción radicular sobre los diferentes microorganismos del suelo que modificarían la disponibilidad de nutrientes. Así, una especie favorece a otra haciendo asimilables los nutrientes que no se podrían tomar directamente por no presentar la especie las mismas enzimas o sustancias no transformadoras.

El menor grado de invasión de malezas en la asociación de cultivos asociados resulta benéfica, además de constituir barreras contra la diseminación de plagas y enfermedades. En condiciones locales, interesa buscar alternativas de reducción de estas plagas por medios no contaminantes como la asociación de cultivos.

Aspectos antes desventajosos, tales como: el mayor índice de área foliar, el crecimiento indeterminado, el largo periodo vegetativo, la mayor altura, la agresividad que presentaban algunas especies, hoy pueden ser aprovechados bajo condiciones de producción de asociación. La mayor densidad foliar contrarresta el ataque de insectos y de daños patológicos al follaje. Con el crecimiento indeterminado se podrá aprovechar la expansión de los sitios de floración. El mayor periodo vegetativo se vuelve ventaja en la absorción lenta de nutrientes. La mayor altura de una especie permite desarrollo de estructuras vegetativas y reproductivas alejadas del nivel del suelo y en espacios más aireados, reduciéndose así los

daños por enfermedades. La agresividad es una clara capacidad competitiva hacia la invasión de malezas.

Todos estos aspectos, si serían ventajosos para una agricultura de tipo tradicional donde la mecanización y la modernización tendrían serias limitaciones de uso. Cuando los sistemas de cultivos asociados captan mayor tecnología adecuada a sus condiciones, su comportamiento dependerá, principalmente de la interacción de las especies involucradas. Tobón (12) mostró estas interacciones en sistemas de relevo de papa y frijol al variar sólo las épocas de siembra. Thung (11) buscó la comprensión de estas interacciones en yuca y frijol en investigaciones con: épocas relativas de siembra, densidades de población, influencia de genotipos y competencia por luz.

4.2 Genéticos.

En la actualidad ya se ofrecen materiales mejorados de especies de maíz y frijol aptas para sembrar en asociación, aún con otras especies. Hay interés de los programas de mejoramiento de producir y evaluar materiales bajo condiciones de asociación, pues ya es evidente que una planta tiene comportamiento diferente según el sistema de cultivo usado. Los híbridos de maíz H-452 y H-401 no se comportaban bien en el sistema de relevo de papa y frijol en el Oriente Antioqueño, Tobón (12).

Hoy, aún se encuentran materiales criollos altamente adaptados a las condiciones específicas de sistemas de producción; generalmente adversas, y quizás lo principal, con prácticas de manejo muy conocidas por los agricultores. Hoy, con la disponibilidad actual de tecnologías de punta, será posible identificar marcadores para genotipos que presenten buen comportamiento en diferentes sistemas de asociación de cultivos. De lograrse esto, se harían más eficiente los programas de selección.

4.3 Suelos.

La búsqueda de materiales tolerantes a los suelos deficientes en fósforo, a los daños causados por las altas presencias de aluminio intercambiable en los suelos ácidos, y en general a la baja fertilidad y a las carencias de agua, vienen ocupando parte del interés de los programas de investigación agrícola.

La deficiencia de nutrientes generalizada de los suelos de ladera utilizados en el cultivo de frijol, requerirá especial atención en el proceso de investigación, para evitar desbalances nutricionales en estos sistemas.

4.4 Fitopatología y Entomología.

CIAT y CATIE (2), han venido demostrando como la incidencia de plagas y enfermedades es menor en sistemas de asociación de cultivos que en los correspondientes monocultivos. Pero es conocido, que al incrementarse las áreas de cultivo, aún en asociación, se incrementarán también la presencia e incidencia de los patógenos y los insectos plaga, por acción de la dinámica de sus poblaciones.

Los cultivadores inicialmente usan muy bajas dosis de plaguicidas, pero se observa que, cuando mejoran sus sistemas de cultivo, hacen aplicaciones más altas, movidos principalmente por el interés de asegurar sus rendimientos. Es frecuente observar en varias zonas, como que los agricultores habían comprado y usado productos que aún no habían sido incorporados a las recomendaciones de los programas de asistencia técnica.

Este proceso requerirá de estrategias vigilantes, a fin de prevenir el desequilibrio entre patógenos y de insectos benéficos, además de incrementar la búsqueda de materiales tolerantes, así como, identificar y evitar el uso de materiales genéticos de alta susceptibilidad a ciertos patógenos, porque favorecerían su incidencia.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CAMARENA FÉLIX, HUARINGA AMELIA, CERRATE ALFONSO Y CHIAPPE LUIS. Estudio de los sistemas de cultivo asociado Maíz-frijol en el Callejón de Huaylas, Perú. En: Releza II. p:77. Cali, Colombia, Junio 91.
- 2.- CATIE. Primer Informe Anual 1975-1976. Sistemas de cultivo de pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica 1977. 29p.
- 3.- CEVALLOS EDMUNDO Y PERALTA EDUARDO. Prueba preliminar de sistemas de producción de semilla de frijol voluble, en asociación con Maíz. En: Releza II, p:75. Cali, Col 1991.
- 4.- DE LA CRUZ H. Efecto del frijol sobre el rendimiento de Maíz en asociación. En: Releza II, p:78 Cali, Col 1991.
- 5.- FAO Y NIFTAL. Inoculantes para leguminosas y su uso. 5p Roma 1985.
- 6.- GARCIA H. SUSANA. Principios básicos de la asociación de cultivos. En: Frijol: Investigación y Producción. CIAT p:363-370 Cali, Colombia 1985.
- 7.- LAING DOUGLAS, RESTREPO J, ZULUAGA S. Factores fisiológicos que limitan el crecimiento del frijol común. CIAT. Cali, Col.
- 8.- LORENTE I., SALAZAR A., GALLO A. Distribución de la propiedad rural en Colombia. CEGA p:199-225 Bogotá, Col. Feb 1985.
- 9.- ORTIZ A. VIDAL Y YEPEZ CH. INGRIT. Experiencias en la producción de semilla de frijol en el Valle Sagrado de los Incas. En: Releza II. p:71. Cali, Colombia 1991.
- 10.- PERALTA E., VASQUEZ J., PINZON J., y LEPIZ-R. Producción artesanal de semilla de frijol I-403 en espaldera y asociado con Maíz en la Estación Experimental Santa Catalina. En: Releza II p: 74. Cali. Col 1991.
- 11.- THUNG M. Antecedentes fisiológicos y agronómicos para cultivar la yuca y el frijol en asociación. En: Curso Intensivo de Producción de frijol. CIAT 13p. Cali. Colombia, Abril 1977.

- 12.- TOBON C. JOSE HIRIAM. Comportamiento de algunos sistemas tradicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antioqueño, Colombia. ICA Bol de inv. # 47, 98P. Medellín, Colombia. 1977.
- 13.- TOBON C. JOSE HIRIAM. Sistemas tradicionales del cultivo de fríjol. En: Curso sobre producción de fríjol. ICA p:7-21. Medellín, Colombia 1975.
14. TOBON C. JOSE HIRIAM. Importancia de la investigación agronómica de cultivos asociados. Enfoques, Actividades y principios básicos. En: Manejo de ensayos en áreas de Desarrollo Rural. ICA Compilación # 43, 15p. Medellín.Col. 1981.
- 15.- TOBON C. JOSE HIRIAM. Sistemas de Producción de Cultivos Asociados de leguminosa de grano en Colombia y Ecuador. En: Curso de Investigación para la producción de Haba, lenteja, arveja y garbanzo en la Subregión Andina. PROCIANDINO. p:345-362. Quito, Ecuador y Pasto, Colombia Sept, 1989.
- 16.- VIEIRA CLIBAS. O feijão na cultivos consorciados. Universidad Federal de Viçosa. U.F. V. 134p Brasil, 1989.



