

EVALUACION DE LA CALIDAD DE SEMILLA DE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.) EN COSTA RICA

Tesis de Grado de Magister Scientiae

F. Raúl Sánchez Merino



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales
Turrialba, Costa Rica
Abril, 1972

EVALUACION DE LA CALIDAD DE SEMILLA DE FRIJOL
(Phaseolus vulgaris L.) EN COSTA RICA

Tesis

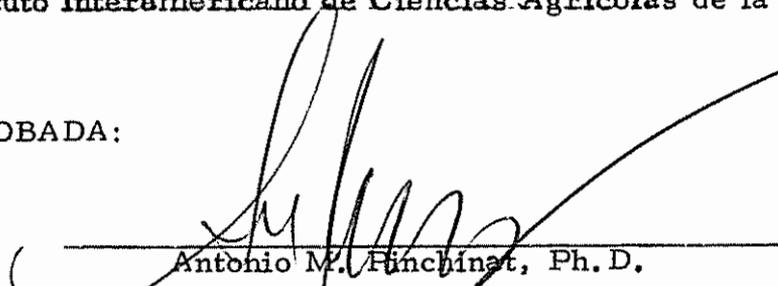
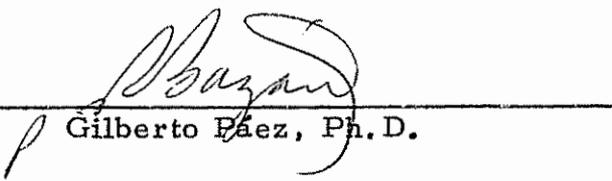
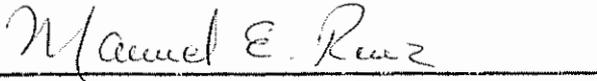
Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar el grado de

Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

APROBADA:

 Antonio M. Finchínat, Ph. D.	Consejero
 Oscar Hidalgo-Salvatierra, Ph. D.	Comité
 Gilberto Pérez, Ph. D.	Comité
 Manuel Ruiz, Ph. D.	Comité

Abril, 1972

A Lucinda,
mi adorada madre

A Federico, mi padre,
con cariño y gratitud

A María Antonieta, mi querida esposa,
por su devoción y estímulo constante

A Raúl y Antonio, mis hijos,
con el cariño más grande

AGRADECIMIENTO

El autor desea manifestar su agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Dr. Antonio M. Pinchinat, Consejero Principal, por sus enseñanzas y orientación en el planeamiento y desarrollo de la presente tesis.

A los miembros del Comité Consejero: Dr. Oscar Hidalgo Salvatierra, Dr. Gilberto Páez y Dr. Manuel Ruiz, por su asesoramiento.

A los Ingenieros Hugo Rodríguez V., Jorge Rodríguez M., Walter Arias y Julio Umaña B., por su valiosa colaboración y ayuda en el muestreo.

Al Consejo Nacional de la Producción, por las facilidades prestadas en sus laboratorios para hacer algunos análisis y la gentileza en donar la semilla muestreada para el trabajo.

Al Gobierno de Holanda, por haber auspiciado sus estudios de postgrado.

A la Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque, Perú, por la confianza depositada y las facilidades brindadas para hacer realidad sus estudios.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Chiclayo, capital del Departamento de Lambayeque, Perú, el 28 de abril de 1942. Cursó sus estudios primarios y secundarios en los Colegios Manuel Pardo y San José de su ciudad natal.

Realizó sus estudios universitarios en la ex-Universidad Nacional Agraria del Norte, hoy Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo", Lambayeque, Perú, graduándose de Bachiller en Ciencias Agrícolas en 1966.

En 1967 ingresó a trabajar como ayudante de prácticas en la Universidad Agraria del Norte, a tiempo completo.

En 1968 recibió el título de Ingeniero Agrónomo y se desempeñó como jefe de prácticas y experimentador en la misma Universidad.

En setiembre de 1970 ingresó a la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica, para seguir estudios en Fitomejoramiento, mediante una beca del Gobierno de Holanda, egresando en abril de 1972.

CONTENIDO

	Página
1	INTRODUCCION..... 1
2	REVISION DE LITERATURA 2
	2.1 Calidad de la semilla 2
	2.2 Humedad 3
	2.3 Peso 4
	2.4 Pureza 6
	2.5 Germinación 6
	2.6 Viabilidad 7
	2.7 Vigor 8
	2.8 Sanidad..... 10
3	MATERIALES Y METODOS 12
	3.1 Localización del estudio 12
	3.2 Muestreo 12
	3.3 Análisis de las muestras..... 13
	3.3.1 Humedad 14
	3.3.2 Peso 14
	3.3.3 Pureza 15
	3.3.4 Germinación 15
	3.3.5 Viabilidad 16
	3.3.6 Vigor..... 16
	3.3.7 Sanidad..... 19
	3.4 Esquema del análisis 19
4	RESULTADOS..... 20
	4.1 Consideraciones generales 20
	4.2 Pruebas de semillas..... 21
	4.2.1 Humedad 21
	4.2.2 Peso 23
	4.2.3 Pureza 24
	4.2.4 Germinación 24
	4.2.5 Viabilidad..... 26
	4.2.6 Vigor..... 27
	4.2.7 Sanidad..... 29

	Página
5	DISCUSION..... 32
5.1	Consideraciones generales 32
5.2	Pruebas de semillas 33
5.2.1	Humedad 33
5.2.2	Peso 34
5.2.3	Pureza 34
5.2.4	Germinación 35
5.2.5	Viabilidad 35
5.2.6	Vigor 36
5.2.7	Sanidad 37
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 38
7	RESUMEN..... 39
7a	SUMMARY 41
8	LITERATURA CITADA 43
	APENDICE 49

LISTA DE CUADROS

Cuadro N°		Página
1	Características de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y de 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	22
2	Análisis de variancia para humedad de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	23
3	Análisis de variancia para peso de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	23
4	Análisis de variancia para pureza de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	24
5	Análisis de variancia para germinación de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	25
6	Análisis de variancia para viabilidad de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	26
7	Análisis de variancia para vigor de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	29

Cuadro N°		Página
8	Resultados de germinación (media error estándar) luego de tres pruebas de vigor en la semilla de frijol proveniente de 16 muestras del grupo A (Agricultores) y 10 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	30
9	Análisis de variancia para envejecimiento acelerado, prueba de frío y prueba de calor de la semilla de frijol proveniente de 16 muestras del grupo A (Agricultores) y 10 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971	30
10	Coeficientes de correlación entre el porcentaje de la prueba estándar de germinación y los porcentajes de germinación luego de las pruebas de envejecimiento acelerado, frío y calor, dentro de los grupos de semillas A y B	31
11	Matriz de coeficientes de correlación entre el porcentaje de la prueba estándar de germinación y los porcentajes de germinación luego de la prueba de envejecimiento acelerado, frío y calor de la semilla de frijol, sobre los dos grupos combinados	31

LISTA DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro N°		Página
1 -A	Resumen general de la información relativa a la semilla de frijol en el grupo A correspondiente a 77 lotes de agricultores y en el grupo B correspondiente a 44 lotes del CNP.	50
2 -A	Resultados de los análisis realizados en el grupo A	53
3 -A	Resultados de los análisis realizados en el grupo B.....	55
4 -A	Porcentajes de germinación luego de las pruebas de envejecimiento acelerado, frío y calor en 16 lotes del grupo A (Agricultores) y 10 lotes del grupo B (CNP)	57
5 -A	Esquema del análisis de "Componentes de variancia"	58
6 -A	Cuestionario	60

1. INTRODUCCION

La semilla es el vehículo efectivo mediante el cual los logros del trabajo de fitomejoramiento se trasladan del lote de investigación al campo del agricultor.

Las variedades superiores llegan a ser insumos agrícolas importantes solamente cuando la semilla correspondiente resulta genéticamente genuina, fisiológicamente viable y mecánicamente pura. Por eso es de suma importancia que el agricultor sea consciente de la calidad de la semilla que se propone sembrar.

En Centroamérica el frijol (Phaseolus vulgaris L.) constituye una de las principales fuentes de proteínas de la población de escasos recursos económicos (9). En Costa Rica en particular, contribuye con el 33 por ciento de la proteína de la dieta diaria (8), pero la producción ha sido insuficiente para satisfacer los requerimientos mínimos de consumo de la población.

El presente estudio se realizó para evaluar la calidad de la semilla de frijol proveniente de fuentes privada y comercial en Costa Rica y, con base en ello, orientar los esfuerzos tendientes al mejoramiento de la producción de esta leguminosa en el país.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Calidad de la semilla

La calidad de la semilla es uno de los factores que rige el potencial de rendimiento de una variedad. La buena semilla, según Pinchinat (38), es físicamente sana, fisiológicamente viable y genéticamente adaptada a las condiciones locales.

Pollock (40) considera que la expresión del potencial genético de una variedad está determinado por dos factores: 1) el complejo genético y 2) las condiciones ambientales durante el desarrollo y posterior manejo de la misma. El embrión dentro de la semilla recibe el potencial genético de sus padres, pero el grado en el cual puede expresar este potencial está determinado por todos los factores ambientales a los cuales está expuesto.

Delouche (16) afirma que la calidad de la semilla es un producto de su historia. Desde la fertilización hasta la siembra, la semilla está sujeta a muchas condiciones y operaciones las cuales determinan su calidad. Estas incluyen características genéticas y fuente de semilla; selección del terreno; condiciones de crecimiento y medio ambiente previo a la cosecha del cultivo; aereación, secado, manejo, transporte, procesamiento, almacenaje, edad y homogeneidad de la semilla después de la cosecha.

En un examen de los depósitos de las sembradoras con semilla de soya que emplean los agricultores en Mississippi, se determinó que la semilla de más alta calidad fue la que era limpiada, la certificada y la comprada en los establecimientos expendedores de semillas (13).

2.2 Humedad

El contenido de humedad de la semilla varía en función de la humedad relativa y, en menor grado, de la temperatura del ambiente. Las semillas son higroscópicas: absorben la humedad del ambiente o pierden humedad hasta que se establezca un equilibrio entre el contenido de humedad de la semilla y la humedad relativa de la atmósfera. Una guía simple para obtener un buen almacenamiento por cinco años, es cuando en el almacén el porcentaje de humedad relativa y la temperatura en grados Fahrenheit suman 100; la condición será mejor en cuanto la porción correspondiente a la temperatura en la suma, sea mayor (27).

Según Honma y Denna (29), el hilio opera como una válvula que actúa higroscópicamente, jugando un papel importante en el fenómeno de impermeabilidad. Parece que a baja humedad relativa el hilio permanece abierto, y a alta humedad relativa se cierra.

Muchos trabajos se han realizado para determinar la influencia del contenido de humedad en el almacenamiento, el rendimiento, los daños mecánicos y el vigor de la semilla (4, 24, 42, 48).

La altura de plantas de frijol enano se redujo a la mitad y el peso de las vainas a una cuarta parte, cuando las semillas fueron almacenadas en condiciones desfavorables (48).

En almacenaje con varias temperaturas sin control de humedad, la semilla se deteriora fácilmente cuando la temperatura es mayor de 45 F (24).

Los daños mecánicos, sin embargo, tienen una relación inversa con el contenido de humedad de la semilla (4) y resultan con mayor daño aquellas semillas que contengan el menor nivel de humedad (42).

La humedad es el enemigo de la semilla almacenada, puesto que facilita y acelera su deterioro. Los niveles de humedad más recomendables para el almacenamiento de semilla de frijol varían del 12 al 14 por ciento con temperatura de hasta 25 C (28, 39, 53).

La medida del contenido de humedad de la semilla puede hacerse por varios métodos. Los más exactos son el método del horno (31) y el método de Karl Fisher mencionado por Hall (26); pero, requieren mayor tiempo, equipo y técnica. La mejor alternativa es el medidor eléctrico, siendo los del tipo dieléctrico los que tienen exactitud aceptable entre 6 y 28 por ciento de humedad, aunque son más difíciles de mantener calibrados (7, 26).

2.3 Peso

La calidad de la semilla es también caracterizada por el peso de 1000 granos expresados en gramos. Un peso alto es generalmente relacionado con un tamaño grande. Para un tamaño dado de semilla, el peso refleja la densidad de las estructuras internas y determina las reservas, e incluso la calidad, de sustancias nutritivas (34). Tanto el

tamaño como el peso se relacionan con el contenido de humedad de la semilla. El punto de máximo peso de la semilla se considera como el estado de madurez fisiológica (15).

Figueiredo y Vieira (23) encontraron que las semillas de frijol de menor peso producían una población menor de plantas por parcela, plantas más cortas y menor rendimiento.

Clark y Peck (10), en un ensayo con frijol de vainitas, determinaron que la ruptura de los cotiledones era menor en las semillas pequeñas, lo cual correspondía a un mayor porcentaje de germinación. Cuando sembraron en el campo el mismo número de semillas por hilera, las semillas grandes tuvieron mayores rendimientos, pero cuando sembraron el mismo peso por hilera, las pequeñas fueron más rendidoras.

Según Dorrell y Adams (19), la ruptura de la testa en la semilla del frijol blanco con el 12% de humedad se incrementaba conforme aumentaba el peso de la semilla y se alejaba de la forma esférica.

Arruda (2) encontró una correlación positiva entre el vigor vegetativo y la producción de semilla en el frijol; utilizando el peso de las plantas, como estimador del vigor vegetativo (X) y el peso de las semillas (Y), calculó un coeficiente de regresión $b_{xy} = 0,34$.

Según Richter (44), el tamaño de la semilla no ejerce influencia significativa sobre su conservación.

2.4 Pureza

La pureza es uno de los índices más importantes de calidad de semilla y se basa en el peso de las semillas del cultivo principal relativo al de otros materiales presentes en la muestra (34).

El objeto del análisis de pureza es determinar la composición de la muestra y, por ende, la composición del lote, identificándose las diferentes especies de semillas y materiales inertes presentes en la muestra (31).

La pureza genética se preserva siguiendo guías establecidas. Estas comprenden la siembra de semilla de conocida identidad genética, el aislamiento del lote sembrado e inspecciones oportunas del campo (51).

Pinchinat (38) señala la falta de garantía de origen, pureza y alto porcentaje de germinación, como factor básico responsable de la mala calidad de la semilla y los consecuentes bajos rendimientos del frijol en Centroamérica.

2.5 Germinación

En condiciones de laboratorio, la germinación se define como la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales del embrión de la semilla, las cuales, según la clase de semilla, indican la habilidad para desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (31).

Cuando Pollock y Manalao (41) sometieron semillas de frijol a tensiones ("stress") durante la germinación, para provocar daños mecánicos, notaron que éstos ocurrieron cuando las semillas con bajos niveles de humedad se colocaban en un medio húmedo de germinación.

La susceptibilidad a la ruptura del cotiledón en frijol está asociada con la permeabilidad de la cubierta y la imbibición rápida de agua. McCollum (35) notó que la ruptura del cotiledón variaba en relación con la humedad del suelo durante la germinación a 20 C, manifestándose un alto índice de ruptura cuando las variedades susceptibles se sembraban en suelos húmedos.

La influencia de la edad de la semilla de frijol en la germinación y el rendimiento es casi nula hasta los dos años, aumentando significativamente a partir de ese período (52).

2.6 Viabilidad

La viabilidad es la característica que tiene la semilla de manifestarse como organismo viviente. Esta cualidad es de suma importancia en la semilla que va a ser sembrada (36).

Barton (6) al estudiar los efectos de las condiciones de almacenaje en la viabilidad de las semillas de frijol, determinó que las semillas con 7 a 10 por ciento de humedad inicial, almacenadas en envases sellados, alargaban su viabilidad siempre y cuando la temperatura fuera tan baja como 5 C; el sellado por debajo de -2 C no tuvo efectos hasta por 15 años. A 30 C, se deterioran las semillas en envases tanto abiertos como sellados.

El mismo autor (5) indica como pruebas rápidas para determinar la viabilidad de la semilla: 1) la técnica del corte del embrión, y 2) el tratamiento a la semilla con cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolium.

La prueba química resulta particularmente conveniente para determinar la viabilidad de las semillas de ciertas especies que germinan lentamente cuando se aplican los métodos regulares de germinación (31).

2.7 Vigor

El vigor de la semilla es la suma de todos los atributos que favorecen la emergencia y el establecimiento de la plántula bajo condiciones desfavorables. En el sentido negativo, es considerado como "algo" inadecuadamente medido o reflejado en la prueba convencional de germinación (18). También se define como la habilidad de la semilla para germinar rápida y completamente bajo un rango amplio de condiciones ambientales (55). Larsen (32) señala que a pesar de que el potencial de germinación proporciona una información muy valiosa, representa sólo un aspecto de la calidad de la semilla. En muchos casos bajo condiciones de campo, el vigor de las semillas puede ser tan importante como el número de semillas presentes.

El vigor de la semilla se encuentra en el más alto nivel cuando ésta comienza a madurar, lo cual corresponde al máximo peso seco (15, 36).

El bajo vigor es causado por una deterioración fisiológica y no está relacionado con el vigor genético. Es poco atendido y sus efectos son difíciles de observar a simple vista, pero es causa muy importante en la reducción de los rendimientos de los cultivos (25).

Según Delouche y Caldwell (18), el vigor constituye un factor significativo solamente bajo condiciones desfavorables.

Wiles (54) para evaluar el vigor de la semilla de algodón, desarrolló el método de germinación a baja temperatura. La llamada prueba de frío ha sido muy utilizada en maíz, para evaluar la resistencia de las líneas endocriadas y los híbridos a condiciones adversas (12).

Clark, Kline y Waters (11) aplicaron la prueba de frío al frijol, encontrando un coeficiente de correlación $r = 0,51$, altamente significativo, entre el porcentaje de germinación calculado y la población de plántulas obtenida en el campo.

Vaughan (49) señaló que la prueba de frío, tan ampliamente usada en maíz, es aplicable a otros cultivos y Potts y Baskin (43) y Lebanov (34) indicaron los procedimientos generales para su conducción.

La prueba de envejecimiento acelerado es un método sensitivo que podría utilizarse para evaluar el grado o estado de deterioración de un lote de semillas (50), habiéndose uniformado las condiciones bajo las cuales debe realizarse la prueba para varios cultivos (17).

Los llamados exámenes directos de vigor simulan condiciones desfavorables del campo a escala de laboratorio, pueden evaluar simultáneamente todos los factores de vigor y se asemejan a las tensiones a

las cuales se somete la semilla en el campo. Pero son muy variables en los resultados y además tienen que cubrir el amplio rango de condiciones que caracterizan al área donde se pretende sembrar el cultivo (18).

Los exámenes indirectos de vigor, en cambio, miden ciertas atribuciones fisiológicas de la semilla y corrigen las deficiencias de los métodos directos; pero no evalúan simultáneamente todos los factores del vigor. Incluyen los exámenes bioquímicos con tetrazolium; los exámenes de tasa de crecimiento, rapidez de germinación y peso seco de plántulas; las pruebas de tensión, temperatura y niveles de humedad desfavorables; el tratamiento al vacío o de barreras mecánicas a la emergencia; y los exámenes de medida física, tal como la conductividad eléctrica (18, 36, 49).

La rapidez de germinación puede incluirse dentro de la prueba estándar de germinación y estimarse por el índice de vigor (49), o por el índice de regresión descrito por Tucker y Wright (47).

2.8 Sanidad

En el aspecto sanitario, la semilla debe estar libre de gérmenes patógenos que produzcan enfermedades transmisibles por la propia semilla.

Echandi (21, 22) y Moreno, González y Gámez (37) encontraron que en Costa Rica, las principales enfermedades que se transmiten por

la semilla son: Tizón bacteriano común (Xanthomonas phaseoli), Chasparria (Tenatephorus cucumeris), Antracnosis (Colletotrichum lindemuthianum), Mosaico común (Phaseolus virus 1) y Amarillamiento (Fusarium oxysporum f. phaseoli).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del estudio

El estudio abarcó los cantones de Alajuela, Atenas, Naranjo, Palmares y Turrúcares, pertenecientes a la provincia de Alajuela, en la Meseta Central de Costa Rica. Se seleccionó esta área por ser una de las zonas productoras de frijol más importantes del país y haber sido previamente estudiada por Duplan (20), bajo el auspicio del IICA, en el aspecto de rentabilidad de la producción de frijol.

Se involucró también al Consejo Nacional de la Producción (CNP), por ser el organismo oficial proveedor de semilla en el país.

3.2 Muestreo

La población estudiada estuvo constituida por la semilla de frijol utilizada en Costa Rica, a través de agricultores de la Meseta Central y el CNP.

El muestreo se realizó en dos grupos de lotes de semilla: 1) la que iban a sembrar los agricultores en la provincia de Alajuela (grupo A) y 2) la que el CNP ofrece para la venta a los agricultores de todo el país (grupo B).

En el primer grupo se recogió una muestra directamente del lote que el agricultor tenía separado y preparado para la siembra y en muchos casos, directamente del recipiente de semilla en el momento mismo de la siembra, reuniéndose un total de 77 muestras

correspondientes a un número igual de agricultores. Simultáneamente, mediante un cuestionario preparado para tal efecto (Cuadro 6-A), se recogió información acerca del almacenaje, de la procedencia y el tratamiento de la semilla. Esta operación se llevó a cabo entre el 9 y 23 de setiembre de 1971, lo cual corresponde a la llamada segunda época de siembra.

En el segundo grupo, se recogió el 24 del mismo mes de setiembre, una muestra para cada uno de los lotes que se encontraban en las bodegas del CNP en Barranca, provincia de Puntarenas, los cuales sumaban 44.

En ambos grupos la cantidad de semilla por muestra fue de un kilogramo, tomada de acuerdo con las normas establecidas por la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (31).

3.3 Análisis de las muestras

Las muestras, en menos de doce horas después de recogidas, se llevaron al laboratorio para ser sometidas a las diferentes pruebas contempladas en el estudio, quedando envasadas en bolsas de tela y almacenadas a 16 C y 45% de humedad relativa ambiental.

Para la prueba de humedad, la semilla proveniente de los agricultores se analizó en el Laboratorio de Semillas del CNP en San José, provincia de San José, y la proveniente del CNP mismo se analizó en el laboratorio de la misma institución en Barranca, utilizándose el separador Boerner en ambos casos para sacar las submuestras.

Las demás pruebas se efectuaron en el Laboratorio de Semillas del IICA -CTEI, Turrialba, provincia de Cartago, aplicándose el método de tazas al azar para sacar las submuestras.

3.3.1 Humedad (7, 31)

Para cada muestra, las determinaciones de humedad se hicieron por duplicado en el determinador de humedad del tipo dieléctrico "Steinlite", empleando 250 g de semilla en cada submuestra.

3.3.2 Peso (31)

El peso de 1000 semillas fue determinado pesando por separado ocho submuestras de 100 semillas, cada una, tomadas de la porción de semilla pura de cada muestra. El peso promedio de las ocho submuestras se multiplicó por 10 para obtener el peso de 1000 semillas. Todos los datos fueron ajustados a la humedad constante del 13% (39, 53), mediante el empleo de la fórmula:

$$PF = PI \frac{(1 - HI)}{(1 - HF)} \dots\dots\dots [1]$$

donde:

PF = peso final a la humedad requerida

PI = peso inicial a la humedad determinada (humedad inicial)

HI = % de humedad inicial de la muestra

HF = % de humedad a la que se quiere ajustar el peso

3.3.3 Pureza (31)

El análisis de pureza se llevó a cabo tomando dos submuestras de 400 g cada una. Cada submuestra se colocó sobre la mesa de pureza iluminada, para la separación de los componentes físicos.

Restando del peso total de cada submuestra (400 g) la suma de los pesos obtenidos separadamente para los tres componentes: semilla de malas hierbas, semilla de otros cultivos y materia inerte, se obtuvo el peso de semilla pura. Los valores correspondientes obtenidos se expresaron en porcentajes, con relación al peso total de la submuestra.

3.3.4 Germinación (31)

Para esta prueba, se tomaron por muestra cuatro submuestras de 100 semillas cada una. Los germinadores fueron bandejas de plástico de 25 x 11 x 8 cm, las cuales fueron llenadas con tierra labrada franco-arenosa, previamente esterilizada con Bromuro de metilo y tamizada para eliminar las partículas grandes. Se dejó una profundidad de tres centímetros entre el borde de la bandeja y la cama de tierra sobre la cual se colocó la semilla. Esta, luego, se tapó uniformemente con una capa de tierra de 1,5 cm de espesor. La humedad del substrato fue del 60% de la capacidad de retención de agua. Las bandejas fueron colocadas en un cuarto oscuro cuya temperatura fue de 25 ± 3 C. La evaluación de la germinación (excluyendo semilla dura) se hizo el 5°, 7° y 9° días después de la siembra.

3.3.5 Viabilidad (3)

Para la determinación de la viabilidad se tomaron por muestra dos submuestras de 100 semillas cada una, habiéndose previamente acondicionado las semillas, dejándolas envueltas por la noche en papel toalla humedecido durante unas 12 horas.

Se empleó una solución acuosa al 1% de cloruro 2,3,5 trifenil tetrazolium, la cual se guardó en frascos de vidrio oscuro para prevenir su deterioro.

Cada submuestra se transfirió a un vaso de precipitación de 250 cc conteniendo suficiente cantidad de solución de cloruro 2,3,5 trifenil tetrazolium que cubrió totalmente las semillas. Luego la preparación se colocó en un incubador a 40 C durante cuatro horas, para acelerar el coloreo de las semillas.

Para evaluar el grado de coloreo, se cortó longitudinalmente el embrión con una navaja, separando la cubierta con pinzas y utilizando un lente de aumento con el fin de facilitar el examen de los tejidos de la semilla.

3.3.6 Vigor

Para evaluar el vigor se utilizaron el método indirecto de rapidez de germinación (49) y los métodos directos de envejecimiento acelerado y prueba de frío (18, 36). Además se intentó la prueba de calor como método directo alternativo a la prueba de frío, por existir en

Costa Rica temperaturas de suelo de 40 C a 2 cm de profundidad, que es donde se deposita la semilla de frijol en el momento de la siembra.

El método de rapidez de germinación se realizó con el número total de lotes en cada grupo. Para cada muestra, se pusieron 100 semillas a germinar en papel secante de germinación enrollado, humedeciéndolo constantemente para prevenir el resecamiento. Diariamente y a la misma hora, durante nueve días se contaron y removieron las plántulas de germinación normal. Se computó el índice de vigor, dividiendo el número de plántulas de germinación normal sacadas en un día por el número de días transcurridos entre la fecha de siembra y la de conteo y sumando las fracciones así obtenidas.

En los métodos directos, se tomaron al azar 16 muestras del grupo de agricultores y 10 muestras del grupo del CNP. Estos tamaños de muestra se determinaron con base en la variancia obtenida en la prueba de rapidez de germinación por cada grupo, aplicando la fórmula:

$$n \geq \frac{t^2 \cdot w \cdot S^2}{l^2} \dots \dots \dots [2]$$

donde:

- n = tamaño de la muestra a tomar
- w = nivel de confiabilidad
- t = valor en la tabla de t, para el correspondiente número de grados de libertad en el nivel de confiabilidad
- S² = variancia de la muestra previamente estudiada
- l = magnitud del intervalo de confianza

Se fijó $1 = 2,5$ para ajustar el tamaño de la muestra en cada grupo a las facilidades de equipo y espacio disponibles en el laboratorio.

Previo al inicio de las pruebas directas de vigor, se realizó una prueba estándar de germinación con los mismos lotes seleccionados, como referencia para la interpretación de los resultados.

Para la prueba de envejecimiento acelerado (17), se tomaron 100 semillas de cada muestra y se colocaron en vasos de precipitación de 100 cc dentro de un frasco desecador que contenía agua en su interior. Luego de cerrarlo herméticamente, se lo llevó a un incubador a 42 C; de esta manera se consiguió una humedad relativa del 100% dentro del frasco. Las muestras permanecieron dentro del incubador 72 horas y luego fueron sometidas a una prueba estándar de germinación.

Para la prueba de frío se tomaron 100 semillas de cada muestra. En las bandejas de germinación se utilizó como substrato una mezcla de tierra y arena 1:1 con humedad correspondiente al 60% de saturación (34, 43). Una vez sembradas las semillas, se introdujeron las bandejas en una cámara fría a 10 C, permaneciendo cuatro días dentro de la misma. Las bandejas fueron pesadas diariamente para mantener constante el 60% de humedad. Al cumplirse el 4° día se llevaron las bandejas al invernadero hasta completar el 9° día (43).

La prueba de calor se llevó a cabo utilizando los mismos procedimientos que para la prueba de frío, pero en este caso la temperatura fue de 40 C y la evaluación de la germinación se continuó hasta el 13° día, por cuanto al cumplirse el 9° día alcanzó valores muy bajos.

3.3.7 Sanidad

Para determinar el estado sanitario de la semilla, se sembraron cinco semillas de cada muestra, por duplicado, en macetas llenadas con arena de río secada al sol. Cada maceta se abonó con 25 g de la fórmula de fertilizantes 10-32-6.

La incidencia de enfermedades se evaluó a los 30 días después de la siembra, anotándose el número de lotes afectados.

3.4 Esquema del análisis

El método de análisis estadístico fue el correspondiente para un diseño irrestrictamente al azar, con diferente número de repeticiones e igual número de submuestras (46). Se analizó así mismo la esperanza matemática del cuadrado medio ($E(CM)$) para determinar la influencia de cada una de las fuentes de variabilidad en la variabilidad total, según la metodología indicada por Anderson y Bancroft (1) e ilustrada en el Cuadro N° 5-A del Apéndice.

Se calculó también los coeficientes de correlación entre la prueba estándar de germinación y las pruebas de vigor directas, en general y dentro de los grupos (33).

Todos los cálculos fueron hechos en computador IBM 1130, en el Centro de Estadística y Computación Electrónica del IICA -CTEI.

4. RESULTADOS

4.1 Consideraciones generales

En el Cuadro 1-A se observan una serie de características de la semilla tomadas del cuestionario, y aunque no se analizaron todas estadísticamente, proveen sin embargo valiosa información.

De los 77 agricultores que componen el grupo A, la gran mayoría prefirieron utilizar su propia semilla; solamente unos pocos compraron al CNP y el resto a sus vecinos. En cambio el CNP obtuvo la semilla de diferentes productores.

Ninguno de los lotes, que sea en el grupo A o en el B, tenía la etiqueta correspondiente para indicar el origen y la calidad de la semilla.

La semilla del grupo A fue tratada contra el ataque de plagas y enfermedades sólo en un 19,5 por ciento; en cambio en el grupo B, la totalidad de los lotes estuvieron tratados con Orthocide y Dieldrin, permaneciendo libres del ataque de gorgojos que sí afectó la semilla del grupo A.

Los agricultores almacenaron su semilla en sacos de yute cerrados pero bajo condiciones no apropiadas para su conservación, a diferencia de la semilla del CNP que se conservó en cámaras de almacenamiento a 60 F y 50% de humedad relativa (H.R.), y toda en sacos de yute cerrados.

En lo referente al color de la testa, los agricultores sembraron variedades de grano rojo y de grano negro en proporciones casi iguales y otros colores en proporción menor. Las variedades que mayormente emplearon fueron: Vaina blanca, Quiubra, México 80, México 81, Jamapa, Alajuela rojo y Negro nacional, que sumaron a un 58,43 por ciento. La semilla que estaba disponible en el CNP correspondía solamente a variedades de color negro y rojo, con ligera predominancia del rojo.

La información correspondiente a las preguntas formuladas en el cuestionario fue muy escasa, dudosa, o contradictoria.

4.2 Pruebas de semillas

4.2.1 Humedad

El rango del contenido de humedad de la semilla del grupo A varió entre 10,90 y 22,44 por ciento (Cuadro 2-A), con un promedio del 16,38 por ciento (Cuadro 1). Sólo cuatro lotes no sobrepasaron el 13,0 por ciento (Cuadro 1-A).

La semilla del CNP tuvo un rango que iba del 10,30 al 12,86 por ciento (Cuadro 3-A), con un promedio del 11,29 por ciento (Cuadro 1).

La prueba de F y el CM estimado señalan la amplia diferencia entre los grupos por la procedencia de la semilla, siendo el porcentaje de humedad mayor en la del grupo A (Cuadro 2).

Cuadro N° 1. Características de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y de 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971

Grupo	Características (media ± error estándar)						
	Humedad (%)	Peso (g)	Pureza (%)	Germinación (%)	Viabilidad (%)	Vigor (índice)	
A	16,38 ± 0,24	186,65 ± 3,24	98,87 ± 0,16	72,91 ± 2,18	68,15 ± 2,80	13,02 ± 0,50	
B	11,29 ± 0,07	181,74 ± 2,90	99,81 ± 0,03	82,14 ± 1,69	86,02 ± 1,93	15,42 ± 0,54	
N° de sub-muestras por muestra	2	8	1	4	2	1	

Cuadro 2. Análisis de variancia para humedad de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción), en Costa Rica, 1971.

F. de V.	GL	CM	E(CM)
Procedencia	1	1454,477**	724,340
Error experimental	119	5,800**	2,897
Error muestral	121	0,004	0,004

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

4.2.2 Peso

En el grupo A, el peso de 1000 semillas varió entre 128,8 y 261 g (Cuadro 2-A), alcanzando un promedio de 186,65 g (Cuadro 1).

En el grupo B, el rango de variación fue de 154,5 a 225,2 g (Cuadro 3-A), alcanzando un promedio de 181,74 g (Cuadro 1).

Entre ambos grupos no existió diferencia significativa en el peso de la semilla (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de variancia para peso de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción), en Costa Rica, 1971.

F. de V.	GL	CM	E(CM)
Procedencia	1	53,87	0,004
Error experimental	119	51,96**	6,480
Error muestral	847	0,09	0,090

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

4.2.3 Pureza

El rango del porcentaje de pureza de la semilla de los agricultores varió de casi el 88 a casi el 100 por ciento (Cuadro 2-A). Se observa que el mayor porcentaje de los lotes estuvo por encima del 98 por ciento; entre 95,0 y 97,99 por ciento cuatro lotes, y por debajo del 95 por ciento un solo lote (Cuadro 1-A). El promedio fue 98,87 por ciento (Cuadro 1).

La semilla del grupo B varió del 99,01 a casi el 100 por ciento (Cuadro 3-A). El promedio fue 99,81 por ciento (Cuadro 1).

Al comparar ambos grupos mediante la prueba de F (Cuadro 4), se detectó una diferencia importante que favorece al grupo B.

Cuadro 4. Análisis de variancia para pureza de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción), en Costa Rica, 1971.

F. de V.	GL	CM	E(CM)
Procedencia	1	25,00**	0,42
Error experimental	119	1,31	1,31

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

4.2.4 Germinación

El porcentaje de germinación de los lotes de semilla del grupo de agricultores varió del 7,75 al 97,25 por ciento (Cuadro 2-A). El

promedio fue 72,01 por ciento (Cuadro 1). Casi el 26 por ciento tuvo germinación de 85 por ciento o mejor, y casi el 18 por ciento no llegó al 60 por ciento. El resto estuvo entre el 60 y 85 por ciento de germinación (Cuadro 1-A).

En el grupo del CNP, la germinación tuvo un rango que iba del 54,50 al 99 por ciento (Cuadro 3-A). El promedio fue 82,14 por ciento (Cuadro 1). Un 52,27 por ciento del total de lotes tuvo 85 por ciento o más de germinación y sólo el 4,54 por ciento estuvo por debajo del 60 por ciento (Cuadro 1-A).

En esta característica de la semilla se notó una diferencia significativa favorable al grupo B (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de variancia para germinación de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción), en Costa Rica, 1971.

F. de V.	GL	CM	E(CM)
Procedencia	1	9016,50*	33,82
Error experimental	119	1440,68**	270,93
Error muestral	363	356,96	356,96

* Significativo ($P \leq 0,05$)

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

4.2.5 Viabilidad

La viabilidad de la semilla del grupo A alcanzó un promedio de 68,15 por ciento (Cuadro 1), con un rango que varió entre el 5,0 y 98,5 por ciento (Cuadro 2-A). El 32,47 por ciento del total de lotes tuvo un 85 por ciento o más de viabilidad, y el 27,27 por ciento menos de 60 por ciento de viabilidad (Cuadro 1-A).

La semilla del grupo B tuvo un promedio de 86,02 por ciento de viabilidad (Cuadro 1), con un rango que varió del 50 al 100 por ciento (Cuadro 3-A). Un 72 por ciento del total de lotes tuvo un 85 por ciento o más de viabilidad y el 6,82 por ciento menos del 60 por ciento de viabilidad (Cuadro 1-A).

El comportamiento de la semilla del grupo B en esta prueba demuestra una gran superioridad respecto a la del grupo A (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de variancia para viabilidad de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción), en Costa Rica, 1971

F. de V.	GL	CM	E(CM)
Procedencia	1	17876,50**	151,65
Error experimental	119	891,28**	438,60
Error muestral	121	14,07	14,07

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

4.2.6 Vigor

La semilla del grupo A tuvo un índice de vigor cuyo rango varió de 0,81 a 18,96 (Cuadro 2-A) y el promedio fue 13,02 (Cuadro 1). El índice de vigor del 48,05 por ciento de los lotes estuvo entre 14,30 y 19,99 y del 24,68 por ciento entre 11,0 y 14,29. El resto de los lotes tuvo un índice de vigor debajo de 11,0 (Cuadro 1-A).

La germinación del grupo A, luego de la prueba de envejecimiento acelerado, tuvo un promedio de 66,69 por ciento (Cuadro 8), con rango que iba del 24 al 88 por ciento (Cuadro 4-A). El coeficiente de correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de envejecimiento acelerado fue 0,933, altamente significativo (Cuadro 10). La germinación, luego de la prueba de frío, varió entre el 12 y 78 por ciento (Cuadro 4-A) y el promedio fue 57,75 por ciento (Cuadro 8). El coeficiente de correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de frío fue 0,822, altamente significativo (Cuadro 10). La germinación, luego de la prueba de calor, alcanzó un promedio de 55,69 por ciento (Cuadro 8) y el rango varió del 4 al 89 por ciento (Cuadro 4-A). El coeficiente de correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de calor fue 0,411, no significativo (Cuadro 10).

En el grupo B, la semilla tuvo un índice de vigor que varió entre 7,94 y 20,84 (Cuadro 3-A) y el promedio alcanzado fue 15,42 (Cuadro 1). El 6,82 por ciento de los lotes tuvo un índice igual a 20, el 54,55 por ciento estuvo entre 14,30 y 19,99 y el 27,27 por ciento

entre 11,0 y 14,29. El resto de los lotes tuvo un índice de vigor menor de 11,0 (Cuadro 1-A).

La germinación del grupo B, luego de la prueba de envejecimiento acelerado, tuvo un promedio de 75,3 por ciento (Cuadro 8), con rango que iba del 42 al 90 por ciento (Cuadro 4-A). El coeficiente de correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de envejecimiento acelerado fue 0,851, altamente significativo (Cuadro 10). La germinación, luego de la prueba de frío, varió entre el 45 y 86 por ciento (Cuadro 4-A), con un promedio de 65,5 por ciento (Cuadro 8). El coeficiente de correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de frío fue 0,693, significativo (Cuadro 10). La germinación, luego de la prueba de calor, alcanzó un promedio de 60,60 por ciento (Cuadro 8) y el rango varió del 26 al 78 por ciento (Cuadro 4-A). El coeficiente de correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de calor fue 0,129, estadísticamente no significativo (Cuadro 10).

La diferencia en el índice promedio de vigor favorable al grupo B, fue altamente significativa (Cuadro 7).

El Cuadro 6 muestra que luego de las pruebas de envejecimiento acelerado, frío y calor a que fue sometida la semilla, no se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en cuanto al porcentaje de germinación, aunque en valores absolutos esas diferencias resultasen favorables al grupo B en los tres casos.

Cuadro N° 7. Análisis de variancia para vigor de la semilla de frijol proveniente de 77 muestras del grupo A (Agricultores) y 44 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción), en Costa Rica, 1971

F. de V.	GL	CM	E(CM)
Procedencia	1	161,82**	2,59
Error experimental	119	16,98	16,98

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

4.2.7 Sanidad

En el grupo de semillas de los agricultores se encontró infectado casi el 17,0 por ciento de los lotes, y en el grupo del CNP, el 29,54 por ciento. Las enfermedades transmitidas por las semillas en ambos grupos fueron mosaico común y amarillamiento (Cuadro 1-A).

Cuadro N° 8. Resultados de germinación (media \pm error estándar) luego de tres pruebas de vigor en la semilla de frijol proveniente de 16 muestras del grupo A (Agricultores) y 10 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971

Grupo	Germinación inicial (%)	Envejecimiento acelerado (%)	Prueba de frío (%)	Prueba de calor (%)
A	71,87 \pm 4,25	66,69 \pm 4,35	57,75 \pm 5,29	55,69 \pm 6,15
B	81,50 \pm 2,76	75,30 \pm 4,36	65,50 \pm 4,59	60,60 \pm 4,96

Cuadro 9. Análisis de variancia para envejecimiento acelerado, prueba de frío y prueba de calor de la semilla de frijol proveniente de 16 muestras del grupo A (Agricultores) y 10 muestras del grupo B (Consejo Nacional de la Producción) en Costa Rica, 1971

F. de V.	GL	Envejecimiento acelerado		Prueba de frío		Prueba de calor	
		CM	E(CM)	CM	E(CM)	CM	E(CM)
Procedencia	1	456,45	15,91	369,63	0,89	148,51	0,00
Error experimental	24	260,65	260,65	358,65	358,65	471,58	471,58

Cuadro N° 10. Coeficientes de correlación entre el porcentaje de la prueba estándar de germinación y los porcentajes de germinación luego de las pruebas de envejecimiento acelerado, frío y calor dentro de los grupos de semillas A y B

	Envejecimiento acelerado	Prueba de frío	Prueba de calor
Agricultores (A)	0,933**	0,822**	0,411
C.N.P. (B)	0,851**	0,693*	0,129

* Significativo ($P \leq 0,05$)

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

Cuadro N° 11. Matriz de coeficientes de correlación entre el porcentaje de la prueba estándar de germinación y los porcentajes de germinación luego de las pruebas de envejecimiento acelerado, frío y calor de la semilla de frijol, sobre los dos grupos combinados

Factores ^a	1	2	3	4
1	1,000	0,910**	0,802**	0,338
2		1,000	0,830**	0,358
3			1,000	0,450*
4				1,000

^a Factores: 1 Prueba estándar de germinación
2 Envejecimiento acelerado
3 Prueba de frío
4 Prueba de calor

* Significativo ($P \leq 0,05$)

** Altamente significativo ($P \leq 0,01$)

5. DISCUSION

5.1 Consideraciones generales

La preferencia de los agricultores por utilizar su propia semilla, posiblemente se deba al costo adicional relativamente alto que para ellos representa el comprar semilla de otra fuente, ya que en su mayoría son pequeños productores de frijol (20).

La ausencia de la etiqueta de control de origen y calidad de la semilla que debería de corresponder a cada lote, implica que el agricultor no está debidamente informado sobre el valor agronómico del material que se propone sembrar. Particularmente en el caso de que compra la semilla, no tiene ninguna garantía en cuanto a la pureza genética de la misma.

El bajo porcentaje de tratamiento de la semilla en el grupo A, podría deberse en gran parte a que la mayoría de los agricultores involucrados en el estudio no entienden la importancia de esa práctica de cultivo o carecen de los medios necesarios para realizarla.

El ataque de gorgojos observado únicamente en los lotes del grupo A, se debió principalmente a la falta de tratamiento, la alta humedad y las pobres condiciones de almacenaje de la semilla.

El almacenaje inadecuado de la semilla por parte de los agricultores, a su vez, posiblemente se debe a la escasez de recursos económicos y facilidades físicas asociadas con la producción en pequeñas

extensiones individuales en la zona de estudio (20). Como en el caso del tratamiento de la semilla, el agricultor tal vez ignora las ventajas del almacenaje adecuado de la semilla. En cambio el CNP, al contar con las cámaras de conservación a 60 F y 50% de H.R., mantuvo convenientemente almacenada la semilla (27).

La preferencia de los agricultores por las variedades de grano negro y rojo se debe principalmente a la costumbre y las exigencias del mercado local. El gran número de cultivares en cambio, refleja posiblemente la gran variabilidad de las condiciones ecológicas en las cuales el frijol se siembra en Costa Rica, buscando el productor un mayor margen de seguridad para el éxito del cultivo. El CNP obviamente trata de satisfacer las exigencias del agricultor tanto en el color de la semilla como en la variabilidad de los cultivares.

5.2 Pruebas de semillas

5.2.1 Humedad

El exceso de humedad de la semilla de los agricultores, parece ser que se debe al alto grado de humedad en el ambiente en el cual generalmente se almacenó la semilla, o a la poca atención que presta el agricultor al contenido de humedad de la semilla almacenada. En cambio, el CNP mantiene la semilla en condiciones controladas de humedad y no compra semilla con más del 14 por ciento de humedad.

5.2.2 Peso

El peso de 1000 semillas no mostró diferencias entre los grupos, porque en ambas fuentes se encuentran incluidos casi los mismos cultivos y posiblemente los cultivos no se diferencian grandemente entre sí, ya que el tamaño del grano, y por ende el peso, es una característica económica y de importancia social.

Al estimar el CM, se nota la gran variabilidad que existe entre los lotes dentro de cada grupo, debido tal vez a la gran diversidad de formas y tamaños del grano de las diferentes variedades. Esto induce a pensar que quizás hubiese sido necesario examinar un mayor número de muestras.

5.2.3 Pureza

El porcentaje de semilla pura en ambos grupos fue bueno, a pesar de que estadísticamente se nota una diferencia altamente significativa en favor del CNP. Ambos valores promedio están por encima de las normas internacionales para semilla certificada (30).

El CM estimado refleja que el 75 por ciento de la variabilidad se debió a lotes dentro de grupos. La mayor variabilidad que acusa el grupo A, tal vez sea causada por los diferentes métodos de limpieza que utilizan los agricultores, por lo que quizás hubiese sido necesario tomar un mayor número de repeticiones para mejorar la precisión de la prueba.

5.2.4 Germinación

El mejor comportamiento de las semillas del Grupo B en cuanto a porcentaje de germinación, se debe en gran parte al bajo contenido de humedad y al almacenamiento en condiciones de temperatura y humedad relativa mejores, de la semilla del CNP, que las permite mantener su vitalidad por más tiempo (48).

Dentro del grupo A la variabilidad fue mayor que dentro del grupo B, debido posiblemente a las diversas fuentes de donde se recolectó esa semilla.

Ambos grupos tuvieron en promedio un nivel de germinación inferior al estándar para semillas certificadas (30), lo que demuestra la baja calidad de toda la semilla en ese factor.

5.2.5 Viabilidad

El mayor porcentaje de viabilidad observado en la semilla del CNP, podría haber resultado, como en el caso de la germinación, del mejor almacenaje y envasado de las semillas, además de su bajo contenido de humedad que evita su rápida deterioración (6). En cambio, el almacenaje de la semilla del grupo A careció de condiciones óptimas para su buena conservación.

La gran variabilidad dentro del grupo A, es debida tal vez a una mayor heterogeneidad de las fuentes de semilla.

Las pruebas de germinación y viabilidad en cada grupo estuvieron en estrecho acuerdo, dentro de las diferencias permitidas de 3 a 5

por ciento, y las diferencias que se observaron dentro de los grupos pudieron ser ocasionadas por la presencia de semillas duras que no se consideraron, por error en la muestra, o por la baja calidad de la semilla (3).

5.2.6 Vigor

El mayor índice de vigor de la semilla del grupo B concuerda con los resultados de las pruebas de germinación y viabilidad.

Las diferencias entre los grupos A y B para la prueba de germinación después de los exámenes directos de vigor (envejecimiento acelerado, prueba de frío y prueba de calor), no fueron significativas aparentemente por la gran variabilidad que se observó dentro de cada grupo y el número reducido de muestras analizadas. El mejor comportamiento relativo de la semilla del grupo B en estas pruebas, corrobora los resultados encontrados al analizar el índice de vigor. Quizás el vigor sea el indicador más exacto de la calidad de la semilla, puesto que refleja una serie de atributos que caracterizan la buena semilla (18, 32, 55).

La alta y significativa correlación entre la prueba estándar de germinación y la prueba de envejecimiento acelerado, por un lado, y la prueba de frío por otro lado, indica que estas dos últimas pruebas podrían utilizarse alternativamente para predecir la germinación de la semilla de frijol del estudio.

Por la pobre correlación que existe entre la prueba estándar de germinación y la prueba de calor tal como se llevó a cabo, esta prueba no podría usarse alternativamente para predecir la germinación de la semilla. La prueba de calor parece ser que resultó demasiado severa, pues provocó la muerte de un gran número de plántulas.

5.2.7 Sanidad

La presencia de enfermedades transmisibles por la semilla en los lotes de ambos grupos, se debió en gran parte a que no hubo inspecciones de campo para constatar el estado sanitario de las plantaciones para la producción de semilla.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Si las condiciones observadas en la Meseta Central son típicas para Costa Rica, resultaría que la semilla de frijol guardada y empleada por los agricultores para el cultivo del frijol en Costa Rica es de inferior calidad, especialmente en los aspectos de contenido de humedad, germinación, viabilidad y vigor.
2. La semilla proveniente del Consejo Nacional de la Producción resultó de mejor calidad que la que guardan y emplean los agricultores, aunque también adoleció de algunas limitaciones, tales como la baja germinación y la falta de garantía de pureza genética.
3. Se recomienda la promulgación y adopción de una ley de semillas y la creación de un programa de semillas que, en el caso específico del frijol, contribuya a fomentar el uso de semilla certificada de variedades mejoradas.

7. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en cinco cantones de la provincia de Alajuela, Costa Rica, para determinar la calidad de la semilla de frijol que se emplea en la siembra.

La semilla estudiada pertenecía a dos grupos de lotes: lotes en poder del propio agricultor, listos para la siembra (grupo A), comparados con los que disponía el Consejo Nacional de la Producción (CNP) para la venta (grupo B). El grupo A constó de 77 lotes y el grupo B de 44.

La semilla se sometió a las siguientes pruebas: humedad, peso de 1000 granos, pureza, germinación estándar, viabilidad, vigor y sanidad. El vigor se analizó por el método indirecto de rapidez de germinación (índice de vigor) y también por los métodos directos de envejecimiento acelerado, prueba de frío y prueba de calor.

Las pruebas se realizaron siguiendo las normas establecidas por la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas y según un diseño irrestrictamente al azar. Para cada lote se consiguió información adicional mediante un cuestionario que se llenaba en el momento de sacar la muestra.

Se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos en los aspectos de humedad, pureza, germinación estándar, viabilidad e índice de vigor. Los valores promedios de calidad correspondientes a

la semilla del grupo A fueron: humedad 16,38%, pureza 99,87%, germinación estándar 72,01%, viabilidad 68,15% e índice de vigor 13,02%; en comparación, los correspondientes al CNP fueron: humedad 11,29%, pureza, 99,81%, germinación estándar 82,14%, viabilidad 86,02% e índice de vigor 15,42.

No se encontró diferencia significativa en el peso de 1000 granos, correspondiendo el valor de 186,61 g a la semilla de los agricultores y 181,74 g a la del CNP.

Las pruebas directas de vigor, evaluadas en por ciento de germinación, no mostraron tampoco diferencias significativas entre los grupos, correspondiendo a los agricultores lo siguiente: envejecimiento acelerado 66,69, prueba de frío 57,75 y prueba de calor 55,69; en comparación, correspondieron al CNP: envejecimiento acelerado 75,30, prueba de frío 65,50 y prueba de calor 60,60.

La sanidad se evaluó en por ciento de lotes atacados por enfermedades, encontrando 16,89 en el grupo A y 29,54 en el grupo B. Las enfermedades observadas fueron mosaico común y amarillamiento causado por Fusarium oxysporum.

Los resultados indican que la semilla que distribuyó el CNP era de mejor calidad que la que guardaba el propio agricultor para la siembra. Sin embargo, la semilla del CNP no cumplió con algunas de las normas mínimas internacionales establecidas para la semilla certificada de frijol, particularmente en lo referente a garantía de pureza genética y sanidad vegetal.

7a. SUMMARY

This study aimed at evaluating planting quality of dry bean seed (Phaseolus vulgaris L.) in five counties of the province of Alajuela, Costa Rica. Seed samples were taken from two groups of lots: those that the farmer had on hand and ready to be planted (group A), compared with those that were offered by the Consejo Nacional de la Producción (CNP) for sale (group B). There were 77 lots in group A, and 44 in group B.

The seed was analyzed for moisture content, 1000-seed weight, purity, standard germination, viability, vigor, and incidence of seed-borne diseases. For vigor analysis both the indirect method of speed of germination (vigor index) and the direct methods of accelerated aging, cold test, and heat test, were applied.

Testing, where applicable, was carried out according to the rules established by the International Seed Testing Association. Statistical treatments were arranged according to a completely randomized design. For each lot, additional information was gathered through a questionnaire that was filled when the sample was being taken.

Statistically significant differences were found between the groups for moisture content, purity, standard germination, viability, and vigor index. The corresponding values were, for group A, humidity 16.38%, purity 98.87%, standard germination 72.01%, viability

68.15%, and vigor index 13.02; and for group B, humidity 11.29%, purity 99.81%, standard germination 82.14%, viability 86.02%, and vigor index 15.42.

The groups did not differ significantly in 1000-seed weight, the corresponding values being 186.61 g for group A and 181.74 for group B.

Neither did they differ significantly in the direct test ratings, expressed as per cent germination. For group A the corresponding values were 66.69 for accelerated aging, 57.75 for the cold test, and 55.69 for the heat test, and for group B they were 75.30 for accelerated aging, 65.50 for the cold test, and 60.60 for the heat test.

In seed health, evaluated as per cent diseased lots, the corresponding values were 16.89 for group A and 29.54 for group B. Observed diseases were common mosaic and yellowing caused by Fusarium oxysporum.

The results indicate that the seed offered for sale by the CNP had better planting quality than that the farmer had on hand for planting. The CNP seed, however, did not meet all the established international minimum standards for certified seed, particularly with respect to guarantee of genetic purity and seed health.

8. LITERATURA CITADA

1. ANDERSON, R. L. y BANCROFT, T. A. Variance components: all random components, except mean. In _____. Statistical theory in research. New York, McGraw-Hill, 1952. pp. 313-387.
2. ARRUDA, H. V. DE. Correlacao entre o peso da planta e o das sementes, em variedades de feijoeiros. *Bragantia* 16: 385-388. 1957.
3. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS, THE TETRAZOLIUM TESTING COMMITTEE. Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds; Contribution N° 29 to the handbook on seed testing. Don F. Grabe, Ed., s.l. 1970. 62 p.
4. BARRIGA, C. Effects of mechanical abuse on navy beans seed at various moisture levels. *Agronomy Journal* 53:250-251. 1961.
5. BARTON, L. V. Quick viability tests. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 26(4):584. 1961.
6. _____. The effect of storage conditions on the viability of bean seeds. *Contributions from the Boyce Thompson Institute* 23(8):281-284. 1966.
7. BOYD, A. H. Principles and methods of moisture measurement. In *Mississippi State University, Seed Technology Laboratory, Handbook of Seed Technology*. Mississippi, 1971. pp. 201-2016. (Agronomy Technical Release S.T.1).
8. BRESSANI, R. Maíz, arroz y frijol; su valor nutritivo y forma de mejorarlo. In *Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a, Panamá, Marzo 17-19, 1965. Informe*. Guatemala, Librería Indígena, s.f. pp. 1-9.
9. _____. El valor nutritivo del frijol. In *Reunión Anual del Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 12a, Managua, Nicaragua, Marzo 28 - Abril 2, 1966. s.n.t.* pp. 50-51.
10. CLARK, B. E. y PECK, N. H. Relationship between the size and performance of snap bean seeds. *New York Agricultural Experiment Station, Bulletin* N° 819. 1968. 30 p.

11. CLARK, B. E., KLINE, D. B. y WATERS, E. C., Jr.
1968 research on seed factors affecting the establishment of vegetable crop stands. New York Agricultural Experiment Station. Seed Research Circular N° 3. 1968. pp. 1-6.
12. COLD TEST for corn. In Mississippi State University, Seed Technology Laboratory. Handbook of Seed Technology. Mississippi, 1971. pp. 344-346. (Agronomy Technical Release S.T.1).
13. DEAN, B. H. y DELOUCHE, J. C. Planter box survey of soybean seed. Mississippi Farm Research 23(3):2. 1960.
14. DELOUCHE, J. C. Precepts for seed storage. In Mississippi State University, Seed Technology Laboratory. Handbook of Seed Technology. Mississippi, 1971. pp. 119-152. (Agronomy Technical Release S.T.1).
15. _____. Seed maturation. In Mississippi State University, Seed Technology Laboratory. Handbook of Seed Technology. Mississippi, 1971. pp. 17-23. (Agronomy Technical Release S.T.1).
16. _____. Determinants of seed quality. In Short Course for Seedmen. 1971. Proceedings. Mississippi State College, Seed Technology Laboratory, 1971. pp. 53-68.
17. _____. Accelerated aging test procedure. In Short Course for Seedmen, 1971, Proceedings. Mississippi State College, Seed Technology Laboratory, 1971. pp. 85-91.
18. _____ y CALDWELL, W. P. Seed vigor and vigor tests. In Mississippi State University, Seed Technology Laboratory. Handbook of Seed Technology. Mississippi, 1971. pp. 318-326. (Agronomy Technical Release S.T.1).
19. DORRELL, D. G. y ADAMS, M. W. Effects of some seed characteristics on mechanically induced seedcoat damage in navy beans (Phaseolus vulgaris L.). Agronomy Journal 61:672-673. 1969.
20. DUPLAN L., V. Estudio de la rentabilidad de la producción de frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la provincia de Alajuela, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1971. 83 p. (Mimeografiado).

21. ECHANDI, E. Principales enfermedades del frijol observadas en diferentes zonas ecológicas de Costa Rica. Turrialba 16:359-363. 1966.
22. _____. Amarillamiento del frijol (Phaseolus vulgaris L.) provocado por Fusarium oxysporum f. phaseoli. Turrialba 17:409-410. 1967.
23. FIGUEIREDO, M. DE S. y VIEIRA, C. Efeito do tamanho das sementes sobre o "stand", produção e altura das plantas, na cultura do feijão (Phaseolus vulgaris L.). Revista Ceres (Brasil) 17(91):47-60. 1970.
24. GERMINATION AND storage of seeds. Hawaii Agricultural Experimental Station. Annual Report, 1938. p. 58.
25. GRABE, D. F. Low seed vigor; hidden threat to crop yields. Crops and Soils 19(6):11-13. 1967.
26. HALL, C. W. Determination of moisture content. In _____. Drying farm crops. Michigan, Agricultural Consulting Associates, 1957. pp. 83-85.
27. HARRINGTON, J. F. Drying, storage, and packaging of seed. Seed World 108(10):2-5. 1971.
28. HASTIE, E. L. Store bean seed the right way. Queensland Agricultural Journal 84:501-504. 1958.
29. HONMA, S. y DENNA, D. Moisture Movement in impermeable snap bean seed. Quarterly Bulletin M.S.U. 44:726-730. 1962.
30. INTERNATIONAL CROP IMPROVEMENT ASSOCIATION. Minimum seed certification standards. s.l., 1963. pp. 16-17 (Publication N° 20).
31. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Proceedings. International rules for seed testing 1966. Wageningen, Netherlands, 1966. 152 p.
32. LARSEN, A. L. Laboratory and field evaluation of seed vigor. Ph.D. Thesis. Iowa State University, 1964. 136 p. (original no consultado, compendiado en Dissertation Abstracts 25:2696. 1964).

33. LeCLERG, E. L., LEONARD, W. H. y CLARK, A. G.
Regression and correlation. In _____. Field plot technique. 2 ed. Minnesota, Burgess, 1962. pp. 76-83.
34. LOBANOV, V. Y. Quality determination of seeds. Translated from Russian by Zvi Shapiro. Edited by L. M. Hughes. Washington, D.C., US Department of Agriculture, 1967. pp. 9, 24, 35, 39.
35. McCOLLUM, J. P. Factors affecting cotyledonal cracking during the germination of beans (Phaseolus vulgaris). Plant Physiology 28:267-274. 1953.
36. MOORE, R. F. Vivir solamente no es suficiente; Cuál es la vida de las semillas? In Cursos sobre Tecnología de Semillas realizados en América Latina. Memoria. s.n.t. pp. 550-553.
37. MORENO, R., GONZALEZ, L. C. y GAMEZ, R. Enfermedades virosas del frijol en Costa Rica; II. Mosaico común. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 14a, Tegucigalpa, Honduras, Febrero 27 - Marzo 1, 1968. s.n.t. v.2, p. irr.
38. PINCHINAT, A. M. Factores limitantes en el cultivo del frijol en Centroamérica. In Reunión Anual Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios, 11a, Panamá, Marzo 17-19, 1965. Informe. Guatemala, Librería Indígena, s.f. [p. 69-73.
39. _____. El cultivo del frijol en Centroamérica. Extensión en las Américas (Costa Rica) 11(2):27-32. 1966.
40. POLLOCK, B. M. The effects of production practices on seed quality. Seed World 89(5):6-10. 1961.
41. _____ y MANALAO, J. R. Simulated mechanical damage to garden beans during germination. Journal of the American Society for Horticultural Science 95:415-417. 1970.
42. _____, ROSS, E. E. y MANALAO, J. R. Vigor of garden bean seeds and seedlings influenced by initial seed moisture, substrate oxygen, and imbibition temperature. Journal of the American Society for Horticultural Science 94:577-584. 1969.

43. POTTS, H. C. y BASKIN, C. C. General procedure for cold testing. In Short Course for Seedmen. 1971. Proceedings. Mississippi State College, Seed Technology Laboratory, 1971. pp. 75-76.
44. RICHTER, R., A. El tamaño de la semilla de caraota (Phaseolus vulgaris) y su conservación a medio ambiente y en ambiente controlado. In Seminario Panamericano de Semillas, 5°, Maracay, Venezuela, Junio 12-23, 1966. Documentos. Maracay, Venezuela, MAC-CIA, 1966. v. 2, p. irr.
45. SITUACION ACTUAL del frijol en Costa Rica. In Reunión Técnica sobre Programación de Investigación y Extensión en Frijol y Otras Leguminosas de Grano para América Central, Turrialba, Costa Rica, Mayo 20-29, 1969. Turrialba, IICA, Z.N., v. 1, 1969. pp. 169-192.
46. STEEL, R. G. D. y TORRIE, J. H. Analysis of variance. I. The one-way classification. In Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. pp. 99-131.
47. TUCKER, H. y WRIGHT, L. N. Estimating rapidity of germination. Crop Science 5(5):398-399. 1965.
48. US DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Bean storage and yielding ability. Agriculture Research 5(6):12. 1956.
49. VAUGHAN, C. E. Practical seeds tests and their uses. In Short Course for Seedmen, 1971, Proceedings. Mississippi State College, Seed Technology Laboratory, 1971. pp. 69-74.
50. _____ . Predicting seed longevity. In Bean Improvement Cooperative. Annual Report N° 14. 1971. pp. 13-16.
51. _____ . Seed power. In Mississippi State University, Seed Technology Laboratory. Handbook of Seed Technology. Mississippi, 1971. pp. 302-317. (Agronomy Technical Release S.T.1).
52. VIEIRA, C. Effects of seed age on germination and yield of field bean (Phaseolus vulgaris L.). Turrialba 14:396-398. 1966.
53. _____ . O feijoeiro comum, cultura, doenças e melhoramento. Viçosa, Universidade Rurale do Estado de Minas Gerais. 1967. p. 74.

54. WILES, A. B. Low vigor seed may cause poor stand of cotton. Mississippi Farm Research 23(5):1. 1960.
55. WOODSTOCK, L. W. Is there a better way than per cent germination? In Bean Improvement Cooperative. Annual Report N° 14. 1971. pp. 17-18.

A P E N D I C E

Cuadro N° 1.-A. Resumen general de la información relativa a la semilla de frijol en el grupo A correspondiente a 77 lotes de agricultores y en el grupo B correspondiente a 44 lotes del CNP

Característica ¹	N° total de lotes		Porcentaje del total	
	A	B	A	B
FUENTE²				
Propio agricultor	68	-	88,31	---
Vecino	6	-	7,80	---
CNP	3	-	3,89	---
CONTROL DE CALIDAD				
Con etiqueta	-	-	---	---
Sin etiqueta	77	44	100,00	100,00
TRATAMIENTO				
Tratada	15	44	19,48	100,00
No tratada	62	-	80,52	---
CONDICION DE ALMACENAMIENTO³				
Adecuado	-	44	---	100,00
Inadecuado	77	-	100,00	---
INFESTACION CON GORGOJOS				
Infestadas	7	-	9,09	---
No infestadas	70	44	90,91	100,00
ENVASE				
Sacos de yute	63	44	81,82	100,00
Latas de zinc	3	-	3,89	---
Otros	11	-	14,29	---
ESTADO DEL ENVASE				
Abierto	15	-	19,48	---
Cerrado	62	44	80,52	100,00
COLOR DE LA TESTA				
Rojo	35	20	45,45	45,45
Negro	31	24	40,26	54,55
Otros	11	-	14,29	---

Cuadro N° 1-A (cont.)

Característica ¹	N° total de lotes		Porcentaje del total	
	A	B	A	B
VARIEDAD				
Negro nacional	5	9	6,49	20,45
Rojo nacional	-	11	---	25,00
Vaina blanca	10	1	12,98	2,28
México 80	6	4	7,80	9,09
Quiubra	8	2	10,38	4,54
Jamapa	5	2	6,49	4,54
México 81	6	1	7,80	2,28
México 29	4	2	5,20	4,54
Alajuela rojo	5	-	6,49	---
Blanco criollo	4	-	5,20	---
Compuesto Alajuela	3	1	3,90	2,28
Corcovado	3	-	3,90	---
Chilenito	3	-	3,90	---
Palmera	3	-	3,90	---
Turrialba	1	2	1,29	4,54
Vaina morada	3	-	3,90	---
Vaquita	3	-	3,90	---
Chimbolo	-	2	---	4,54
Porrillo	-	2	---	4,54
S-89	-	2	---	4,54
San Fernando	1	1	1,29	2,28
Bayo	1	-	1,29	---
Carnita	-	1	---	2,28
Huaquito	1	-	1,29	---
México 27	-	1	---	2,28
No identificada	2	-	2,59	---
HUMEDAD (%)⁴				
13,0 o menos	4	44	5,19	100,00
13,01 a 17,0	52	-	67,53	---
17,01 o más	21	-	22,27	---
PUREZA (%)⁵				
98,0 o más	72	44	93,51	100,00
95,0 a 97,99	4	-	5,19	---
menos de 95	1	-	1,30	---

Cuadro N° 1 -A (cont.)

Característica ¹	N° total de lotes		Porcentaje del total	
	A	B	A	B
GERMINACION (%) ⁵				
85,0 o más	20	23	25,97	52,27
60,0 a 84,99	44	19	57,14	43,18
menos de 60	13	2	16,88	4,54
VIABILIDAD (%)				
85,0 o más	25	32	32,47	72,73
60,0 a 84,99	31	9	40,26	20,45
menos de 60,0	21	3	27,27	6,82
VIGOR ⁶				
20,0	-	3	---	6,82
14,30 a 19,99	37	24	48,05	54,55
11,00 a 14,29	19	12	24,68	27,27
menos de 11,0	21	5	27,27	11,36
SANIDAD				
Sanas	64	31	83,11	70,46
Enfermas	13	13	16,89	29,54
Mosaico común	4	3		
Amarillamiento	9	11		

¹ No se incluye cierta parte de la información que se recopiló en el cuestionario por haber sido demasiado dudosa o contradictoria.

² El CNP obtiene la semilla de diferentes productores.

³ Las condiciones de almacenaje de la semilla del CNP eran de 60F y 50% de humedad relativa, las cuales se consideraron como adecuadas para los propósitos del estudio.

⁴ El criterio empleado para esta agrupación se basa en la literatura consultada (28, 34, 39, 53).

⁵ Esta categorización se basa en los estándares de certificación de semillas (30).

⁶ Esta categorización se basa en el máximo valor posible que alcanzaría el índice de vigor en el 5°, 7° y 9° día de conteo.

Cuadro N° 2-A. Resultados de los análisis realizados en el grupo A

Lote N°	A	B ₁	B ₂	C	D	E	F
1	16,66	1,30	98,70	189,50	76,00	53,50	11,78
2	13,43	0,59	99,41	144,40	77,50	49,00	13,28
3	16,06	1,43	98,57	206,40	21,50	16,00	2,78
4	15,26	1,50	98,50	162,60	53,00	48,50	8,85
5	14,42	12,01	87,99	178,00	66,50	62,50	15,71
6	14,66	1,20	98,80	209,30	84,25	90,00	17,74
7	21,12	0,75	99,25	150,10	85,50	68,50	15,04
8	13,88	1,07	98,93	166,90	90,50	89,50	17,20
9	18,88	1,12	98,88	171,40	67,25	80,00	4,87
10	18,78	1,74	98,26	244,10	49,25	20,00	6,08
11	18,34	0,01	99,99	186,30	94,50	71,00	16,44
12	14,98	1,50	98,50	170,50	72,50	72,00	12,19
13	19,67	0,27	99,73	226,50	24,25	29,50	3,54
14	19,97	0,55	99,45	128,80	79,25	83,50	18,71
15	15,41	0,60	99,40	189,50	68,75	69,00	12,00
16	14,97	0,43	99,57	189,90	38,50	38,50	10,28
17	18,91	2,57	97,43	160,60	44,50	67,50	13,38
18	18,93	1,30	98,70	158,60	50,75	69,00	10,11
19	15,04	1,78	98,22	193,10	75,50	88,50	15,55
20	17,16	0,37	99,63	182,50	71,50	69,00	12,61
21	15,30	1,01	98,99	179,00	80,00	89,50	14,72
22	16,45	0,78	99,22	188,20	37,00	17,00	4,55
23	17,04	1,56	98,44	176,60	77,50	59,50	9,92
24	14,93	0,46	99,54	191,80	87,00	81,00	15,36
25	14,57	0,30	99,70	193,60	65,50	40,50	7,43
26	15,17	0,40	99,60	222,40	85,75	63,00	15,49
27	17,91	1,36	98,64	168,60	85,75	83,50	15,14
28	19,34	2,98	97,02	215,20	34,00	20,00	4,43
29	14,65	1,20	98,80	234,50	72,75	45,00	12,04
30	20,07	0,55	99,45	168,00	97,25	98,50	16,02
31	14,99	1,72	98,28	158,90	88,75	83,50	15,00
32	15,47	1,30	98,70	244,20	66,75	66,00	14,14
33	16,79	0,60	99,40	183,00	74,25	36,50	11,27
34	16,22	0,40	99,60	243,00	78,00	70,50	14,09
35	16,36	0,18	99,82	242,60	63,25	37,00	8,33
36	18,10	0,38	99,62	163,00	59,00	32,00	7,71
37	16,83	0,03	99,97	203,30	85,25	50,00	14,48
38	17,11	0,03	99,97	201,10	80,00	55,00	10,80
39	15,94	1,08	98,92	159,30	82,00	44,00	10,56
40	18,09	1,54	98,46	184,10	28,75	5,00	4,64

Cuadro N° 2-A (cont.)

Lote N°	A	B ₁	B ₂	C	D	E	F
41	19,97	0,81	99,19	171,40	7,75	5,00	0,81
42	16,29	1,18	98,82	232,40	25,25	11,00	4,76
43	15,35	1,26	98,74	167,10	73,25	66,00	14,48
44	15,34	1,25	98,75	147,70	85,75	90,00	14,07
45	15,65	0,68	99,32	149,40	94,75	97,00	18,80
46	16,70	1,13	98,87	201,40	77,25	75,00	15,30
47	16,32	2,10	97,87	261,00	71,25	74,50	12,85
48	16,95	0,65	99,35	212,80	93,00	91,00	18,50
49	11,52	0,41	99,57	191,30	63,00	93,00	8,10
50	20,10	0,20	98,80	163,30	83,00	91,00	15,10
51	22,44	0,48	99,52	147,20	69,50	69,00	10,54
52	14,88	1,35	98,65	199,50	91,00	94,00	18,65
53	17,50	0,78	99,22	161,90	76,25	76,00	14,41
54	20,12	1,96	98,04	142,50	83,75	95,50	16,08
55	12,94	0,80	99,20	185,60	90,00	94,50	15,03
56	14,27	0,30	99,70	130,60	94,75	91,00	18,93
57	16,09	0,45	99,55	181,40	92,75	92,50	18,11
58	15,95	1,48	98,47	194,50	92,25	86,00	17,23
59	16,69	1,64	98,33	178,10	79,75	84,00	14,58
60	16,40	0,28	99,72	197,10	86,50	92,50	18,03
61	12,65	0,24	99,76	182,20	88,75	94,00	18,00
62	16,22	0,90	99,10	202,80	78,75	82,00	14,96
63	14,87	0,88	99,12	202,40	91,25	95,50	18,08
64	16,29	3,29	96,68	200,10	79,50	88,00	15,18
65	15,51	1,16	98,83	185,70	67,50	76,00	13,22
66	16,80	1,23	98,77	180,10	60,50	60,00	12,43
67	16,56	1,28	98,72	210,90	81,75	85,00	17,48
68	16,53	1,56	98,44	152,60	74,50	88,00	16,73
69	15,16	0,52	99,48	177,10	66,75	72,50	13,84
70	15,27	0,61	99,39	175,60	69,25	72,00	11,94
71	16,81	0,51	99,49	150,10	63,00	63,00	12,83
72	16,36	0,67	99,33	168,30	84,75	87,50	18,13
73	16,31	0,50	99,50	236,10	71,75	68,00	13,93
74	13,23	0,30	99,70	189,40	74,50	88,00	8,61
75	16,67	1,60	98,40	188,00	82,00	80,00	16,30
76	10,90	0,40	99,60	218,60	84,00	90,00	18,96
77	16,35	0,77	99,23	206,80	76,25	78,00	13,62

A = Porcentaje de humedad

B₁ = Porcentaje de materia
inerteB₂ = Porcentaje de semilla
pura

C = Peso de 1000 semillas en g.

D = Porcentaje de germinación

E = Porcentaje de viabilidad

F = Índice de vigor

Cuadro N° 3-A. Resultados de los análisis realizados en el grupo B

Lote N°	A	B ₁	B ₂	C	D	E	F
1	10,87	0,15	99,83	180,80	96,50	100,00	20,20
2	11,42	0,02	99,98	195,90	97,50	97,00	19,40
3	12,86	0,17	99,83	165,80	93,25	96,00	17,77
4	11,93	0,20	99,80	180,80	75,25	80,50	12,44
5	10,73	0,01	99,98	182,60	60,75	76,50	9,12
6	10,88	0,04	99,96	159,00	95,75	99,00	20,78
7	12,31	0,13	99,87	170,80	88,50	87,00	10,86
8	11,50	0,03	99,97	161,80	73,00	88,00	7,94
9	10,92	0,06	99,93	225,20	96,50	96,50	19,55
10	10,97	0,14	99,86	187,50	73,00	87,00	15,37
11	11,50	0,02	99,97	180,10	99,00	99,00	14,48
12	11,60	0,22	99,78	172,70	65,25	87,00	10,59
13	11,57	0,15	99,85	180,90	71,75	55,50	11,48
14	10,97	0,20	99,76	187,30	87,00	88,00	17,04
15	10,79	0,10	99,90	170,60	73,25	59,00	13,79
16	11,01	0,06	99,94	160,50	84,50	85,00	15,01
17	10,69	0,02	99,96	223,70	89,75	91,00	18,98
18	10,97	0,01	99,99	154,50	88,75	94,00	15,17
19	11,42	0,17	99,82	178,80	77,00	73,00	12,74
20	11,43	0,15	99,85	181,40	86,25	95,50	19,88
21	11,63	0,17	99,83	181,50	70,50	60,50	12,04
22	11,35	0,41	99,58	179,50	72,50	95,00	18,11
23	10,79	0,19	99,81	181,40	68,75	83,00	13,78
24	11,43	0,13	99,87	201,80	86,50	90,00	18,04
25	11,93	0,21	99,79	190,30	54,50	50,00	11,33
26	11,06	0,33	99,67	207,50	85,25	88,00	16,01
27	11,66	0,75	99,25	195,20	78,50	94,00	12,04
28	11,57	0,09	99,01	156,60	83,00	87,00	14,93
29	10,88	0,20	99,80	209,00	84,00	88,50	19,09
30	11,28	0,13	99,87	169,20	96,25	98,00	18,63
31	11,28	0,10	99,90	179,80	58,25	63,50	11,90
32	11,53	0,23	99,77	205,40	85,75	88,00	17,69
33	11,21	0,25	99,68	224,60	87,00	90,00	20,84
34	11,21	0,17	99,80	176,90	88,00	92,00	17,90
35	11,84	0,38	99,61	183,40	72,50	83,00	11,71
36	10,97	0,02	99,98	157,20	88,00	93,00	18,34
37	11,50	0,18	99,79	157,70	91,00	92,50	11,84

Cuadro N° 3-A (cont.)

Lote N°	A	B ₁	B ₂	C	D	E	F
38	11,06	0,09	99,91	157,40	89,75	97,00	16,67
39	11,21	0,05	99,95	218,40	90,25	92,00	17,56
40	11,35	0,19	99,81	179,90	83,25	92,00	18,19
41	11,21	0,02	99,97	155,60	97,00	100,00	19,63
42	10,79	0,00	99,92	175,30	70,50	60,50	11,00
43	11,43	0,11	99,89	182,40	85,75	92,00	18,23
44	10,30	0,23	99,77	170,20	75,00	81,00	10,75

A = Porcentaje de humedad

B₁ = Porcentaje de materia
inerteB₂ = Porcentaje de semilla
pura

C = Peso de 1000 semillas en g.

D = Porcentaje de germinación

E = Porcentaje de viabilidad

F = Índice de vigor

Cuadro N° 4-A. Porcentajes de germinación luego de las pruebas de envejecimiento acelerado, frío y calor en 16 lotes del grupo A (Agricultores) y 10 lotes del grupo B (Consejo Nacional de la Producción)

Lote N°	G.I. ¹	E.A. ²	P.F. ³	P.C. ⁴
<u>GRUPO A</u>				
2	82	79	67	49
6	86	86	84	86
8	89	81	87	74
13	25	24	12	21
15	73	72	40	71
16	51	50	49	50
17	67	66	62	66
30	89	86	87	89
32	70	70	52	52
46	80	61	38	32
49	59	49	42	49
52	88	88	75	88
66	63	61	50	55
71	73	62	42	33
72	86	81	79	4
74	69	51	58	72
<u>GRUPO B</u>				
8	68	42	47	55
10	82	76	45	47
11	95	87	76	66
13	69	68	50	59
14	86	82	86	78
22	84	73	62	69
23	78	75	63	78
27	76	73	73	70
29	90	90	81	26
32	87	87	72	58

¹ Germinación inicial.

² Envejecimiento acelerado 72 h. a 40 C y 100 % H.R.

³ Prueba de frío 96 h. a 10 C y 60% H.R.

⁴ Prueba de calor 96 h. a 40 C y 60% H.R.

Cuadro N° 5-A. Esquema del análisis de "Componentes de variancia"

		GL	SC	CM	E(CM)
Procedencia	(T)	(t-1)	SCT	CMT	$\sigma_M^2 + K_1 \sigma_E^2 + K_2 \sigma_T^2$
Error experimental (E)	(r ₁ -1)+(r ₂ -1)		SCE	CME	$\sigma_M^2 + K_3 \sigma_E^2$
Error muestral	(M) (r ₁ r ₂)(m-1)		SCM	CMM	σ_M^2

donde:

- t = número de grupos (tratamientos)
- r₁ = número de repeticiones en el grupo A
- r₂ = número de repeticiones en el grupo B
- m = número de submuestras por repetición
- σ_T^2 = CM estimado de procedencia
- σ_E^2 = CM estimado del error experimental
- σ_M^2 = CM estimado del error muestral
- $K_1 = n_{ij}^2 \cdot f_i$
- $K_2 = n_i^2 \cdot f_i$
- $K_3 = n_{ij}^2 \cdot f_{ij}$
- $f_i = \frac{(1/n_i - 1/n)}{GL}$
- $f_{ij} = \frac{(1/n_{ij} - 1/n_i)}{GL}$
- n = número total de observaciones

Cuadro N° 5-A (cont.)

n_i = número de repeticiones por tratamiento, que en el presente trabajo son 77 y 44 para los grupos A y B, respectivamente

n_{ij} = número de submuestras

GL = grados de libertad

Los valores correspondientes a la columna CM, se igualan a las fórmulas de la columna E(CM), comenzando por el CMM. De esta manera se encuentran los CM estimados.

Cuadro N° 6 -A.

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.
 Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
 Turrialba, Costa Rica

Evaluación de la Calidad de Semilla de Frijol en Costa Rica

CUESTIONARIO

N°.....

Fecha.....

1. INFORMACION GENERAL

- a. Provincia b. Cantón
- c. Distrito d. Lugar (finca)

2. INFORMACION ACERCA DE LA SEMILLA

2.1 Información sobre semilla comprada

a. Tiene etiqueta: Sí () No ()

b. Información proporcionada por la etiqueta
 (si la semilla lleve etiqueta)

1. Cultivo..... 2. Variedad.....

3. Peso neto del envase 4. Lote N°

5. Análisis: fecha..... Hecho por.....

6. Malas hierbas (%). 7. Otros cultivos (%)

8. Materia inerte (%). 9. Semilla dura (%).....

10. Germinación excluyendo semilla dura (%).

11. Productor: Nombre.....

Dirección.....

12. Tratada con.....

13. Vendedor: Nombre

Dirección

Observaciones.....

2.2 Información sobre la semilla del propio agricultor

- a. Cuándo la cosechó?.....
- b. Dónde guarda la semilla?
- En su casa () En un granero ()
- En otro lugar
- c. En qué tipo de depósito o envase guarda la semilla?
- Bolsas () Sacos () Latas ()
- Otros ()
- Abierto () Cerrados ()
- d. El lugar donde guarda la semilla es:
- Seco () Húmedo () Medio ()
- Caliente () Frío () Medio ()
- e. Le agrega algún producto químico para guardarla?
- Sí () No () Cuál?
- f. Antes de sembrar la semilla, la mezcla con algún producto químico?
- Sí () No () Cuál?
- g. Hace qué tiempo compró la semilla, o cuánto tiempo la tiene guardada?

3. INFORMACION ACERCA DEL CULTIVO

- a. Qué plagas o enfermedades atacan a su cultivo en la época inicial del crecimiento de las plantas?
.....
- b. Qué rendimientos ha obtenidos usted en los últimos tres años que cultiva frijol?
.....