

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGIA

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS CAUSAS DEL VOLCAMIENTO

EN FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.)

Tesis presentada para optar al
grado de Licenciado en Biología.

Luis Ricardo Hernández Soto

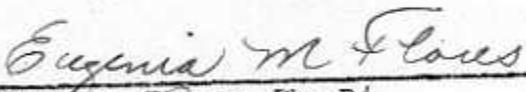
1986

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS CAUSAS DEL VOLCAMIENTO
EN FRIJOL COMUN (Phaseolus vulgaris L.)

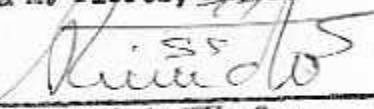
APROBADA:



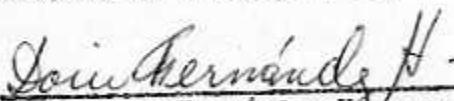
Eduardo Jiménez Sáenz, Ph. D. Director de Tesis



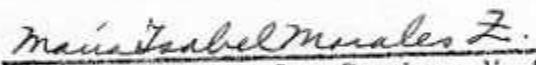
Eugenia M. Flores, Ph. D. Miembro del Tribunal



Ricardo Soto Soto, M. Sc. Miembro del Tribunal



Lic. Doris Fernández Herrera Miembro del Tribunal



María Isabel Morales Zurcher, M. Sc. Representante del Decano



Luis Ricardo Hernández Soto Sustentante

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

Expresar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que ayudaron a terminar este trabajo y a las cuales no puedo citar individualmente por ser demasiado, pero en especial al Sr. Ricardo Jiménez Díaz, quien con gran paciencia me guió y me ayudó a aprender el trabajo en el área de Química. A todos, gracias.

A la memoria de mi padre.

A mi madre.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION 1
AGRADECIMIENTOS 2
INDICE GENERAL 3
INDICE DE CUADROS 4
INDICE DE FIGURAS 5
AGRADECIMIENTO 6
INTRODUCCION 7

Expreso mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me ayudaron a terminar este trabajo y a las cuales no podría citar individualmente por ser demasiadas, pero en especial mi agradecimiento al Dr. Eduardo Jiménez Sáenz, quien con gran paciencia me guió y con quien aprendí al trabajar en su finca Olivenza. A todos, gracias.

PRIMER CUADRO 8
SEGUNDO CUADRO 9
TERCER CUADRO 10
COMPARACIONES ANATOMICAS 11
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 12
RESUMEN 13
BIBLIOGRAFIA CITADA 14

INDICE GENERAL

	PAGINA
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCION	1
MATERIALES Y METODO	7
PRIMER ENSAYO	12
SEGUNDO ENSAYO	12
TERCER ENSAYO	14
RESULTADOS Y DISCUSION	18
PRIMER ENSAYO	18
SEGUNDO ENSAYO	22
TERCER ENSAYO	39
COMPARACIONES ANATOMICAS	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
RESUMEN	53
BIBLIOGRAFIA CITADA	55

INDICE DE CUADROS

PAGINA

Cuadro	10.	Número promedio de plántulas, promedio de semillas germinadas y significancia estadística al día 5+ (8-VII-84) en el primer ensayo	19
Cuadro	11.	Número promedio de plántulas, promedio de fallas y significancia estadística al día 10+ (13-VII-84) en el primer ensayo	19
Cuadro	12.	Número promedio de plantas vivas, plantas no erectas y significancia estadística al día 28+ (31-VII-84) en el primer ensayo (sin tomar en cuenta los datos de la resiembra del 14-VII-84)	20
Cuadro	13.	Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 38+ (10-VIII-84) en el primer ensayo (incluye los datos de la resiembra hecha el 14-VII-84).....	21
Cuadro	14.	Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 44+ (16-VIII-84) en el primer ensayo (incluye los datos de la resiembra hecha el 14-VII-84)	21
Cuadro	15.	Número promedio de plántulas y significancia estadística al día 6+ (7-II-85) en el segundo ensayo	23
Cuadro	16.	Número promedio de plántulas y significancia estadística al día 7+ (8-II-85) en el segundo ensayo	24
Cuadro	17.	Número promedio de plantas en Floración y significancia estadística a los días 36+ (9-III-85) y 37+ (10-III-85) en el segundo ensayo	26
Cuadro	18.	Número promedio de flores (intensidad de floración), de ovarios fecundados y significancia estadística a los días 38+ (11-III-85) y 39+ (12-III-85) en el segundo ensayo	27

- Cuadro 10. Número promedio de flores blancas (del día) y amarillas (del día anterior) y significancia estadística a los días 38+ (11-III-85) y 39+ (12-III-85) en el segundo ensayo 28
- Cuadro 11. Número promedio de guías completamente erectas (EE), guías semierectas (de casi verticales a horizontales) (E) y dobladas hacia abajo (D) y significación estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo 29
- Cuadro 12. Longitud promedio en milímetros entre el nudo cotiledonar y el ápice (I), número promedio total de nudos (II), longitud (mm) hasta el nudo en que el tallo cambió su dirección original (III) y número de nudos al nudo en que la planta cambió su dirección original (IV). Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo 30
- Cuadro 13. Angulo promedio de separación de la vertical (en grados sexagesimales) del hipocotilo y significación estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (del 9 al 20-IV-85) del segundo ensayo..... 32
- Cuadro 14. Número promedio total de plantas erectas (TPE), plantas completamente erectas (PCE), plantas erectas pero con tendencia a acame o volcamiento (PTAV) plantas con torcedura en el hipocotilo (PTH) y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo 33
- Cuadro 15. Número promedio de tipos de sistemas radicales ("fibroso" (F); con raíz principal corta, gruesa, recta o torcida (RC); con raíz principal larga pero deforme (RLD) y con raíz larga, recta, vertical, "ideal" (RI)) y de deformidades (raíces en U y en codo (C)) y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo..... 37
- Cuadro 16. Promedio de vainas por planta, de semillas por planta y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo 38

PAGINA

Cuadro 17.	Número promedio de plántulas y significación estadística al día 5+ (3-VI-85) en el tercer ensayo	40
Cuadro 18.	Número promedio de plántulas y significancia estadística al día 6+ (4-VI-85) en el tercer ensayo	41
Cuadro 19.	Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 44+ (12-VII-85) del tercer ensayo	42
Cuadro 20.	Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 49+ (17-VII-85) del tercer ensayo	43
Cuadro 21.	Longitud promedio en milímetros desde el nudo cotiledonar al ápice de las plantas, promedio de vainas fértiles y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 57+ y 63+ (21 al 31-VII-85) del tercer ensayo	46
Cuadro 22.	Longitud promedio en micrómetros de los elementos de los vasos xilemáticos en muestras maceradas de hipocotilos de plantas de frijol cultivar Olivenza-1 y de plantas de frijol con hábitos de crecimiento tipo I y tipo IV, y comparaciones estadísticas	48

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

Figura 1. Posiciones de siembra de la semilla. A = Tratamiento 1 (la radícula sale directamente hacia abajo por el micrópilo). B = Tratamiento 2 (la radícula sale hacia arriba por el micrópilo, posteriormente se curva hacia abajo). e = posición del embrión. h = hilo. m = micrópilo..... 10

Figura 2. Distribución del fertilizante químico comercial en los ensayos segundo y tercero. Las zonas punteadas representan los subtratamientos en que se colocó abono. A = segundo ensayo. B = tercer ensayo. p = pendientes del terreno. Esquema a escala 1:100. 15

INTRODUCCION

El frijol común, Phaseolus vulgaris L. (Leguminosae, Papilionoideae) es una planta herbácea anual, trepadora o arbustiva, con hojas compuestas formadas por tres folíolos de ovados a rombo-ovados, delgados, acuminados, glabros o pubescentes. Tiene sus inflorescencias en pedúnculos más cortos que los pecíolos y tienen pocas flores situadas en o cerca del ápice del pedúnculo. Sus flores son pequeñas, blancas o azul púrpura. Las vainas o legumbres son de comprimidas a casi cilíndricas, curvadas ligeramente y su color varía de verde a amarillo, a rojo o a casi negro. Sus semillas son muy variables en forma, color y tamaño; son comprimidas y no tienen líneas conspicuas que radican desde el hilo (Standley y Steyermark, 1946).

Es de origen americano, pero aún se discute en qué región apareció. Standley (1937) escribió que no se conocían frijoles en estado silvestres, pero Burkart informó en 1941 (según Vieira, 1975) que había encontrado frijoles silvestres en el Norte de Argentina, a los que clasificó primero como Phaseolus aborigenus y luego reclasificó como P. vulgaris subsp. aborigenus.

Cobley (1976) indica que el frijol fue domesticado hace más de 6 000 años por los pueblos que habitaban en lo que hoy es América Central y del Sur, y cree que su cultivo evolucionó junto con el del maíz en un sistema cereal-leguminosa. Bukasov (1981), investigador de la escuela de V. I. Vavilov escribe que de los estudios arqueológicos sólo se puede concluir que el cultivo del frijol es muy antiguo, generalizado a toda América, y que hay dos posibles centros de origen según criterios botánicos: el Perú o

México.

En sus trabajos V. I. Vavilov encontró que la mayor variabilidad del frijol se da en el sur de México y en América Central, área que él consideró como un centro primario de diversidad, estableciendo para esta zona 250 variedades, y que otras dos zonas de alta diversidad, el área montañosa de Perú, Bolivia y Ecuador (con 80 variedades) y China, eran centros secundarios de diversidad (León, 1968; Vieira, 1975). Este último centro de diversidad es reciente, posterior al descubrimiento de América y muestra la alta capacidad de variación y adaptación que tiene esta especie.

Actualmente el frijol es una especie de distribución casi universal (Madrigal, 1978).

La mayoría de las especies del género Phaseolus son plantas trepadoras, volubles, anuales, con vainas cortas, delgadas y con semillas pequeñas (Standley, 1937; Standley y Steyermark, 1946; Woodson y Schery, 1980). Pero el frijol, Phaseolus vulgaris L. se diferencia de las demás especies del género porque tiene vainas largas y turgentes y por la coloración de sus flores (Woodson y Schery, 1980). Es una especie con una variabilidad muy alta en América Latina, con una diversidad multiforme superior a la de otras especies y una gran mutabilidad en sus caracteres vegetativos (Bukasov, 1981). De esta planta se conocen cientos de variedades que difieren en la coloración de la semilla, el hábito de crecimiento (trepador o arbustivo), el tiempo de maduración y su resistencia ante enfermedades (Boucher, 1983). A pesar de su importancia no hay trabajos que permitan clasificar el elevado número de ecotipos existentes en el frijol (León, 1968).

Según Bukasov (1981) en la especie predominan en número las variedades trepadoras: de todas las que recogió y estudió este autor sólo un 5 por

ciento eran de tipo arbustivo.

Rzedowski (1978) considera que la gran diversidad del frijol, presente también en otros cultivos prehispánicos de América se debe a largos períodos de selección de cultivares que se han mantenido en aislamiento relativo y a las diferentes condiciones ambientales y métodos de cultivo que existen en cada región e incluso entre parcelas diferentes.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, en 1978 el frijol representó el 28 por ciento del total mundial de leguminosas comestibles producidas (no contando el maní y la soya) (Meiners, 1981). En el Trópico americano el frijol ocupa el segundo lugar en superficie plantada luego del maíz (Montaldo, 1982) y a pesar de su importancia como alimento (tiene de un 18 a un 25 por ciento de proteínas, un 61 por ciento de carbohidratos, un 2 por ciento de grasas y los minerales calcio y fósforo (Monge, 1980)) y porque puede manejarse, transportarse y almacenarse con facilidad, ha sido relegado a un segundo plano. Galli *et al.* (1968) mencionan que en Brasil, primer productor y consumidor mundial de esta leguminosa, los cultivadores se apoyan en la cómoda filosofía de que los frijoles "plantándolos dan".

Echandi (1974) expone los problemas que existen en el cultivo del frijol, citando entre ellos: competencia con cultivos más rentables (café, caña, banano) y con la ganadería; baja disponibilidad de semilla escogida de buena calidad; problemas en el transporte y almacenamiento, el cultivo en parcelas pequeñas, separadas y hecho por agricultores con pocos conocimientos técnicos y recursos financieros limitados.

A todo esto se agrega falta de voluntad política de los gobiernos de los gobiernos de los países latinoamericanos para corregir las deficiencias

en el cultivo del frijol y que éste se modernice al igual que ha sucedido con la soya (Eduardo Jiménez S., Com. Pers., 1985).

Todo lo mencionado ha hecho que el cultivo del frijol sea marginal o submarginal y que, como consecuencia, su productividad haya permanecido en un nivel bajo: de 500 á 700 kg/Ha, entretanto en otros cultivos, principalmente en los cereales, la productividad ha aumentado mucho (según Rachie en Vasquez, 1977).

Actualmente en los países en los que la producción agrícola está industrializada, se prefiere el cultivo de las variedades de frijol arbustivo porque, aunque menos productivas que las trepadoras, no necesitan soportes, mantienen las vainas separadas del suelo por sí mismas, facilitan el combate de enfermedades y plagas, su maduración es uniforme y temprana, son independientes de la duración del día y permiten la mecanización del cultivo (Brauer, 1973; Cobley, 1976; Garodetti, 1979; Quagliotti *et al.* s.f.e.).

Cárdenas (citado en Arias, 1980) indica que los objetivos principales de la selección en el frijol deben ser: el cambio del hábito de la planta de trepador indeterminado a arbustivo determinado, la reducción del ciclo vegetativo y la obtención de vainas uniformes, con menor dehiscencia y semillas grandes y suaves.

Vieira (1975) opina que sólo se ha utilizado una parte mínima de la variación que tiene esta especie en trabajos de mejoramiento.

Adams (1982) ha investigado desde 1972 la arquitectura de la planta de frijol (es decir todo lo referente a número, tamaño, estructura, forma, disposición y desarrollo de las distintas partes de la planta) con el fin de obtener una planta ideal (ideotipo o arquetipo) en la que la disposición y relación entre las partes de la planta permita el mejor aprovechamiento po-

sible de todos los factores del ambiente. Este autor ha señalado que un ideotipo de frijol debe cumplir las siguientes condiciones: a) tener una copa en la que el tamaño, inclinación y disposición de las hojas y ramificaciones permita una intercepción máxima y absorción completa de la radiación fotosintéticamente activa. b) Que la planta tenga la mayor cantidad posible de hojas y fructificaciones. c) Que las hojas se desplieguen de tal forma que intercepten la luz necesaria para tener una tasa de fotosíntesis elevada sin que las hojas de la parte baja de la planta resulten cubiertas por las de arriba. Y ch) que las fructificaciones maximicen el consumo de los productos de la fotosíntesis para utilizarlos en una mayor producción. Luego de sus investigaciones Adams (1982) llegó a la conclusión de que no hay un ideotipo de planta de frijol que pueda adaptarse a todas las situaciones sino que hay que desarrollar ideotipos diferentes para condiciones ambientales y culturales diferentes, aunque cualquier ideotipo debe cumplir con las condiciones señaladas anteriormente.

Lo citado interesó a los investigadores del Centro Internacional de Agricultura Tropical (1982) quienes se han dedicado a explotar las características de la arquitectura del frijol intentando conseguir plantas en las que se puedan prevenir enfermedades, que tengan buena calidad de grano, resistan el agobio y den un mejor rendimiento.

Uno de los problemas que existen en el frijol arbustivo es que cierto número de plantas no se mantienen verticales (erectas o erguidas), sino que su hipocotilo se dobla al inicio o al final de su ciclo vegetativo. Esto representa una pérdida potencial de la cosecha que puede convertirse en real si la planta se inclina mucho y las vainicas tocan el suelo porque pueden llegar a ser atacadas por hongos y bacterias que las pudran (Eduardo

Jiménez, Com. Pers., 1984). A esta inclinación de la planta se la ha llamado indistintamente: acame, volcamiento, agobio o vuelco. Ha sido estudiada desde el punto de vista agronómico en el frijol y otras leguminosas cultivadas como porcentaje de éste fenómeno presente en un determinado número de plantas o cierta superficie cultivada, con respecto a cultivares empleados, distancias de siembra, aplicaciones de fertilizantes o agroquímicos, etc., pero en la literatura no se encontró ninguna explicación de cuáles son las causas inmediatas de este fenómeno que, a pesar de las pérdidas en la cosecha que representa, no ha sido considerado como un problema en el cultivo de frijol por muchos fitomejoradores, como G. Freytag (G. Freytag, comunicación personal al Dr. Eduardo Jiménez, 1973, Eduardo Jiménez, Com. Pers., 1985).

Vásquez (1977) encontró que la posición en que se siembra la semilla de frijol afecta la forma de la raíz y aunque en observaciones posteriores Guadamuz (1980) concluyó que no hay relación entre la forma de la raíz y el hecho de que la planta se mantenga erecta o no, sino que esto se debe a la leñosidad del tallo, durante estos trabajos se observó una relación entre la posición de siembra de la semilla y el que la planta resultante se mantuviera o no erguida (Eduardo Jiménez, Com. Pers., 1984).

El presente estudio pretende encontrar si en realidad hay o no relación entre la posición de siembra de la semilla de frijol y la inclinación de la planta resultante, intentando explicar además cuáles son las causas anatómicas que provocan este fenómeno.

MATERIALES Y METODO

El estudio se hizo entre los años 1984 y 1985 en la Finca Olivenza, propiedad del Dr. Eduardo Jiménez Sáenz, situada en el Distrito Los Sitios, Cantón de Moravia, Provincia de San José, a 1.270 m de altura. La finca tiene suelos arenosos, fértiles, de origen volcánico. Sus características edafológicas y climatológicas fueron descritas por Guadamuz (1980) en detalle.

El terreno en que se hizo el trabajo tenía un ligero declive en dirección norte sur y otro mayor en dirección este oeste. Estaba protegido de los vientos predominantes en la zona por un tapavientos de árboles frutales, fresnos, arbustos y gramíneas. El experimento se hizo utilizando semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.) cultivar Olivenza-1, seleccionado a partir del cultivar rojo de guía COL-I-63-A (traído desde Honduras por el Dr. Antonio Pinchinat), por el Dr. Eduardo Jiménez (Com. Pers., 1985).

El cultivar Olivenza-1 es de hábito arbustivo, de crecimiento indeterminado y con guía larga (hábito tipo IIIa según la clasificación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (1979)).

La semilla había sido seleccionada de un ensayo anterior, igual al realizado por Vasquez en 1977 sobre el efecto de posición de la semilla (Eduardo Jiménez, Com. Pers., 1984).

Se hicieron tres ensayos sucesivos con métodos de cultivo y toma de datos algo diferentes cada vez, dependiendo de la época de siembra y de la experiencia adquirida. En todos los ensayos el labrado y la desyerba se hicieron manualmente y los agroquímicos se aplicaron con una bomba manual mar-

ca Carpi de 16 litros de capacidad. En el primer ensayo se aplicó abono orgánico a todo el lote experimental. En los ensayos segundo y tercero se aplicó fertilizante comercial completo en los subtratamientos correspondientes según el diseño empleado. En todos los ensayos las semillas se plantaron en surcos de cinco centímetros de profundidad, en los que se había aplicado antes insecticida-nematicida comercial para evitar el ataque de plagas durante el desarrollo inicial de las plantas. Las semillas se plantaron una por golpe, después de haberlas puesto en remojo en una mezcla de agua y fungicidas comerciales, que se agitó regularmente para airearlas. Lo anterior se hizo para lograr una germinación uniforme, proteger la plántula contra el ataque de hongos al inicio de su desarrollo y poder determinar en cuál extremo de la semilla estaba situado el embrión, ya que éste se hincha al imbibirse de agua.

• El primer y tercer ensayos se hicieron en eras de 0,60 m de ancho y de 13,5 á 14 m de largo, por ser en época lluviosa. El segundo ensayo se hizo en época seca, por lo que los surcos se marcaron directamente en el suelo. Antes del alzado de eras o marcado de surcos el terreno se picó, limpió y niveló con azadón y rastrillo, encalándolo para controlar la acidez del suelo.

Las eras y los surcos se hicieron en dirección norte sur, perpendicularmente al declive más pronunciado del lote experimental.

En cada una de las eras se marcaron dos surcos, separados 0,30 m entre sí, y las semillas se plantaron en tresbolillo a 35 cm de distancia una de otra. De esta forma quedaron situadas en los vértices de triángulos equiláteros de 0,35 m de lado. En el segundo ensayo las semillas se sembraron en cuadro, a 35 cm de distancia una de otra en los surcos y éstos

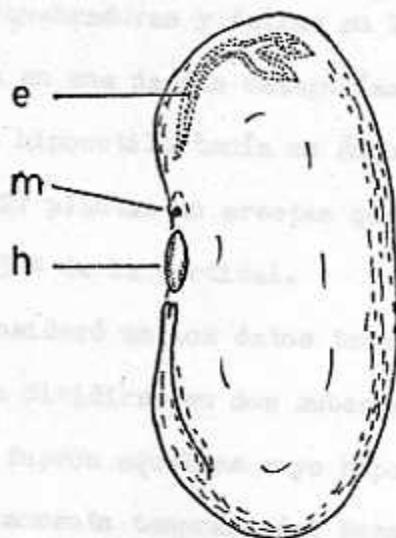
separados entre sí 0,60 m. Estas distancias, no utilizadas en la siembra comercial, se usaron para que las plantas crecieran bien espaciadas y pudiera verse claramente su comportamiento.

En el estudio se compararon entre sí dos tratamientos: el Tratamiento 1 consistió en sembrar la semilla en posición vertical con el embrión en la parte superior, y el Tratamiento 2 que consistió en sembrar la semilla verticalmente con el embrión en la parte inferior (Fig. 1). Correspondieron a las posiciones de siembra C y CH según la terminología de Vásquez (1977). En los ensayos segundo y tercero los tratamientos se dividieron en dos subtratamientos, uno fue la aplicación de fertilizante (indicado por el signo +) y el otro fue la no aplicación de fertilizante (indicado por el signo -). El objetivo de la aplicación de fertilizante fue para analizar la posibilidad de que la fertilización influyera en el volcamiento de las plantas.

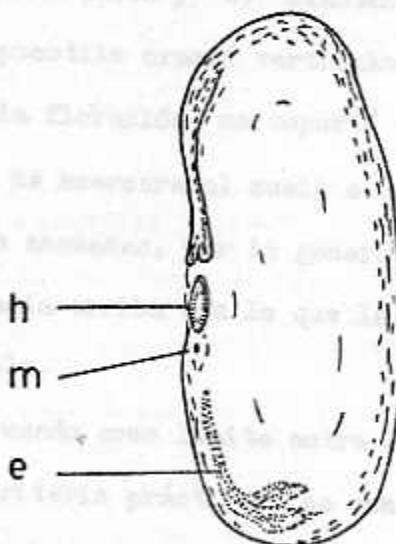
Los resultados que se obtuvieron se analizaron individualmente para cada ensayo ya que como cada uno de los ensayos fue el resultado de una selección por ciertas características de ciertas plantas del ensayo anterior, se consideró que las variables medidas no podían considerarse conjuntamente.

La edad de las plantas se estableció considerando la fecha de siembra como día cero (0), e identificando los días siguientes a la siembra con el número correspondiente a partir de ésta seguido por el signo + .

Se encontró que las plantas de frijol podían perder la posición erecta en distintos momentos de su ontogenia y por distintos fenómenos sucedidos a nivel del hipocotilo, pero todos se agruparon en una sola categoría por considerarse que eran una manifestación de la falta de capacidad del hipo-



A.



B.

Figura 1. Posiciones de siembra de la semilla. A = Tratamiento 1 (la radícula sale directamente hacia abajo por el micrópilo). B = Tratamiento 2 (la radícula sale hacia arriba por el micrópilo, posteriormente se curva hacia abajo). e = posición del embrión. h = hilo. m = micrópilo.

cotilo para mantenerse erecto por razones anatómicas. Así que, excluyendo daños extremos como quebraduras y fallas en la germinación, las plantas de frijol se incluyeron en una de dos categorías: 1) Plantas erectas, que fueron aquellas cuyo hipocotilo tenía un ángulo de separación de la vertical menor de 30° y 2) plantas no erectas que eran aquellas cuyo hipocotilo se separó más de 30° de la vertical.

Aunque no se consideró en los datos tomados se observó que las plantas no erectas podían dividirse en dos subcategorías: a) plantas con acame (o acamadas), que fueron aquellas cuyo hipocotilo se separó más de 30° de la vertical en un momento temprano del desarrollo de la planta, llegando hasta tenderse en el suelo y b) plantas volcadas que fueron aquellas en las que el hipocotilo creció verticalmente primero y luego, generalmente después de la floración, no soportó el peso de la copa y se dobló haciendo que ésta se acercara al suelo e incluso que cayera completamente. En las plantas acamadas, por lo general el extremo cotiledonar del hipocotilo se dobló hacia arriba con lo que la copa creció verticalmente, pero muy cerca del suelo.

El ángulo de 30° usado como límite entre las plantas erectas y no erectas se eligió con un criterio práctico: se consideró que las plantas cuya separación de la vertical era menor de 30° tenían la copa y las vainas bien separadas del suelo, mientras que las plantas inclinadas a más de 30° de la vertical tenían la copa y la cosecha muy cerca del suelo (incluso caídas en él) quedando así copa y fructificaciones expuestas a ataques por patógenos o a maltrato por el paso de personas, animales o maquinaria.

Algunas plantas consideradas como erectas (separadas menos de 30° de la vertical) manifestaron cierta tendencia al acame (hipocotilo algo incli-

nado, curvado hacia arriba) o tendencia al volcamiento (hipocotilo inclinado curvado hacia abajo), pero resistieron lo suficiente para evitar que el fenómeno se manifestara en su totalidad.

En los ensayos primero y segundo se hizo una selección "a la inversa" para intentar aumentar la presión de selección sobre las plantas y que así se manifestaran más rápidamente los fenómenos buscados (Eduardo Jiménez, Com. Pers., 1984): del Tratamiento 1, que favorece el crecimiento erecto de las plantas se recogió la semilla de las plantas no erectas para sembrarla en la posición 2 en el siguiente ensayo, y del Tratamiento 2, que favorece el acame o el volcamiento se recolectó la semilla de las plantas que permanecieron erectas para sembrarlas en la posición 1 en el próximo ensayo.

PRIMER ENSAYO

El primer ensayo tuvo como objetivo el incrementar la semilla y hacer una primera selección "a la inversa". Se siguió un diseño de bloques al azar, con seis repeticiones, cada una formada por dos surcos sobre una era. El tratamiento que se puso en la primera parcela de cada bloque se rifó al azar.

Se observó: velocidad de brotación y desarrollo de las plántulas, número de plántulas erectas, plantas no erectas, plantas quebradas y fallas. Al día 11+ se resembraron los golpes en que no hubo brotación para evitar espacios vacíos entre las plantas que produjeran variaciones.

SEGUNDO ENSAYO

El segundo ensayo consistió de siete repeticiones en un diseño de bloques al azar con parcelas divididas. El tratamiento de la primera parcela

se rifó al azar. Cada repetición consistió de dos surcos y entre los dos tratamientos se dejó una separación de 0,5 m.

En las subparcelas situadas hacia el centro del lote experimental se aplicó fertilizante comercial, mientras que en las subparcelas exteriores no (Fig. 2A). Esto se hizo para evitar la posibilidad de contaminación por arrastre de fertilizante hecho por el agua de riego, el cual se hizo regularmente con manguera, de las parcelas no abonadas desde las parcelas abonadas.

El día 16+ se resembraron los golpes en los que no brotaron plantas o en los que se perdieron en estadios tempranos de su desarrollo.

En este ensayo se observó: estado de brotación, floración, la longitud desde el nudo cotiledonar al ápice de las plantas, el número de nudos total, la longitud y el número de nudos desde el nudo cotiledonar hasta el nudo en que el tallo de la planta pierde la dirección original de su hipocotilo, los tipos de guía, el ángulo promedio de inclinación del hipocotilo, los tipos de sistema radical y sus deformaciones y el número de vainas y semillas por planta.

Debido al gran número de observaciones a hacer se decidió elegir al azar igual número de hileras de plantas que de repeticiones y considerar a cada una de estas hileras como una repetición completa.

En este ensayo no se tomaron en cuenta los datos de las plantas resembradas porque presentaron marcadas diferencias de desarrollo con respecto a las plantas sembradas primero.

La cosecha de este ensayo se recogió, seleccionando "a la inversa" el día 26-IV-85.

TERCER ENSAYO

El tercer ensayo consistió de ocho repeticiones, cada una formada por un solo surco, por lo que en cada era hubo dos repeticiones distintas. Se siguió un diseño de bloques al azar con parcelas divididas, en el que se aplicó el fertilizante en la mitad sur de cada parcela para evitar su posible arrastre por la lluvia a las subparcelas sin fertilizar. Entre parcelas se hizo un canal de 0,5 m de ancho para que escurriera el agua de la lluvia (Fig. 2B).

El tratamiento a colocar en la primera parcela fue sorteado.

Se observó: la brotación y desarrollo de las plántulas, el número de plantas erectas, no erectas, quebradas y de fallas, la longitud de las plantas del nudo cotiledonar hasta el ápice y el número de vainas fértiles por planta.

Para hacer comparaciones anatómicas entre los hipocotilos de plantas de los dos tratamientos se necesitaba material fresco, por lo que las plantas se cortaron antes de su madurez fisiológica, entre los días 60+ y 66+, y sus hipocotilos se conservaron en FAA, anotando los tratamientos de los que procedían y si eran plantas erectas o no.

Junto al ensayo principal se hizo uno secundario, sembrando sobre tres eras más frijoles de hábito de crecimiento tipo I (arbustivo determinado) y hábito tipo IV (voluble indeterminado), según un diseño de bloques al azar en que cada surco se consideró una repetición y los tratamientos fueron los tipos de crecimiento. El tratamiento a colocar en la primera parcela fue rifado al azar, y las semillas, sembradas en tresbolillo a 35 cm de distancia, se colocaron una por golpe en posición horizontal con el hilo de lado

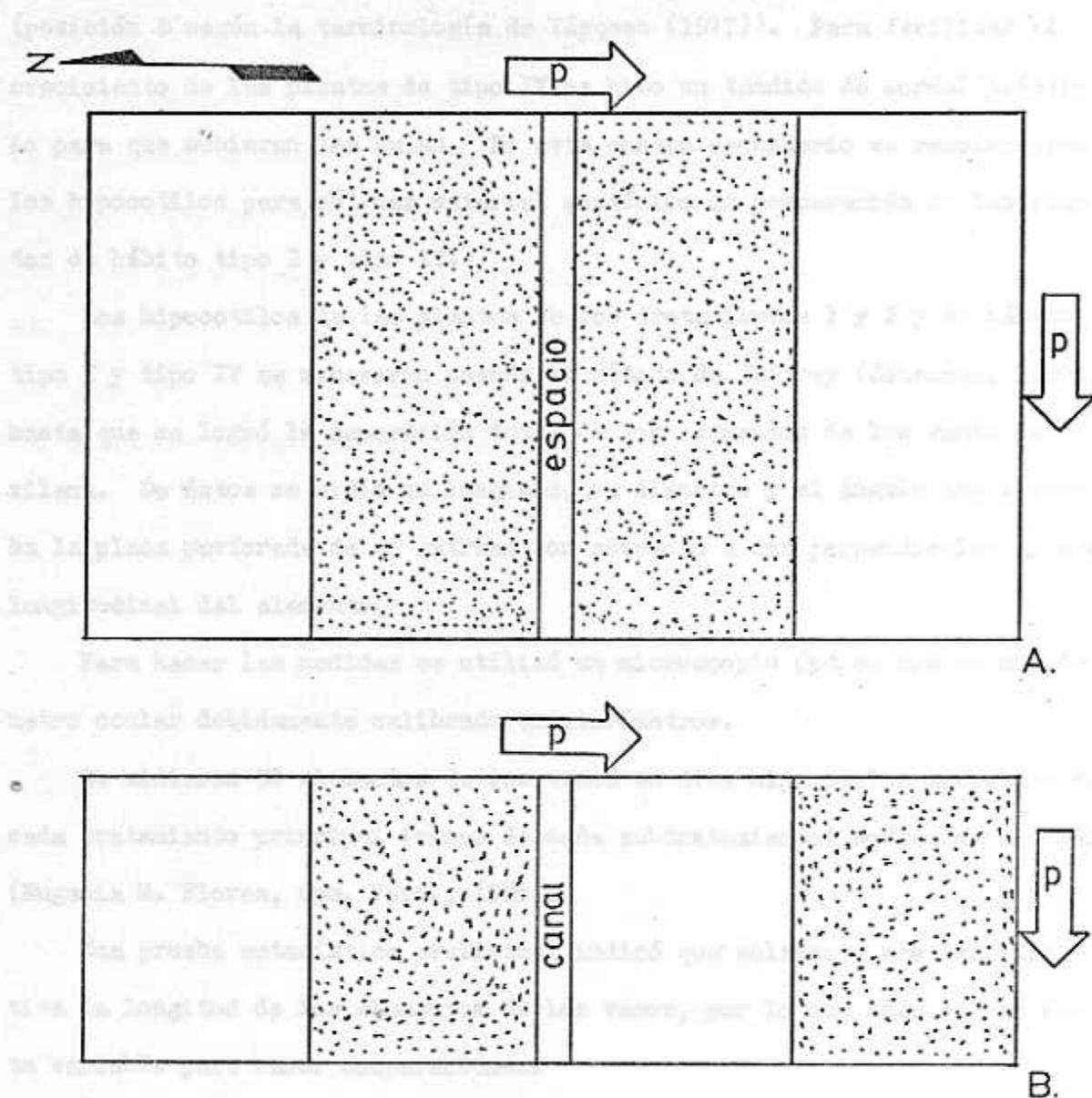


Figura 2. Distribución del fertilizante químico comercial en los ensayos segundo y tercero. Las zonas puntuadas representan los sub-tratamientos en que se colocó abono. A = segundo ensayo. B = tercer ensayo. p = pendientes del terreno. Esquema a escala 1:100.

(posición D según la terminología de Vásquez (1977)). Para facilitar el crecimiento de las plantas de tipo IV se hizo un tendido de cordel plástico para que subieran las guías. De este ensayo secundario se recolectaron los hipocotilos para obtener material anatómico de comparación de las plantas de hábito tipo I y tipo IV.

Los hipocotilos de las plantas de los tratamientos 1 y 2 y de hábito tipo I y tipo IV se maceraron usando el método de Jeffrey (Johansen, 1940) hasta que se logró la separación total de los elementos de los vasos del xilema. De éstos se midió su longitud, su diámetro y el ángulo que formaba la placa perforada de un extremo con respecto a una perpendicular al eje longitudinal del elemento.

Para hacer las medidas se utilizó un microscopio óptico con un micrómetro ocular debidamente calibrado en micrómetros.

Se midieron 30 elementos de los vasos en diez hipocotilos macerados de cada tratamiento principal (cinco de cada subtratamiento) sorteados al azar (Eugenia M. Flores, Com. Pers., 1985).

Una prueba estadística preliminar indicó que solamente era significativa la longitud de los elementos de los vasos, por lo que sólo se usó esta variable para hacer comparaciones.

Del material obtenido de plantas tipo I y tipo IV se midieron los elementos de los vasos de muestras tomadas al azar hasta tener las longitudes de 120 elementos para cada hábito de planta.

Los resultados obtenidos de todos los ensayos fueron analizados por medio de comparaciones de *t* de Student entre tratamientos y entre los subtratamientos de cada tratamiento, después de comprobar que los análisis de varianza para diseños de bloques al azar con parcelas divididas hechos de

manera preliminar daban resultados equivalentes.

El material que se observó en el campo presentó una variación elevada (desviaciones estándar altas) lo que hizo que muchas de las comparaciones no presentaran significancia estadística a los valores usuales de probabilidad del 5 por ciento (indicado por α) y del 1 por ciento (indicado por $\alpha\alpha$), sino que fueran no significativas (indicado por NS). En estos últimos casos se hizo un análisis y comentario de las tendencias mostradas por los promedios que se obtuvieron al medir las diversas variables.

RESULTADOS Y DISCUSION

PRIMER ENSAYO

Los cuadros 1 á 5 resumen los resultados del primer ensayo.

En los cuadros 1 y 2 se observa que la velocidad de brotadura y desarrollo de las plántulas fue mayor en el Tratamiento 1 y menor en el 2 al día 5+. Sin embargo al día 10+ las plántulas del Tratamiento 2 igualaron e incluso superaron la velocidad de desarrollo de las plántulas del Tratamiento 1.

El Cuadro 3 muestra que al día 28+ sobrevivió un promedio mayor de plantas en el Tratamiento 2 que en el Tratamiento 1 (sin tomar en cuenta los datos de las plantas resembradas el 14-VII-85), y que se presentó una tendencia a que hubiera un número mayor de plantas no erectas en el Tratamiento 2.

Los cuadros 4 y 5 presentan los datos de plantas erectas, no erectas, quebradas y fallas a los días 38+ y 44+ respectivamente. Hubo tendencia a un número promedio mayor de plantas no erectas en el Tratamiento 2 y de plantas erectas en el Tratamiento 1 (en este caso se tomaron en cuenta los datos de las plantas resembradas el 14-VII-85), y en el Tratamiento 1 hubo un promedio más elevado de plantas quebradas y de fallas.

De lo anterior puede suponerse que la posición de siembra 1 facilitó más la brotadura y el desarrollo de las plántulas de frijol que la posición de siembra 2 en los primeros días, aunque las plántulas del Tratamiento 2 llegaron a alcanzar igual estado de desarrollo que las del Tratamiento 1 después de diez días de sembradas.

Cuadro 1. Número promedio de plántulas, promedio de semillas germinadas y significancia estadística al día 5+ (8-VII-84) en el primer ensayo.

Tratamiento y Significancia	Estado de brotadura ^{1/}			Germinadas
	cr	gv	cv	
1	26,5	6,0	2,8	35,3
2	34,3	1,8	0,2	36,3
Sig. Est.	**	*	**	NS

^{1/} Clave para el estado de brotadura: cr = costra de suelo rota; gv = gancho (hipocotilo) visible; cv = cotiledones visibles parcial o totalmente.

Cuadro 2. Número promedio de plántulas, promedio de fallas y significancia estadística al día 10+ (13-VII-84) en el primer ensayo.

Tratamiento y Significancia	Estado de brotadura ^{1/}				Fallas
	hs	hr	hl/3	hl/2	
1	0,2	1,0	3,5	28,7	5,8
2	0,0	0,5	6,3	29,7	2,2
Sig. est.	-	NS	NS	NS	**

^{1/} Clave para el estado de brotadura de las plántulas: hs = hojas simples comenzando a separarse; hr = hojas simples casi horizontales, verdes, lámina no expandida, rugosa; hl/3 = hojas simples verde normal, a un tercio de su expansión total, primer trifolio sin entrenudo; hl/2 = hojas simples a la mitad de su expansión total, entrenudo del primer trifolio mayor o igual a un milímetro.

Cuadro 3. Número promedio de plantas vivas, plantas no erectas y significancia estadística al día 28+ (31-VII-84) en el primer ensayo (sin tomar en cuenta los datos de la resiembra del 14-VII-84).

Tratamiento y Significancia	Plantas vivas	Plantas no erectas
1	32,5	2,7
2	35,5	5,2
Sig. Est.	*	NS

Se observó también que hubo tendencia a un número promedio mayor de plantas no erectas en el Tratamiento 2 que en el 1, aunque la alta variabilidad que se presentó hizo que las diferencias entre los promedios no fueran estadísticamente significativas.

Las quebraduras de las plantas se presentaron a diversas alturas en los tallos y son difíciles de explicar, pero hay cierta consistencia en el hecho de que hubo un promedio mayor de plantas quebradas (y también de fallas) en el Tratamiento 1. Esto posiblemente se debió a que los tallos de estas plantas opusieron mucha resistencia ante las fuerzas aplicadas por el viento, paso de personas y de animales, y se quebraron antes que ceder.

Cuadro 4. Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 38+ (10-VIII-84) en el primer ensayo (incluye los datos de la siembra hecha el 14-VII-84).

Tratamiento y Significancia	Estado de las plantas			
	E	NE	Q	F
1	24,0	11,2	0,3	3,7
2	18,7	16,2	0,2	3,8
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS

Cuadro 5. Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 44+ (16-VIII-84) en el primer ensayo (incluye los datos de la siembra hecha el 14-VII-84)

Tratamiento y Significancia	Estado de las plantas			
	E	NE	Q	F
1	14,7	15,8	4,0	4,7
2	12,0	20,3	2,3	4,0
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS

SEGUNDO ENSAYO

Los cuadros 6 al 16 resumen los datos obtenidos en el segundo ensayo. En este caso las resiembras no se tomaron en cuenta.

Los cuadros 6 y 7 muestran los datos de brotación y desarrollo de las plántulas a los días 6+ y 7+ respectivamente: las plántulas del Tratamiento 1 se desarrollaron más temprano que las del 2 y las plántulas de los subtratamientos con fertilizante crecieron más rápidamente hasta el día 6+ que las de los subtratamientos sin fertilizar. Al día 7+ los dos subtratamientos del Tratamiento 1 alcanzaron un estado de equilibrio, mientras que dentro del subtratamiento 2 la tendencia original se invirtió: las plántulas del subtratamiento 2- crecieron más rápidamente que las del subtratamiento 2+. Lo anterior parece indicar que los tratamientos influyeron inicialmente en la velocidad de brotación y desarrollo de las plántulas, y que fue más favorable el Tratamiento 1. Además indica que los subtratamientos con y sin fertilizante no mostraron ninguna tendencia definida a favor de alguno de ellos.

Del día 36+ al 39+ se estudió la floración de las plantas. En el Cuadro 8 se presentan los datos del número de plantas en floración los días 36+ y 37+ : el número promedio de plantas en floración fue igual entre tratamientos, pero los promedios entre subtratamientos indican que el abonamiento aceleró la floración. Parece que la posición de siembra de la semilla no influye en el momento en que las plantas florecan, pero que sí influye en esta variable la aplicación de fertilizante químico.

Los cuadros 9 y 10 presentan el número de flores por tratamiento, en total y luego haciendo un desglose en flores blancas (abiertas el mismo

Cuadro 6. Número promedio de plántulas y significancia estadística al día 6+ (7-II-85) en el segundo ensayo.

Tratamiento y significancia	Estado de brotación ^{1/}				
	cr	gv	cv	he	hv
1	10,5	1,1	0,4	0,0	0,1
2	9,3	0,1	0,0	0,0	0,0
Sig. Est.	NS	*	-	-	-
<hr/>					
Subtratam. y Significancia					
1-	9,2	1,7	0,2	0,0	0,0
1+	11,8	0,5	0,7	0,0	0,2
Sig. Est.	NS	NS	*	-	-
2-	9,8	0,0	0,0	0,0	0,0
2+	8,8	0,2	0,0	0,0	0,0
Sig. Est.	NS	-	-	-	-

^{1/} Clave para los estados de brotación y desarrollo: cr = costra rota; gv = gancho (hipocotilo) visible; cv = cotiledones visibles; he = hipocotilo erecto; hv = hojas simples verticales, amarillas.

Cuadro 7. Número promedio de plántulas y significancia estadística al día 7+ (8-II-85) en el segundo ensayo

Tratamiento y Significancia	Estados de brotación y desarrollo ^{1/}						
	cr	gv	cv	he	hv	hs	hr
1	6,3	3,2	2,3	1,3	0,5	0,8	1,6
2	10,3	2,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sig. Est.	**	NS	*	-	-	-	-
Subtratam. y Significancia							
1-	6,0	3,0	2,3	1,2	0,0	1,2	1,7
1+	6,7	3,3	2,2	1,3	1,0	0,3	1,5
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS	-	NS	NS
2-	8,7	3,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0
2+	11,8	1,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Sig. Est.	NS	NS	NS	-	-	-	-

^{1/} Clave para los estados de brotación y desarrollo: cr = costra del suelo rota; gv = gancho visible; cv = cotiledones visibles; he = hipocotilo erecto, hojas simples con la nervadura hacia arriba; hv = hojas simples verticales, amarillas; hs = hojas simples separándose, de color verde poco intenso; hr = hojas simples horizontales, rugosas.

día) y flores amarillas (abiertas el día anterior). El número promedio de flores (intensidad de floración) aparentemente fue influido tanto por los tratamientos como por los subtratamientos: la posición de siembra 1 y los subtratamientos con fertilizante correspondieron a intensidades de floración mayores.

Las observaciones sobre la morfología de las plantas, hechas del día 66+ al 77+ se resumen en los cuadros del 11 al 16.

Los tipos de guía que produjeron las plantas de frijol (Cuadro 11) no mostraron diferencias significativas ni tendencias definidas entre tratamientos y subtratamientos.

La longitud promedio de las plantas, desde el nudo cotiledonar al ápice, y la longitud desde el nudo cotiledonar al nudo en que la planta cambió su orientación original, no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ni entre subtratamientos (Cuadro 12), pero sí se vio que la longitud promedio tendió a ser mayor en las plantas del Tratamiento 1 que en las del 2, y dentro de cada tratamiento, en las plantas de los subtratamientos abonados. En el mismo cuadro (Cuadro 12) se observa que tanto el número total de nudos como el número de nudos desde el nudo cotiledonar hasta el nudo en que la planta cambió su orientación original son prácticamente iguales entre tratamientos y subtratamientos. Esto es indicación de que las diferencias de longitud que se observaron, se debieron a diferencias en la longitud de los entrenudos de las plantas, y de que el número de nudos es una característica genéticamente determinada, que no es afectada ni por la posición de siembra, ni por la aplicación de abono.

Los datos sobre la separación del hipocotilo de la vertical y sobre el número de plantas erectas por tratamiento y subtratamientos se resumen en

Cuadro 8. Número promedio de plantas en floración y significancia estadística a los días 36+ (9-III-85) y 37+ (10-III-85) en el segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	Fecha	
	36+	37+
1	3,3	11,3
2	2,0	11,3
Sig. Est.	NS	NS
Subtratan. y Significancia		
1-	0,8	4,3
1+	2,5	7,0
Sig. Est.	NS	*
2-	0,7	5,3
2+	2,3	6,0
Sig. Est.	NS	NS

Cuadro 9. Número promedio de flores (intensidad de floración), de ovarios fecundados y significancia estadística a los días 38+ (11-III-85 y 39+ (12-III-85) en el segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	Número de flores		Número de ovarios
	38+	39+	39+
1	48,7	72,8	2,0
2	39,0	61,5	1,3
Sig. Est.	NS	NS	NS
Subtratam. y Significancia			
1-	20,3	30,5	0,7
1+	28,3	42,3	1,3
Sig. Est.	NS	NS	NS
2-	17,5	29,5	0,2
2+	21,5	32,0	1,2
Sig. Est.	NS	NS	NS

Cuadro 10. Número promedio de flores blancas (del día) y amarillas (del día anterior) y significancia estadística a los días 38+ (11-III-85) y 39+ (12-III-85) en el segundo ensayo

Tratamiento y Significancia	Blancas		Amarillas	
	38+	39+	38+	39+
1	30,8	27,3	17,8	45,0
2	24,0	23,8	15,0	37,7
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS
<hr/>				
Subtratam. y Significancia				
1-	13,8	11,3	6,5	19,2
1+	17,0	16,5	9,1	25,8
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS
2-	11,5	12,8	6,0	16,7
2+	12,5	11,0	9,0	21,0
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS

Cuadro 11. Número promedio de guías completamente erectas (EE), guías semi-erectas (de casi verticales a horizontales) (E) y dobladas hacia abajo (D) y significación estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	Guía		
	EE	E	D
1	4,4	5,6	5,3
2	4,8	4,3	5,3
Sig. Est.	NS	NS	NS
Subtratam. y Significancia			
1-	1,9	2,9	2,3
1+	2,5	2,8	3,0
Sig. Est.	NS	NS	NS
2-	2,4	2,1	2,6
2+	2,4	2,1	2,6
Sig. Est.	NS	NS	NS

Cuadro 12. Longitud promedio en milímetros entre el nudo cotiledonar y el ápice (I), número promedio total de nudos (II), longitud (mm) hasta el nudo en que el tallo cambió su dirección original (III) y número de nudos al nudo en que la planta cambió su dirección original (IV). Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-65) del segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	I	II	III	IV
1	442,7	13,7	169,4	7,9
2	419,0	13,7	150,2	7,8
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS
Subtratam. y Significancia				
1-	424,4	13,7	162,0	7,6
1+	466,4	13,8	176,9	8,1
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS
2-	398,6	13,8	140,9	7,6
2+	443,4	13,4	159,4	8,0
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS

los cuadros 13 y 14.

En el Cuadro 13 se ve que entre tratamientos el ángulo promedio de separación del hipocotilo de la vertical presenta una diferencia estadística altamente significativa ($p=0,01$) entre tratamientos y que el ángulo es mayor en las plantas del Tratamiento 2. Esto indica que la posición de siembra de la semilla tiene efecto en la magnitud que alcanza este ángulo. Los subtratamientos no tuvieron ningún efecto sobre esta variable, aparentemente.

En el Cuadro 14 aparecen los números promedio de plantas erectas por tratamiento y subtratamiento. Se considera primero el número total de plantas que se mantuvieron erectas (ángulo de desviación del hipocotilo de la vertical menor de 30°) y luego se desglosa este número en: plantas completamente erectas (ángulo de desviación del hipocotilo 0°) y plantas erectas con tendencia al acame o al volcamiento.

Se observa en el cuadro que entre los promedios de plantas erectas (número total) y plantas completamente erectas hay una diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, con un promedio mayor en el Tratamiento 1. Esto indica que hay un efecto de la posición de siembra sobre el número de plantas que se mantienen erectas.

Entre subtratamientos no hubo diferencias estadísticamente significativas, pero se vio que una ligera tendencia a un número mayor de plantas erectas en 1+ que en 1- se da, lo que podría significar que las plantas fertilizadas desarrollaron un hipocotilo más resistente ante el acame o el vuelco.

También se observó que hay un número de plantas erectas menor en el subtratamiento 2+ que en el 2-. Esto puede explicarse como debido a que

Cuadro 13. Angulo promedio de separación de la vertical (en grados sexagesimales) del hipocotilo y significación estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (del 9 al 20-IV-35) del segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	Angulo ^{1/} (grados)
1	15,4
2	23,1
Sig. Est.	tt
<hr/>	
Subtratam. y Significancia	Angulo ^{1/} (grados)
1-	15,0
1+	15,7
Sig. Est.	NS
2-	23,0
2+	23,8
Sig. Est.	NS

^{1/} Las fracciones representan décimos de grado.

Cuadro 14. Número promedio total de plantas erectas (TPE), plantas completamente erectas (PCE), plantas erectas pero con tendencia a acame o volcamiento (PTAV), plantas con torceduras en el hipocotilo (PTH) y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	TPE ^{1/}	PCE ^{2/}	PTAV ^{3/}	PTH
1	13,8	12,9	0,9	0,0
2	10,9	9,5	0,5	0,9
Sig. Est.	**	**	NS	-
Subtratan. y Significancia				
1-	6,5	6,4	0,1	0,0
1+	7,3	6,5	0,8	0,0
Sig. Est.	NS	NS	*	-
2-	5,8	5,0	0,3	0,5
2+	5,2	4,5	0,3	0,4
Sig. Est.	NS	NS	NS	NS

- ^{1/} Plantas con ángulo de separación del hipocotilo de la vertical menor de 30°, incluyendo plantas con tendencia a acame o a volcamiento.
- ^{2/} Plantas con ángulo de separación del hipocotilo de la vertical igual a 0° (cero grados)
- ^{3/} Plantas con tendencia a volcamiento o acame (ángulo de separación del hipocotilo de la vertical menor de 30°).

el desarrollo de una copa más grande por efecto del fertilizante, venció la resistencia que presentó el hipocotilo, el cual se dobló sin llegar a quebrarse por tener cierto grado de plasticidad.

Entre plantas erectas con tendencia al acame o al volcamiento no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, pero se vio tendencia a un número mayor en el Tratamiento 1. Dentro de este tratamiento se presentó una diferencia significativa ($p=0,05$) con un promedio mayor en el subtratamiento 1+ lo que se explica si consideramos que hubo un mayor desarrollo de la copa debido al abonamiento y esto hizo que el hipocotilo se doblara un poco debido al peso mayor.

La torcedura del hipocotilo se presentó solamente en plantas del Tratamiento 2 y con una frecuencia baja. Fue una dobladura en forma de "S" en el punto en que el hipocotilo salió del suelo y que parece indicar que en algún momento de la ontogenia de la planta el hipocotilo no tuvo la suficiente resistencia para soportar el peso de la copa de la planta, pero que pudo recuperar la posición vertical doblándose hacia arriba en un lugar situado inmediatamente después del sitio en que se dobló primero, logrando mantener la copa levantada lejos del suelo.

En el Cuadro 15 se resumen los datos sobre los tipos de raíz encontrados y el número de deformidades en el cuello de las mismas. Se definieron cuatro tipos de raíces: a) "fibrosas" (F), llamadas así por su parecido con las verdaderas raíces fibrosas. Eran raíces sin una raíz principal diferenciada, muy divididas, delgadas y numerosas. Entre tratamientos hubo una diferencia significativa entre los promedios, con un valor más grande en el Tratamiento 2. b) Raíces en que había una raíz principal pero más corta que las raíces secundarias, pudiendo ser recta o

torcida (RC). Los promedios tuvieron una diferencia significativa entre tratamientos con un valor mayor en el Tratamiento 1. c) Plantas que tuvieron una raíz principal larga pero deforme (con torceduras o formando ángulos), que a veces tendió a colocarse en una posición casi horizontal, y que estaba rodeada por raíces secundarias más cortas (RLD). No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de los tratamientos, aunque fueron más numerosas en el Tratamiento 2. ch) El último tipo de raíz que se encontró fue el "ideal": con una raíz principal pivotante, larga, recta y gruesa (RI). Solamente se presentó en plantas del Tratamiento 1.

Los datos obtenidos indican un posible efecto de la posición de siembra de la semilla en el tipo de raíz que presentaron las plantas resultantes. En las plantas del Tratamiento 2 se presentaron más raíces "fibrosas" que en las del 1 y sólo se encontraron sistemas radicales pivotantes y bien contruidos en el Tratamiento 1.

Entre subtratamientos no hubo diferencias estadísticamente significativas, excepto entre los subtratamientos 1+ y 1- de las raíces largas y deformes (RLD) en las que 1+ superó a 1- a $p = 0,05$.

Esto podría indicar que la fertilización influyó en que la raíz principal se deformara en este tratamiento.

Las deformaciones del cuello de la raíz que se observaron se clasificaron en dos tipos: primero, raíces en U, que fueron las raíces cuyo cuello tenía la forma de una "u" apretada, de uno de cuyos brazos salía el hipocotilo mientras que el otro brazo hacía una segunda curva hacia abajo, también muy apretada, o incluso un lazo completo, dirigiéndose luego la raíz hacia abajo o quedando más o menos inclinada. Segundo: raíces en

codo (C), que fueron aquellas en las que el cuello formó un ángulo con respecto al eje longitudinal del hipocotilo.

El Cuadro 15 muestra que las diferencias de los promedios de deformaciones en la raíz son altamente significativas entre tratamientos, indicando esto que la posición de la semilla influye en la aparición de este tipo de deformidades. Hubo una mayor cantidad de plantas con raíces en U en el Tratamiento 2, y un mayor número de raíces en codo (C) en el Tratamiento 1. Si se considera la suma de los dos tipos de deformidades, hubo un promedio mayor en el Tratamiento 2. Entre subtratamientos no se observaron diferencias estadísticamente significativas, aunque llama la atención el hecho de que entre los subtratamientos 1+ y 1- se presenta un número de deformidades algo mayor en el subtratamiento con abono. En el Cuadro 16 se presentan los datos del número de vainas fértiles por planta (considerando como vainas fértiles todas aquellas que tienen al menos un grano de calidad comercial) y de semillas por planta.

Entre tratamientos los promedios tuvieron una diferencia estadística significativa, o sea que la posición de la semilla influyó sobre estas variables favoreciendo al Tratamiento 1 con promedios mayores. Entre los subtratamientos del Tratamiento 1 no hubo diferencias estadísticamente significativas pero se vio tendencia a un número promedio de vainas y semillas en el subtratamiento 1+. Entre 2+ y 2- si hubo una diferencia significativa ($p=0,05$) indicando que hubo influencia del abono en una producción mayor de vainas y semillas.

Cuadro 15. Número promedio de tipos de sistemas radicales ("fibroso" (F); con raíz principal corta, gruesa, recta o torcida (RC); con raíz principal larga pero deforme (RLD) y con raíz larga, recta, vertical, "ideal" (RI)) y de deformidades (raíces en U y en codo (C)) y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia	Tipos				Deformidades		
	F	RC	RLD	RI	U	C	U+C
1	3,3	2,0	5,7	5,3	1,5	7,3	8,8
2	6,0	0,3	8,2	0,0	11,2	2,8	14,0
Sig. Est.	*	*	NS	-	**	**	**
Subtratam. y Significancia							
1-	1,7	1,3	1,8	2,7	0,3	3,3	3,7
1+	1,7	0,7	3,8	2,7	1,2	4,0	5,2
Sig. Est.	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
2-	2,7	0,3	4,2	0,0	5,2	1,8	7,0
2+	3,3	0,0	4,0	0,0	6,0	1,0	7,0
Sig. Est.	NS	-	NS	-	NS	NS	NS

Cuadro 16. Promedio de vainas por planta, de semillas por planta y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 66+ y 77+ (9 al 20-IV-85) del segundo ensayo.

Tratamiento y Significancia		Vainas/pl.	Semillas/pl.
1		17,8	90,9
2		16,2	80,8
Sig.	Est.	*	*
Subtratam. y Significancia			
1-		16,9	84,8
1+		18,7	97,1
Sig.	Est.	NS	NS
2-		15,5	76,1
2+		16,8	85,5
Sig.	Est.	*	*

Entre los tratamientos se observó una diferencia significativa en el número de vainas por planta y en el número de semillas por planta. En el tratamiento 1 se obtuvo un mayor número de vainas y semillas por planta que en el tratamiento 2. Entre subtratamientos se observó una diferencia significativa en el número de vainas por planta y en el número de semillas por planta. En el subtratamiento 1+ se obtuvo un mayor número de vainas y semillas por planta que en el subtratamiento 1-. En el subtratamiento 2+ se obtuvo un mayor número de vainas y semillas por planta que en el subtratamiento 2-. Las plantas en arveas no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Algo que se presentó por primera vez fue la germinación de las plantas a nivel del nudo de las hojas superiores (arveas), ya que en los ensayos anteriores las arveas que se presentaban únicamente a nivel de

TERCER ENSAYO.

Los cuadros 17 á 21 concentran la información obtenida en el tercer ensayo.

La brotadura y desarrollo de las plántulas en las fechas 5+ y 6+ se presentan en los cuadros 17 y 18. En este caso, aunque en los diversos estados se presentan ciertas diferencias estadísticamente significativas, en conjunto no se observa ninguna tendencia definida a favor de alguno de los tratamientos al contrario de lo que se observó en ensayos anteriores.

Entre subtratamientos hubo más plántulas en estados más avanzados de desarrollo en los subtratamientos que no tenían fertilizante (Cuadro 18), lo que sugiere que en este caso la aplicación del abono químico retardó el crecimiento temprano de las plántulas de frijol.

En los días 44+ y 49+ se contaron las plantas erectas, no erectas, quebradas (a nivel del nudo de las hojas simples) y las fallas, estos datos se resumen en los cuadros 19 y 20. Entre los tratamientos no se dieron diferencias estadísticamente significativas, pero se ve una tendencia a un mayor número promedio de plantas erectas en el Tratamiento 1 y a más plantas no erectas en el Tratamiento 2. Entre subtratamientos el número de plantas erectas fue significativamente mayor en los subtratamientos sin abono, tal vez porque como tenían una copa más pequeña, esto evitó que se doblaran o se quebraran. Las plantas no erectas no presentaron diferencias significativas entre tratamientos.

Algo que se presentó por primera vez fue la quebradura frecuente de las plantas a nivel del nudo de las hojas simples (catafilos) ya que en los ensayos anteriores las quebraduras que se presentaron sucedieron a diversas

Cuadro 17. Número promedio de plántulas y significación estadística al día 5+ (3-VI-85) en el tercer ensayo.

Tratamiento y Significancia	Estado de brotación y desarrollo ^{1/}			
	cr	gv	cv	he
1	1,1	2,5	1,0	0,1
2	2,3	2,0	1,4	0,0
Sig. Est.	*	NS	NS	-
<hr/>				
Subtratam. y Significancia				
1-	0,8	3,6	1,3	0,3
1+	1,4	1,4	0,6	0,0
Sig. Est.	NS	**	NS	-
2-	1,9	2,5	1,9	0,0
2+	2,8	1,5	0,9	0,0
Sig. Est.	NS	NS	NS	-

^{1/} Clave para los estados de brotación y desarrollo: cr = costra de suelo rota; gv = gancho (hipocotilo) visible; cv = cotiledones visibles; he = hojas simples con la vena central hacia arriba.

Cuadro 18. Número promedio de plántulas y significancia estadística al día 6+ (4-VI-85) en el tercer ensayo.

Tratamiento y Significancia		Estado de brotación y desarrollo ^{1/}					
		cr	gv	cv	he	hv	hr
1		1,4	1,0	0,5	0,4	2,4	1,1
2		2,1	0,4	1,2	0,7	1,4	1,9
Sig.	Est.	NS	*	*	NS	*	*
Subtratam. y Significancia							
1-		0,8	0,8	0,5	0,6	3,1	1,9
1+		2,1	1,3	0,5	0,1	1,8	0,3
Sig.	Est.	*	NS	NS	NS	*	**
2-		1,9	0,4	1,1	1,1	1,5	2,3
2+		2,4	0,5	1,3	0,3	1,3	1,5
Sig.	Est.	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^{1/} Clave para los estados de brotación y desarrollo: cr = costra rota; gv = gancho (hipocotilo) visible; cv = cotiledones visibles; he = hojas simples con la vena central hacia arriba; hv = hojas simples verticales; hr = hojas simples, horizontales, rugosas.

Cuadro 19. Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significancia estadística al día 44+ (12-VII-85) del tercer ensayo.

Tratamiento y Significancia		Estado de las plantas			
		E	NE	Q	F
1		12,3	1,5	2,6	2,1
2		10,5	2,4	3,4	2,3
Sig.	Est.	NS	NS	NS	NS
<hr/>					
Subtratam. y Significancia					
1-		7,4	0,8	0,5	0,8
1+		4,9	0,8	2,1	1,4
Sig.	Est.	*	NS	**	NS
2-		6,9	1,0	0,5	1,1
2+		3,6	1,4	2,9	1,1
Sig.	Est.	**	NS	**	NS

Cuadro 20. Número promedio de plantas erectas (E), no erectas (NE), quebradas (Q), fallas (F) y significación estadística al día 49+ (17-VII-85) del tercer ensayo.

Tratamiento y Significancia		Estado de las plantas			
		E	NE	Q	F
1		10,0	3,0	3,4	2,1
2		8,1	4,9	3,4	2,3
Sig.	Est.	NS	NS	NS	NS
Subtraten. y Significancia					
		E	NE	Q	F
1-		6,3	1,5	0,9	0,8
1+		3,8	1,5	2,5	1,4
Sig.	Est.	*	NS	*	NS
2-		5,3	2,8	0,5	1,1
2+		2,9	2,1	2,9	1,1
Sig.	Est.	*	NS	**	NS

alturas en el tallo. De la orientación de las plantas caídas se dedujo que este fenómeno fue provocado por el viento. Los promedios de plantas quebradas no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, pero sí las hubo entre subtratamientos y se quebró un número promedio mayor de plantas a nivel del nudo de las hojas primarias en los subtratamientos con abono.

Esto indica que las plantas de los subtratamientos fertilizados, al desarrollar copas más voluminosas, fueron más susceptibles de ser quebradas por el viento. Sugiere esto también la existencia de un punto de fragilidad en el tallo de la planta, ya que todas se quebraron en el mismo punto. Por último parece señalar que los hipocótilos de las plantas fertilizadas fueron más rígidos que los de las no fertilizadas, y que esto hizo que opusieran mayor resistencia ante el empuje del viento por lo que la planta se quebró. Posteriormente se extrajeron del suelo las plantas quebradas: se vio que tenían sistemas radicales con una raíz pivotante, larga y recta, con raíces secundarias largas, dispuestas regularmente alrededor de la base de la planta y que los hipocótilos eran gruesos y presentaban gran resistencia a ser doblados.

De lo mencionado puede derivarse que las plantas de los subtratamientos 1- y 2- pudieron tener hipocótilos más flexibles, ya que se mantuvieron erectas en una proporción significativamente más alta en iguales condiciones ambientales, aunque no debe olvidarse que su copa era más pequeña que la de las plantas abonadas.

En el número de fallas no hubo diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ni entre subtratamientos.

El Cuadro 21 resume las observaciones sobre la longitud de las plan-

tas de frijol y sobre el número de vainas fértiles, hechas del día 57+ al 63+. Entre la longitud promedio de las plantas hubo una diferencia significativa entre tratamientos a favor de una mayor longitud en el Tratamiento 1, que se acentuó aun más con el abonamiento ($p= 0,01$ entre 1+ y 1-). Entre los subtratamientos 2+ y 2- no hubo diferencias estadísticamente significativas, aunque se vio tendencia a que las plantas fueran de mayor tamaño en el subtratamiento abonado.

Los promedios de vainas fértiles no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, aunque entre los subtratamientos 1+ y 1- si se presentó una diferencia significativa ($p= 0,05$) con un número de vainas mayor en 1-. Entre 2+ y 2- no hubo diferencias estadísticamente significativas pero los promedios muestran que hubo tendencia a un número mayor de vainas fértiles en el subtratamiento no fertilizado. Parece que en este caso el abonamiento favoreció el crecimiento vegetativo pero, aparentemente, produjo una reducción en la producción de vainas, por lo menos al momento de la toma de datos que se hizo antes de la maduración total.

COMPARACIONES ANATOMICAS

Las mediciones de las longitudes de los elementos de los vasos hechas en hipocotilos macerados de plantas de frijol cultivar Olivenza-1 de los tratamientos 1 y 2 del tercer ensayo y de plantas de hábitos de crecimiento tipo I y IV, se resumen en el Cuadro 22.

Puede observarse que entre los tratamientos 1 y 2 de frijol Olivenza-1 (hábito de crecimiento IIIa) hubo una diferencia altamente significativa ($p= 0,01$) entre las longitudes promedio de los elementos de los vasos, y

Cuadro 21. Longitud promedio en milímetros desde el nudo cotiledonar al ápice de las plantas, promedio de vainas fértiles y significancia estadística. Datos tomados entre las fechas 57+ y 63+ (21 al 31-VII-85) del tercer ensayo.

Tratamiento y Significancia	Longitud (mm)	Vainas fértiles
1	843,2	131,6
2	754,1	128,6
Sig. Est.	*	NS
Subtratam. y Significancia		
1-	778,4	75,6
1+	908,0	56,0
Sig. Est.	**	*
2-	728,0	73,8
2+	789,3	54,9
Sig. Est.	NS	NS

que los elementos de los vasos del Tratamiento 1 fueron más largos que los del Tratamiento 2 (en porcentaje los elementos de los vasos de las plantas provenientes de semillas plantadas en posición 1 tuvieron un 16,3 por 100 más de longitud que los de las plantas provenientes de semillas sembradas en la posición 2). Entre los subtratamientos no se dieron diferencias estadísticamente significativas, aunque en el cuadro se puede ver que las plantas de los subtratamientos sin abono tenían los elementos de los vasos del hipocotilo ligeramente más largos que los de los subtratamientos sin abono. De lo anterior puede deducirse que la posición de siembra de la semilla influyó en la longitud de los elementos de los vasos de los hipocotilos de las plantas resultantes, y que el abonamiento no tuvo tanta influencia, aunque aparentemente hizo que se produjeran elementos de los vasos un poco menos largos en las plantas de los subtratamientos abonados.

Entre la longitud promedio de los elementos de los vasos del hipocotilo de las plantas de hábito tipo I y hábito tipo IV hay también una diferencia estadística altamente significativa. En este caso fueron más largos los elementos de los vasos de las plantas tipo IV. Pero también se presentó otra diferencia entre los elementos de los vasos de los dos tipos de plantas: en los elementos de las plantas tipo IV las punteaduras fueron más pequeñas, menos conspicuas y menos numerosas que en los elementos de los vasos de las plantas de hábito tipo I y, también, que en los elementos de los vasos de las plantas del cultivar Olivenza-1. Esto significa que las paredes celulares de los elementos de los vasos de las plantas de frijol de hábito de crecimiento tipo IV son más masivas, y por lo tanto con mayor resistencia que las de las plantas con hábito de crecimiento tipo I (Eugenia M. Flores, Com. Pers. 1986).

El intento de relacionar la estructura profunda de una planta con su resistencia a la pudra ofrece entre las formas que se pueden dar a la resistencia.

Cuadro 22. Longitud promedio en micrómetros de los elementos de los vasos xilemáticos en muestras maceradas de hipocotilos de plantas de frijol cultivar Olivenza-1 y de plantas de frijol con hábitos de crecimiento tipo I y tipo IV, y comparaciones estadísticas.

Tratamiento y Significancia		Longitud
1		114,4
2		98,4
Sig.	Est.	**
<hr/>		
Subtratem. y Significancia		
1-		116,7
1+		112,0
Sig.	Est.	NS
2-		101,9
2+		94,9
Sig.	Est.	NS
<hr/>		
Hábitos I y IV Significancia		
Tipo I		120,7
Tipo IV		136,3
Sig.	Est.	**

El intento de relacionar la estructura anatómica de una planta con la resistencia que pueda ofrecer ante las fuerzas que le pueden ser aplicadas es difícil: la resistencia que presenta un tallo depende de gran cantidad de factores que no siempre están correlacionados (Esau, 1985; Panshin y De Zeeuw, 1980). Estudios de este tipo se han hecho sobre todo en árboles de interés económico de la zona templada. Sin embargo se conoce que las plantas con tallos flexibles (lianas, enredaderas), tienen elementos de los vasos más cortos que las plantas que se mantienen erectas (Eugenia M. Flores, Com. Pers., 1985), y además que la longitud de los elementos se puede correlacionar positivamente con la longitud de las fibras, ya que los dos tipos de células provienen de iniciales del mismo meristemo (Eugenia M. Flores, Com. Pers., 1986; Mike Weimann, Com. Pers., 1986). Esto puede servir para explicar las diferencias de comportamiento entre las plantas del cultivar Olivenza-1 de los dos tratamientos comparados: las plantas con elementos de los vasos (y, posiblemente, fibras) más largos se mantuvieron erectos en un número promedio mayor que las plantas con los elementos de los vasos y, tal vez, fibras, más cortos (respectivamente tratamientos 1 y 2). Pero esto solamente puede considerarse válido para explicar lo sucedido con las plantas del experimento principal, ya que al compararse los elementos de los vasos del hipocotilo de los cultivares con hábito de crecimiento tipo I y tipo IV se vio que las plantas con tallo voluble (tipo IV) tenían elementos de los vasos más largos y con paredes celulares más masivas que los elementos xilemáticos de las plantas arbustivas determinadas. Esto es indicación de que la longitud de los elementos de los vasos no es un indicador adecuado de la resistencia ante el acame o el volcamiento que pueda presentar un cultivar determinado de frijol.

Posiblemente entre cultivares diferentes la resistencia que pueda presentar el hipocotilo sea el resultado de la combinación de varios factores, como el grosor de las paredes celulares de vasos y fibras, número y tamaño de células conductoras y de sostén, grados de suberificación y lignificación que se presenten, tamaño y disposición de punteaduras, influencia del contenido de humedad, etc., tal y como sucede con los tallos de otras plantas (Panshin y De Zeeuw, 1980), por lo que cada cultivar deberá ser analizado individualmente para relacionar su estructura histológica con la resistencia que presente en el hipocotilo u otras partes de la planta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del estudio realizado se concluyó que: 1) la posición en que se siembra la semilla de frijol afectó la velocidad de desarrollo, la morfología, la producción y la anatomía de las plantas resultantes. 2) Que el Tratamiento 2 (semilla vertical con el embrión abajo) indujo una mayor proporción de plantas acamadas o volcadas, con problemas en la raíz, de longitud y producción menores y con elementos de los vasos del xilema más cortos que en las plantas del Tratamiento 1. 3) Que la adición de fertilizante químico comercial afectó la manifestación de algunas de las variables estudiadas, a veces positivamente, a veces negativamente y que no tuvo influencia en otras, lo que indicó que algunas de estas variables son determinadas genéticamente, otras dependen solamente de la posición de siembra de la semilla y que otras sí fueron afectadas por la interacción: posición de la semilla-fertilización. Y que 4) las observaciones anatómicas en cultivares de frijol con hábitos de crecimiento diferentes al utilizado en el experimento principal mostró que pueden existir diferencias anatómicas entre los tejidos conductores y probablemente los de sostén de cultivares de frijol distintos.

Esto lleva a recomendar que: 1) debe estudiarse las causas que hacen que entre plantas provenientes de semillas sembradas en diferentes posiciones haya diferencias tanto fisiológicas, como anatómicas y morfológicas. 2) Que sería valioso el estudiar la relación entre la estructura anatómica de las plantas de frijol y su resistencia ante diversos tipos de fuerzas aplicadas tanto al hipocotilo como a otras partes del tallo de

la planta. 3) Que podría estudiarse la genética de la anatomía de la planta de frijol con el fin de producir líneas de plantas con tejidos que resistan el acame y el volcamiento. 4) Que sería de interés el estudiar la influencia del abonamiento en la expresión morfológica de la planta relacionándolo con la manera en que afecta la fisiología de la planta a diversos niveles (de la planta en total, a nivel de desarrollo tisular y a nivel celular) y en diversos momentos del desarrollo.

con el abono orgánico (Tratamiento I) y la otra con el abono orgánico (Tratamiento II) y dos subtratamientos en cada tratamiento: aplicación de fertilizante químico comercial. El primer grupo de plantas se sembró al azar (se usó fertilizante) y el segundo grupo se sembró con un diseño de bloques al azar con repeticiones de tres veces las subrepeticiones con fertilizante de 150 kg/ha. Los análisis estadísticos entre tratamientos y subtratamientos se realizaron usando el método de Student. Cada grupo se sembró en un área rectangular y la inversa del campo inferior (recolectando la muestra) las plantas que manifestaron características contrarias a las que se buscaban durante febrero y sembrándolas en el siguiente campo con el mismo abono orgánico para ejercer una mayor presión de selección.

Los resultados obtenidos indican que la posición de la semilla tuvo influencia sobre el número de plantas que se sembraron y volcaron (mayor en el Tratamiento II) y que una posición de siembra (Tratamiento II) favoreció que una mayor proporción de plantas creyeran y dieran frutos, mostrando una longitud y producción mayores, raíces más profundas y que sus elementos de los vasos del xilema fueran más largos.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la posición de siembra de la semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.) cultivar Olivenza-1 sobre el acame y el volcamiento de las plantas resultantes, su velocidad de desarrollo, su morfología y su anatomía. Se hicieron tres ensayos sucesivos en los que se compararon dos posiciones de siembra, ambas con la semilla vertical pero una con el embrión arriba (Tratamiento 1) y la otra con el embrión abajo (Tratamiento 2) y dos subtratamientos en cada tratamiento: aplicación y no aplicación de fertilizante químico comercial. El primer ensayo siguió un diseño de bloques al azar (no se usó fertilizante) y el segundo y tercer ensayos se hicieron con un diseño de bloques al azar con parcelas divididas (aunque las subparcelas con fertilizante no se rifaron). Las comparaciones estadísticas entre tratamientos y subtratamientos se hicieron aplicando comparaciones de t de Student. Cada ensayo se sembró con semilla seleccionada a la inversa del ensayo anterior (recolectando la semilla de las plantas que manifestaron características contrarias a las que el tratamiento debía favorecer y sembrándolas en el tratamiento contrario en el ensayo siguiente para ejercer una mayor presión de selección).

Los resultados obtenidos indicaron que la posición de siembra de la semilla tuvo influencia sobre el número de plantas que se acamaron o se volcaron (mayor en el Tratamiento 2) y que una posición de siembra (el Tratamiento 1) favoreció que una mayor proporción de plantas crecieron erguidas, alcanzaran una longitud y producción mayores, tuvieran menos raíces deformes y que sus elementos de los vasos del xilema fueran más largos.

Los subtratamientos en unos casos tuvieron interacción con la posición de siembra de la semilla y en otros no, indicando que algunas de las variables estudiadas dependen sólo de los tratamientos y que otras están determinadas genéticamente sin que influyan ni tratamientos ni subtratamientos.

Un estudio adicional de la anatomía de los hipocotilos de plantas de hábitos de crecimiento tipo I y tipo IV mostró que hay diferencias entre los elementos de los vasos de estos dos cultivares, que son de mayor longitud y con punteaduras más pequeñas y menos numerosas en las plantas de tipo IV.

- (ed.), Santa Rosa Natural History. University of Chicago Press, Chicago, Ill., 1958, pp. 77-81.
- WILSON, R. 1973. Vitogénesis espinesca. Los vegetales de la zona vegetal al norte de la humanidad. Lima, México S.A., 200 p.
- WILSON, R. R. 1971. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y El Salvador. Proyecto CIMEX-UN de Recursos Genéticos. CIMEX, Panamá, 173 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1972. Informe del Programa de Frijol. CIAT, Cali (Colombia), 115 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1973. Programa de Frijol. Informe Anual 1972. CIAT, Cali (Colombia), 176 p.
- WILSON, R. R. 1976. An Introduction to the Botany of Tropical America. 2nd ed. Longman, London, 371 p.
- WILSON, R. R. 1974. Mejoramiento Genético de Los Leguminosos. 19. Comisión Nacional de Semillas. Primer Seminario Nacional sobre Semillas. 5 y 6 de Agosto de 1974. San José, Costa Rica, 1-12-74.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ADAMS, M. W. 1982. Plant Architecture and Yield Breeding. Iowa State J. of Research, 56(3):225-254.
- ARIAS V., J. E. 1980. Caracterización de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) y preparación de un archivo de selección para la especie. Tesis, Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San Pedro. 48 p.
- BOUCHER, D. H. 1983. Black beans (Frijoles negros). IN: Janzen, D. H. (ed.), Costa Rican Natural History. University of Chicago Press, Chicago, pp. 79-81.
- BRAUER, O. 1973. Fitogenética aplicada. Los conocimientos de la herencia vegetal al servicio de la humanidad. Limusa, México D.F., 518 p.
- BUKASOV, S. M. 1981. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia. Proyecto CATIE-GTZ de Recursos Genéticos. CATIE, Turrialba, 173 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1979. Informe Anual del Programa de Frijol. CIAT, Cali (Colombia), 115 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1982. Programa de Frijol. Informe Anual 1982. CIAT, Cali (Colombia), 278 p.
- COBLEY, L. S. 1976. An Introduction to the Botany of Tropical Crops. 2da. ed. Longman, Londres, 371 p.
- ECHANDI Z., R. 1974. Mejoramiento Genético de las Leguminosas. IN: Comisión Nacional de Semillas. Primer Seminario Nacional sobre Semillas. 5 y 6 de Agosto de 1974. San José, Costa Rica. pp. 29-35.

- ESAU, KATHERINE. 1935. Anatomía Vegetal. 3ra. ed. Omega, Barcelona, 779 p.
- GALLI, F.; TOKESHI, H.; CARVALHO, P. DE C. T. DE; BALMER, E.; KIMATI, H.; CARDOSO, C. O. N. y SALGADO, C. L. 1968. Manual de Fitopatología. Doenças das Plantas e seu Controle. Ceres, Sao Paulo (Brasil), 640 p.
- GERODETTI B., M. 1979. Efectos de la poda y laboreo del suelo sobre el crecimiento y rendimiento de yuca (Manihot esculenta Crantz), asociada con maíz (Zea mays) y vainita (Phaseolus vulgaris L.). Tesis, Mag. Sci., CATIE/Universidad de Costa Rica, Turrialba, 93 p.
- GUADAMUZ, E. 1980. Relación entre morfología radical y componentes de producción en frijol común Phaseolus vulgaris L. Tesis. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San Pedro. 69 p.
- JOHANSEN, D. A. 1940. Plant Microtechnique. McGraw Hill, New York, 523 p.
- LEON, J. 1968. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. IICA, San José, 487 p.
- MADRIGAL A., H. E. 1978. Transmisión de patógenos en semilla de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en relación a épocas de producción y tratamientos con fungicidas. Tesis, Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San Pedro. 85 p.
- MEINERS, J. P. 1931. Genetic of Disease resistance in Edible Legumes. Ann. Rev. of Phytopathology 21:189-209.
- MONCE V., L. A. 1980. Cultivos básicos. EUNED, San José, 312 p.
- MONTALDO, P. 1982. Agroecología del Trópico Americano. IICA, San José, 205 p.

- PANSHIN, A. J. y DE ZEEUW, C. 1980. Textbook of Wood Technology. Structure, Identification, Properties, and Uses of the Commercial Woods of the United States and Canada. 4ta. ed. McGraw-Hill, New York, 722 p.
- QUAGLIOTTI, L.; LEPORI, G. y BALDI, A. s.f. Problemas de la producción de semillas en especies trepadoras de Phaseolus. IN: Hebblethwaite, P. D. (Coord.) s.f.e. Producción Moderna de Semillas. Tomo II. Ed. Agropecuaria Hemisferio Sur, Montevideo, pp. 676-690.
- RZEDOWSKI, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México D.F., 432 p.
- VASQUEZ M., E. 1977. Influencia de la morfología de la raíz en la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) y heredabilidad de ese factor. Tesis, Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San Pedro.
- VIEIRA, G. 1975. Introducción de plantas y de germoplasma de Phaseolus vulgaris y de otras leguminosas de grano comestible. IN: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Seminario sobre el potencial del frijol y de otras leguminosas de grano comestible en América Latina. CIAT, Cali (Colombia), pp. 159-163.
- STANDLEY, P. C. 1937. Flora of Costa Rica. Part II. Botanical Series, Field Museum of Natural History, 18(2):401-780.
- STANDLEY, P. C. y STEYERMARK, J. A. 1946. Flora of Guatemala: Phaseolus. Fieldiana Botany, 24(5):316-335.
- WOODSON, R. E. y SCHERY, R. W. 1980. Leguminosae. Papilionoideae (conclusion). Flora of Panama. Part V. Fascicle 5. Ann. Missouri Bot. Gden. 67(3):523-818.