

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE SECADO Y DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DURANTE EL ALMACENAMIENTO SOBRE LA CALIDAD DE LA SEMILLA DE FRIJOL ¹

Ramiro Alizaga*

ABSTRACT

The effect of drying temperature and moisture content during storage on bean seed quality. The effect of five temperatures (25, 35, 45, 55 and 65 C) and two seed moisture contents (13 and 16%) during storage at 25 C on germination and hypocotyl length of common beans (*Phaseolus vulgaris*) was studied for twelve months. Both parameters were affected by the drying temperature, time of storage and seed moisture content.

Significant reductions ($\alpha = 0.05$) in germination began after three months of storage with a 16% moisture content of the seed.

Hypocotyl length was shorter for seed stored at 16% than at 13% moisture content and it diminished considerably when the storage time was prolonged, particularly when the drying temperatures of the seed were 55 and 65 C.

INTRODUCCION

La calidad de la semilla constituye uno de los factores que afectan en mayor proporción el rendimiento potencial de un cultivar y por lo tanto el éxito en la actividad agrícola (9).

En el cultivo del frijol, el agricultor costarricense emplea, frecuentemente, parte de la cosecha anterior como semilla para iniciar el siguiente ciclo de cultivo. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el manejo que recibe esta semilla no es el apropiado debido a que no se utilizan técnicas de conservación que permitan reducir al mínimo su deterioro (3, 6, 11).

La mala calidad de la semilla empleada por una elevada proporción de agricultores, es provocada principalmente por condiciones inadecuadas de almacenamiento y patógenos portados en ellas y se considera como uno de los factores limitantes

de mayor importancia en la producción de frijol en el país (3, 9, 10). Sterling (11), encontró que en el Cantón de Pérez Zeledón, el 84% de los agricultores guardan semilla de su última cosecha y que en la mayoría de los casos su contenido de humedad es cercano a 18%. Esta "alta" humedad y el almacenamiento en sacos de yute y de polipropileno que comúnmente se utilizan, favorecen el daño por hongos e insectos, aceleran la pérdida de vigor, y finalmente reducen la germinación.

La posible utilización de métodos de secado apropiados, así como un mayor conocimiento de las condiciones necesarias para una adecuada conservación podrían resolver en parte el problema del empleo de semilla de mala calidad.

El propósito de este trabajo fue determinar el efecto de varias temperaturas de secado en la calidad de semilla de frijol almacenada a 13 y 16% de humedad y 25C durante 12 meses.

MATERIALES Y METODOS

Para los ensayos de secado y almacenamiento se utilizó semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares México 80 y Pacuaral.

¹ Recibido para su publicación el 11 de marzo de 1985.

* Centro de Investigaciones en Granos y Semillas, Universidad de Costa Rica.

La humedad inicial de frijol rojo (México 80) fue de 24% y la del frijol negro (Pacuaral) de 22%.

Para exponer las semillas a las diferentes condiciones de secamiento se colocaron muestras de 4 kg en una estufa con flujo forzado de aire, hasta lograr un contenido de humedad del frijol cercano a 16 y 13%. Las temperaturas del aire de secado fueron 25, 35, 45, 55 y 65°C. Posteriormente, la semilla se almacenó durante un período de 12 meses, a 25°C, en recipientes de plástico de 16 l de capacidad cerrados herméticamente.

Para evitar el daño por insectos, la semilla se trató con fosfuro de aluminio (Phostoxin) al inicio del ensayo (0,003 g/kg).

A partir del inicio de las pruebas de almacenamiento, y a intervalos de tres meses, se realizaron pruebas de germinación, y en una cámara de temperatura constante de 25 ± 1 C y con humedad relativa cercana al 98% (5).

Las pruebas de germinación se hicieron mediante cuatro muestras de 100 semillas cada una. Se practicaron dos recuentos, el primero a los cinco días y el segundo a los ocho días después de iniciada la prueba. Asimismo, se midió la longitud del hipocótilo a los cinco días de iniciada la prueba.

Se usó un diseño completamente aleatorio con cuatro repeticiones y un arreglo factorial de tratamientos.

Para comparar los valores promedio de las variables evaluadas se usó la prueba de amplitud múltiple de Tukey ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS

El análisis de los datos revela que en ambos cultivares hubo un efecto significativo ($\alpha = 0,05$) de la temperatura de secado, del tiempo de almacenamiento y del contenido de humedad de las semillas sobre la germinación y la longitud del hipocótilo. Las interacciones entre estos tratamientos también influyeron significativamente sobre la germinación de ambos cultivares, con excepción de la interacción entre el contenido de humedad y la temperatura de secado, que no tuvo efecto sobre la germinación del cultivar México 80.

En la Fig. 1 se presentan los resultados de las pruebas de germinación de las semillas secadas a cinco temperaturas diferentes. Puede observarse que cuando la semilla se almacenó con un contenido de humedad de 13%, el período de almacena-

miento y la temperatura de secado prácticamente no tuvieron efecto sobre la germinación, excepto cuando el secado se realizó a 65°C, en cuyo caso se aprecia una pérdida significativa ($\alpha = 0,05$) de la viabilidad a partir del noveno mes de almacenamiento. La situación fue diferente con la semilla almacenada a 16% de humedad. En este caso, se obtuvieron reducciones significativas ($\alpha = 0,05$) en el porcentaje de germinación a partir del tercer mes de almacenamiento; estas diferencias resultaron cada vez mayores conforme aumentó el período de almacenamiento y la temperatura de secado, de tal manera que a los nueve y doce meses, se observaron porcentajes de germinación inferiores al 10%.

El tiempo de almacenamiento y el contenido de humedad de las semillas tuvieron un efecto mayor que la temperatura de secado sobre la pérdida de la germinación.

En el Cuadro 1 se presentan los valores promedio de la longitud del hipocótilo obtenidos a los cinco días de iniciada la prueba de germinación. En general, se encontraron diferencias significativas ($\alpha = 0,05$) entre las medias de tratamientos a partir de los tres y seis meses, y fueron cada vez mayores al extenderse el tiempo de almacenamiento. El deterioro de la semilla de ambos cultivares fue mucho mayor cuando se almacenó a 16% de humedad, y aumentó considerablemente conforme se prolongó el almacenamiento, especialmente cuando las temperaturas de secado fueron 55 y 65 C.

En la Fig. 2 se presenta el porcentaje de semilla muerta cuando el frijol se almacenó a 13 y 16% de humedad, sin considerar la temperatura de secado debido a que ésta mostró un efecto menor sobre el deterioro de las semillas que el contenido de humedad y el período de almacenamiento. Al extenderse el tiempo de almacenamiento, el porcentaje de semilla muerta fue mucho mayor cuando se almacenó a 16% de humedad, con diferencias de hasta 60 y 79%, con respecto a la semilla almacenada a 13% de humedad.

DISCUSION

A pesar de que no se recomiendan temperaturas de secamiento mayores de 43°C (1,7), los resultados obtenidos sugieren que, con excepción del secado a 65C, las temperaturas probadas en el presente ensayo no tuvieron un efecto importante sobre el porcentaje de germinación de las semillas de frijol. Cuando la semilla se secó a 55 C no se

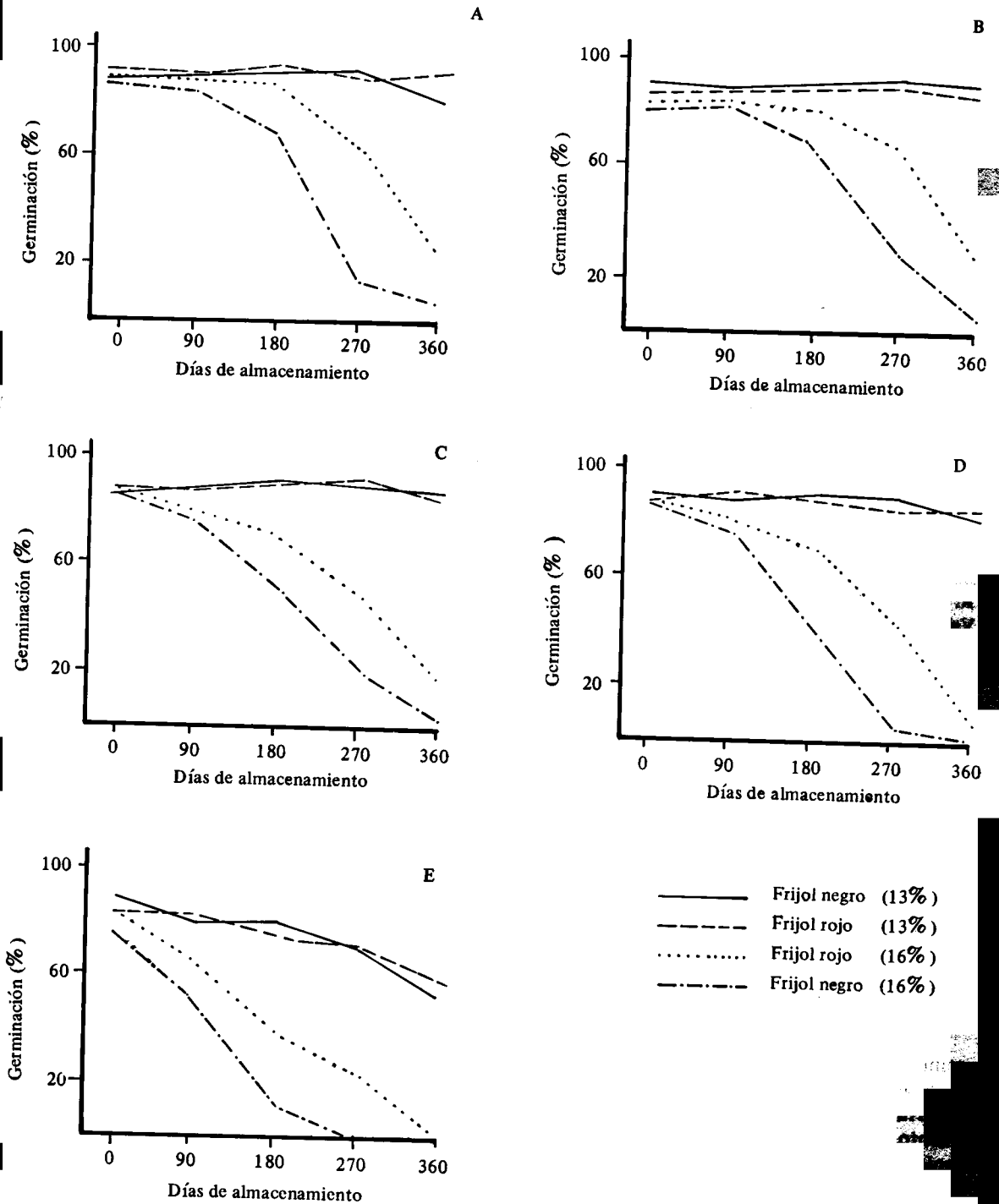


Fig.1. Efecto del período de almacenamiento y del contenido de humedad sobre la germinación de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) secada a: A-25 C, B-35 C, C-45 C, D-55 C, E-65 C. Frijol rojo: México 80, Frijol negro: Pacuara.

Cuadro 1. Longitud del hipocótilo en plántulas de frijol (cm) obtenidas con semilla almacenada durante 12 meses a 13% y a 16% de humedad, secada a diferentes temperaturas.

Temperatura de secado (C)	Tiempo de almacenamiento (meses)										
	0		3		6		9		12		
	13	16	13	16	13	16	13	16	13	16	
25	R	12,3 ^{ab}	12,8 ^{ab}	11,3 ^{ab}	11,0 ^{ab}	13,1 ^{ab}	12,1 ^{ab}	9,9 ^b	9,5 ^{bc}	10,0 ^b	6,0 ^c
	N	13,4 ^{ab}	14,0 ^a	11,9 ^{ab}	9,2 ^{bc}	8,6 ^{bc}	9,5 ^{bc}	10,5 ^{ab}	7,1 ^{bc}	9,6 ^{bc}	1,7 ^e
35	R	12,9 ^{ab}	12,3 ^{ab}	12,4 ^{ab}	11,8 ^{ab}	12,7 ^{ab}	11,6 ^{ab}	8,2 ^{bc}	10,0 ^b	8,5 ^{bc}	5,2 ^c
	N	13,7 ^{ab}	12,3 ^{ab}	12,0 ^{ab}	11,2 ^{ab}	9,9 ^b	8,8 ^{bc}	10,2 ^b	8,1 ^{bc}	8,9 ^{bc}	2,1 ^e
45	R	12,5 ^{ab}	13,5 ^{ab}	12,4 ^{ab}	11,2 ^{ab}	12,3 ^{ab}	12,3 ^{ab}	8,8 ^{bc}	8,6 ^{bc}	9,4 ^{bc}	4,3 ^b
	N	12,8 ^{ab}	13,0 ^{ab}	11,9 ^{ab}	9,5 ^{bc}	8,8 ^{bc}	10,9 ^{ab}	10,6 ^{ab}	8,4 ^{bc}	6,5 ^c	0,9 ^e
55	R	12,2 ^{ab}	12,3 ^{ab}	10,9 ^{ab}	10,6 ^{ab}	12,6 ^{ab}	12,1 ^{ab}	8,8 ^{bc}	8,3 ^{bc}	7,7 ^{bc}	4,7 ^{cd}
	N	14,1 ^a	13,1 ^{ab}	13,3 ^{ab}	10,0 ^b	9,4 ^{bc}	6,1 ^c	9,1 ^{bc}	3,5 ^{cd}	6,0 ^c	—* ^e
65	R	12,6 ^{ab}	13,8 ^{ab}	11,0 ^{ab}	10,3 ^b	11,1 ^{ab}	11,1 ^{ab}	8,5 ^{bc}	5,3 ^c	8,2 ^{bc}	1,3 ^e
	N	13,0 ^{ab}	11,4 ^{ab}	8,7 ^{bc}	9,7 ^b	9,5 ^{bc}	7,0 ^{bc}	9,0 ^{bc}	—* ^e	6,5 ^c	—* ^e

R: Frijol rojo (México 80) N: Frijol negro (Pacuara) *: El porcentaje de germinación fue cero
Valores seguidos por la misma letra no difieren entre sí, según la prueba de Tuckey ($\alpha + 0,05$).

encontró efecto detrimental sobre la calidad, aunque esta temperatura normalmente se considera alta. Esto probablemente se deba a que el secamiento fue rápido, a causa del reducido tamaño de la muestra.

Los resultados obtenidos con el secamiento a 65C sugieren que esta temperatura, posiblemente, ocasionó daños severos en los tejidos vitales de las semillas, pues a partir del tercer mes se detectó una disminución significativa en la capacidad de germinación, lo cual coincide con lo observado por Boyd (1), quien informa que temperaturas superiores a 52 C pueden causar serios daños en las estructuras de la semilla y la muerte del embrión.

El efecto del contenido de humedad de la semilla en la calidad de la misma se empezó a manifestar después de tres meses de almacenamiento, a partir de los cuales se observó un rápido decrecimiento de la germinación en los tratamientos mantenidos a 16% de humedad, lo que concuerda con numerosos autores (1, 2, 7), que señalan la importancia de mantener la semilla de frijol con contenidos de humedad iguales o inferiores a 14% durante el almacenamiento.

El porcentaje de semilla muerta se incrementó notablemente en el frijol almacenado a 16% de

humedad a partir del tercer mes, manifestándose un deterioro acelerado de la semilla conforme

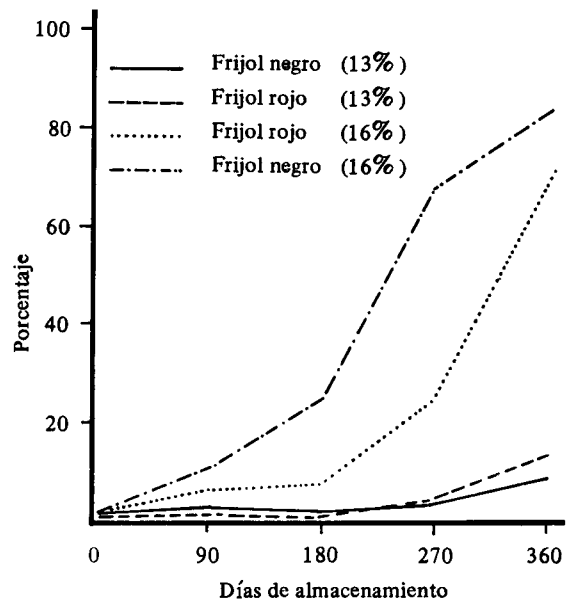


Fig. 2. Porcentaje de semilla muerta en pruebas de germinación realizadas con semilla de frijol almacenado a 13% y 16% de humedad; recuentos efectuados a intervalos de 3 meses.

aumentó el período de almacenamiento. Por el contrario, cuando la semilla se almacenó a 13% de humedad, el porcentaje de semilla muerta aumentó ligeramente a partir del noveno mes.

El rápido deterioro observado en la semilla almacenada con alta humedad (16%), se asoció en parte con el daño causado por hongos de almacenamiento, especialmente los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. Lo anterior concuerda con lo mencionado ampliamente por varios autores (2, 7, 4), quienes consideran que el grado en que los hongos de almacenamiento invaden las semillas y disminuyen su capacidad de germinación depende, en gran medida, del contenido de humedad de las mismas.

Los resultados obtenidos con la longitud del hipocótilo, que es considerada como indicador del vigor (2, 8, 12), muestran que la semilla de frijol almacenada a 13% de humedad sufrió un deterioro mucho menor que la semilla almacenada a 16%; además, sugieren que el mismo se incrementa conforme aumentan la temperatura de secado y el período de almacenamiento.

En general, se reconoce la importancia del vigor como característica fundamental para evaluar la calidad de un lote de semillas, pues se considera que constituye un factor determinante en el desempeño futuro del cultivo en el campo, especialmente cuando existen condiciones ambientales desfavorables (2, 12).

Considerando los resultados aquí expuestos y dado el elevado contenido de humedad con que los agricultores almacenan su propia semilla (11) así como las deficientes condiciones de manejo que ésta recibe, es lógico suponer que utilizan semilla de mala calidad (3,9). Sterling (11), al comparar semilla de frijol producida en la Estación Experimental Fabio Baudrit M. con la semilla de los agricultores de Pérez Zeledón, encontró que el porcentaje de germinación, la longitud de la radícula y la longitud de la parte aérea fueron significativamente mayores ($\alpha = 0,05$) en la semilla de la Estación Experimental Fabio Baudrit M.; el número de vainas por plantas, el número de granos por vaina y el rendimiento total por parcela fueron también mayores.

Sin duda, lo ideal sería que los agricultores utilizaran semilla de buena calidad genética, sanitaria y fisiológica. Sin embargo, muchos de ellos utilizan su propia semilla, razón por la cual, resulta necesaria la utilización de sistemas de secado (secadora de leña, solares o cualquier otro tipo), así como un mejor conocimiento de las condiciones apropiadas para una adecuada conservación. Lo an-

terior podría resolver en parte el problema del empleo de semilla de mala calidad.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de cinco temperaturas de secado (25, 35, 45, 55 y 65 C) y de dos contenidos de humedad (13 y 16%) en semilla de frijol almacenada a 25 C durante 12 meses.

Se obtuvo un efecto significativo ($\alpha = 0,05$) de la temperatura de secado, del tiempo de almacenamiento y del contenido de humedad de las semillas sobre la germinación y la longitud del hipocótilo.

En la semilla almacenada a 13% de humedad, el período de almacenamiento y la temperatura de secado prácticamente no tuvieron ningún efecto sobre la germinación, excepto cuando el secado se realizó a 65 C. En el caso de la semilla almacenada a 16% de humedad, se obtuvo reducciones significativas ($\alpha = 0,05$) en el porcentaje de germinación a partir del tercer mes de almacenamiento. El deterioro se incrementó conforme se prolongó el período de almacenamiento y aumentó la temperatura del aire de secado.

La longitud del hipocótilo fue menor cuando la semilla se almacenó a 16% de humedad y disminuyó considerablemente al extenderse el tiempo de almacenamiento, especialmente cuando las temperaturas de secado fueron 55 y 65 C.

LITERATURA CITADA

1. BOYD, A.H. Secamiento y acondicionamiento de semillas. *In* Seminario Internacional sobre Tecnología de Semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe. San José, Costa Rica. 1980 pp. 148-163.
2. DELOUCHE, J.C. y GADWELL, W.P. Seed vigor tests. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 50 (1): 124-129. 1960.
3. ECHANDI, R. Análisis del uso de semilla mejorada en Centroamérica. *In* Seminario sobre semillas. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas - Iowa State University, 1977. 15 p. (mimeo).
4. ELLIS, M.A. y GALVEZ, G.E. Patología de la semilla de frijol. *In* Segundo curso intensivo de adiestramiento en tecnología de semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia, 1979. (mimeo).
5. INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. *Proceedings of International Seed Testing Association* 31 (1):1-152. 1966.

6. JIMENEZ, E. Comentarios sobre la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 2(1): 103-108. 1978.
7. JUSTICE, O.L. y BASS, L.N. Principles and practices of seed storage. Washington, U.S. Department of Agriculture, 1978. 189 p. (Agricultural Handbook No. 506).
8. MENTEN, J. O. Sanidad, germinação o vigor de sementes de feijao. (*Phaseolus vulgaris* L.). *Summa Phytopatologica* 4:105-110. 1978.
9. SANCHEZ, MR. Evaluación de la calidad de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1972. 61 p.
10. SANCHEZ, M.R. Y PINCHINAT, A. Bean seed quality in Costa Rica. *Turrialba* 24:72-75. 1974.
11. STERLING, R.F. Estudio sobre la calidad de semilla y otros factores limitantes de la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el Cantón de Pérez Zeledón. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1981. 46 p.
12. WOODSTOCK, L.W. Seedling growth as a measure of seed vigor. *Proceedings of the International Seed Testing Association* 23(2):273-281. 1958.