

EVALUACION DEL VIGOR DE LA SEMILLA DE SOYA (*Glycine max* (L.) Merr.) Y SU RELACION CON LA EMERGENCIA Y EL RENDIMIENTO ¹

Gustavo Alizaga *
Ramiro Alizaga **
Jorge Herrera **

ABSTRACT

Evaluation of seed vigour and its relationship with field emergence and yield in soybean (*Glycine max* (L.) Merr. Several vigour tests were used to evaluate their relationship with field emergence, plant development and yield. Aging of high quality seed with 16 % of moisture content was induced by placing it at 30° C for different periods. Five different grades of vigour were obtained, all of them with more than 70 % of germination.

Evaluations of germination percentage (5 and 8 days after planting), hypocotyl length, seedlings dry weight, electric conductivity and seed respiration were done. It was found that all these indexes were significantly correlated to seed vigour.

On the field, plant emergence (9 and 21 days after sowing) showed lower values with low vigour seed. A pattern in which the more vigorous seed produced taller plants was found. Significant differences in yield were detected between the untreated seeds and all the others that were subjected to deteriorating conditions.

INTRODUCCION

La calidad de la semilla está determinada por una serie de aspectos que afectan su desempeño en el campo; entre los más importantes están: la pureza física y genética, la presencia de semillas de malas hierbas, la gravedad específica, la uniformidad, el contenido de humedad, la presencia de patógenos, la germinación y el vigor.

Los resultados de la prueba de viabilidad son útiles para comparar lotes de semillas con fines comerciales y para el cálculo de densidades de siembra. Sin embargo, las condiciones ambientales en el campo rara vez son óptimas, por lo que las semillas están sujetas al efecto de condiciones adversas tales como temperaturas extremas, exceso o deficiencia

de agua, obstrucción mecánica en el suelo y microorganismos e insectos que pueden dañarla o destruirla, debido a esto, el porcentaje de emergencia de plántulas en el campo es generalmente menor al obtenido en el laboratorio, donde las condiciones ambientales están controladas (Perry, 1981). Por estas razones, se han desarrollado una serie de métodos para evaluar el vigor con el fin de obtener información adicional que permita inferir acerca del comportamiento de las semillas en la plantación (Heydecker, 1972).

Existen diferentes criterios para definir el vigor. Chen *et al.* (1972) lo definen como la suma de todos los atributos que contribuyen al buen desempeño de la semilla. Para Popinigis (1977), es el conjunto de atributos genéticos, fisiológicos y sanitarios que afectan la capacidad de las semillas para producir plántulas normales y productivas. Perry (1972), considera al vigor como una característica fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, que gobierna la capacidad de la semilla de producir rápidamente una plántula en el suelo y el límite de ésta para tolerar una gama de factores ambientales.

1 / Recibido para publicación el 14 de mayo de 1987.

* Oficina Nacional de Semillas. San José, Costa Rica.

** Centro para Investigaciones en Granos y Semillas. (CIGRAS), Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Algunos autores mencionan que el deterioro o pérdida de vigor de la semilla se manifiesta como baja tolerancia a condiciones no favorables para la germinación (Heydecker, 1972; Hughes y Santed, 1975), germinación lenta y producción de radículas e hipocótilos más cortos (Gill, 1969; Watson, 1973), reducción de la respiración (Anderson y Abdul-Baki, 1973), mayor susceptibilidad al ataque de microorganismos (Heydecker, 1972), incremento en la proporción de plántulas anormales (Gill, 1969; Heydecker, 1972) y reducción de la capacidad de producción (Sittisrourng, 1970).

Entre las pruebas de vigor basadas en la velocidad de crecimiento, la germinación al primer recuento es una de las más usadas (Alizaga, 1986; Austin y Longden, 1967; Popinigis, 1973; Watson 1973). Sin embargo, el tamaño y gravedad específica de las semillas pueden afectar los resultados (Austin y Longden, 1967; Heydecker, 1972). También, se ha encontrado que la longitud del hipocótilo (Alizaga, 1986; Miller y Dale, 1980), la longitud y el peso seco de las plántulas constituyen índices apropiados para evaluar el grado de deterioro que ha sufrido la semilla, debido a que las más vigorosas son capaces de movilizar y convertir la energía almacenada en sus tejidos de reserva con mayor eficiencia (Wahab y Burris, 1971). La conductividad eléctrica ha sido utilizada para detectar diferencias en el grado de vigor, ya que cuando una semilla poco vigorosa es colocada en agua hay un mayor paso de electrolitos hacia el medio (Brouwer y Mulder, 1982; Burris y Wahab, 1971; Miller y Dale, 1980). También, la tasa respiratoria, el peso fresco y peso seco acumulado durante el crecimiento muestran una alta correlación con el vigor (Burris y Wahab, 1971). Finalmente, Popinigis (1977) y Camargo (1981) encontraron que el desarrollo y la producción por planta disminuyen conforme el vigor reduce.

El objetivo de este trabajo fue correlacionar varios índices de vigor usados en el laboratorio con la emergencia, el desarrollo y el rendimiento de la emergencia, el desarrollo y el rendimiento de la emergencia, el desarrollo y el rendimiento de la emergencia (*Glycine max* (L.) Merr.) en el campo para establecer aquellos que podrían utilizarse para determinar con mayor propiedad la calidad de los lotes de semilla de soya.

MATERIALES Y METODOS

Preparación de muestras con diferentes grados de vigor.

Se empleó semilla de soya del cultivar 'Siatsa 194-A', con una germinación inicial de 99 %.

Se provocó un deterioro acelerado de la semilla, almacenando muestras de tres kg en bolsas plásticas cerradas, con contenidos de humedad cercanos a 16 % en una cámara graduada a $32 \pm 1^\circ \text{C}$. Cada cinco días se retiró una de las muestras de la cámara, se secó con aire a temperatura ambiente hasta lograr una de humedad de 12 % y se almacenó a $5 \pm 2^\circ \text{C}$.

De cada muestra se tomaron al azar cuatro repeticiones de 100 semillas que se plantaron en cajas con arena esterilizada y se colocaron en un germinador a 30°C y una humedad relativa superior a 98 %. Con base en el porcentaje de germinación y el grado de desarrollo de las plántulas se seleccionaron cuatro muestras con porcentajes de germinación superiores a 70 %, pero diferentes en su grado de vigor. Como testigo se usó una muestra que no fue sometida a deterioro.

Pruebas de laboratorio

Entre las pruebas usadas para corroborar las diferencias en el vigor de las muestras seleccionadas están: el porcentaje de germinación a los cinco y ocho días, la longitud del hipocótilo y el peso seco de las plántulas. Se tomaron al azar cuatro repeticiones de 100 semillas de cada una de estas cinco muestras, que se plantaron en cajas de 15 cm de profundidad con arena esterilizada y se colocaron en una cámara de germinación a $30 \pm 1^\circ \text{C}$ y una humedad relativa superior a 98 % siguiendo las reglas de ISTA (1966). Para evaluar la longitud del hipocótilo se midió a diez plántulas en cada repetición. Se separaron los cotiledones de las plántulas para determinar el peso seco y se colocaron en bolsas de papel dentro de un horno con circulación forzada de aire, a 75°C durante 36 horas, seguido por una hora a 100°C ; finalmente se pesaron.

Se realizaron pruebas adicionales tomando de cada muestra cuatro repeticiones de 50 semillas, que se pesaron en una balanza analítica. Cada grupo se colocó en 200 ml de agua destilada durante 24 horas a 20°C y se determinó la conductividad eléctrica de la solución. Los resultados se expresaron en $\mu\text{S}/\text{ml}/\text{g}$. Finalmente, se seleccionaron al azar cuatro repeticiones de diez semillas, que se pusieron a beber en agua destilada por seis horas; se colocaron en un respirómetro Gilson y se les midió el consumo de oxígeno (respiración) a intervalos de 15 minutos durante una hora. Los resultados se expresaron en $\mu\text{l O}_2/\text{g}$ de semilla.

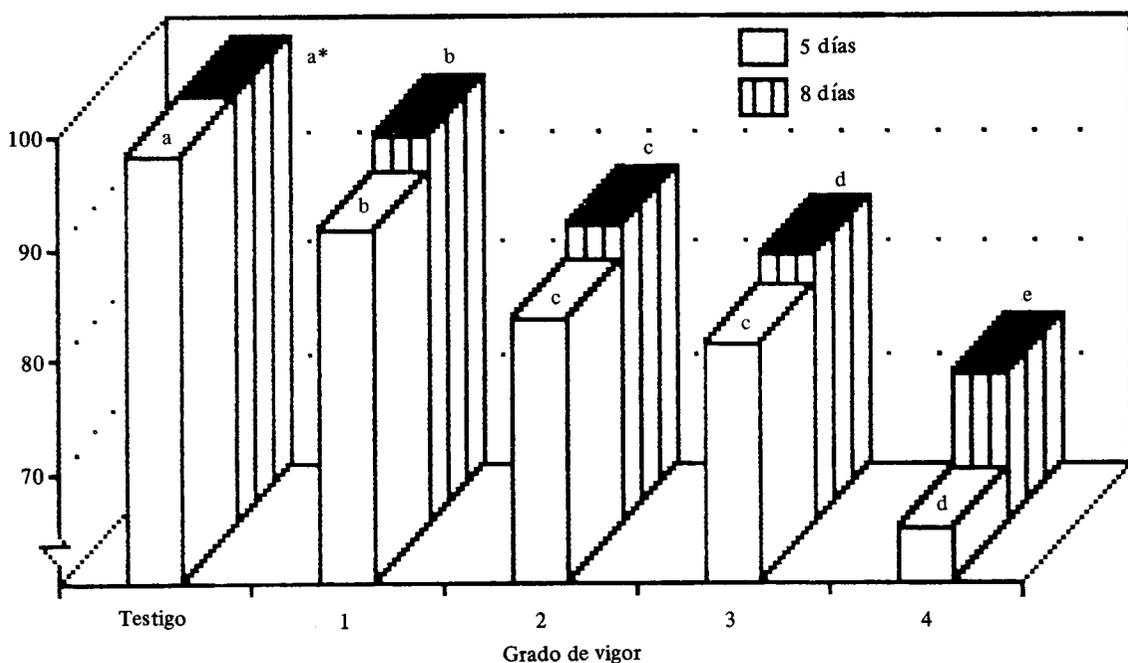


Fig. 1. Efecto del vigor de la semilla de soya sobre los porcentajes de germinación a los 5 y 8 días.

* letras diferentes entre barras indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$), según prueba de contrastes ortogonales.

Los tratamientos corresponden a mayor (1) y menor (4) grado de vigor.

Pruebas de campo

La semilla con diferentes grados de vigor se sembró en el distrito de Pozos, cantón de Santa Ana, provincia de San José; la siembra se realizó al inicio de la época seca.

El tamaño de las parcelas fue de 6,0 m de largo por 1,8 m de ancho. La distancia de siembra usada fue de 0,05 m entre plantas y 0,6 m entre surcos. La parcela útil consistió de dos surcos, eliminando cinco plantas al inicio y al final de cada uno.

En el campo se determinó el porcentaje de emergencia a los 9 y 21 días de la siembra, la altura de las plantas a los 24, 34, 44, 54 y 64 días y el rendimiento.

Análisis estadístico

Para analizar los datos de laboratorio se empleó un diseño irrestricto al azar con cuatro repeticiones.

En el campo se usó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones para el

análisis de la emergencia y el rendimiento. Para evaluar la tasa de crecimiento de las plantas se empleó además un arreglo de parcelas divididas en el tiempo.

Los resultados de los tratamientos se compararon mediante la prueba de contrastes ortogonales. Las mediciones de altura de plantas en el campo se sometieron a un análisis de regresión y se hizo un análisis de correlación simple entre todas las variables estudiadas.

RESULTADOS

Evaluaciones de laboratorio

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de germinación a los cinco y ocho días. En ambos casos se observa una disminución en el porcentaje de germinación conforme el deterioro de las semillas fue mayor. Asimismo, el porcentaje de germinación al segundo recuento fue superior en todos los casos, excepto en el testigo, donde los resultados fueron similares.

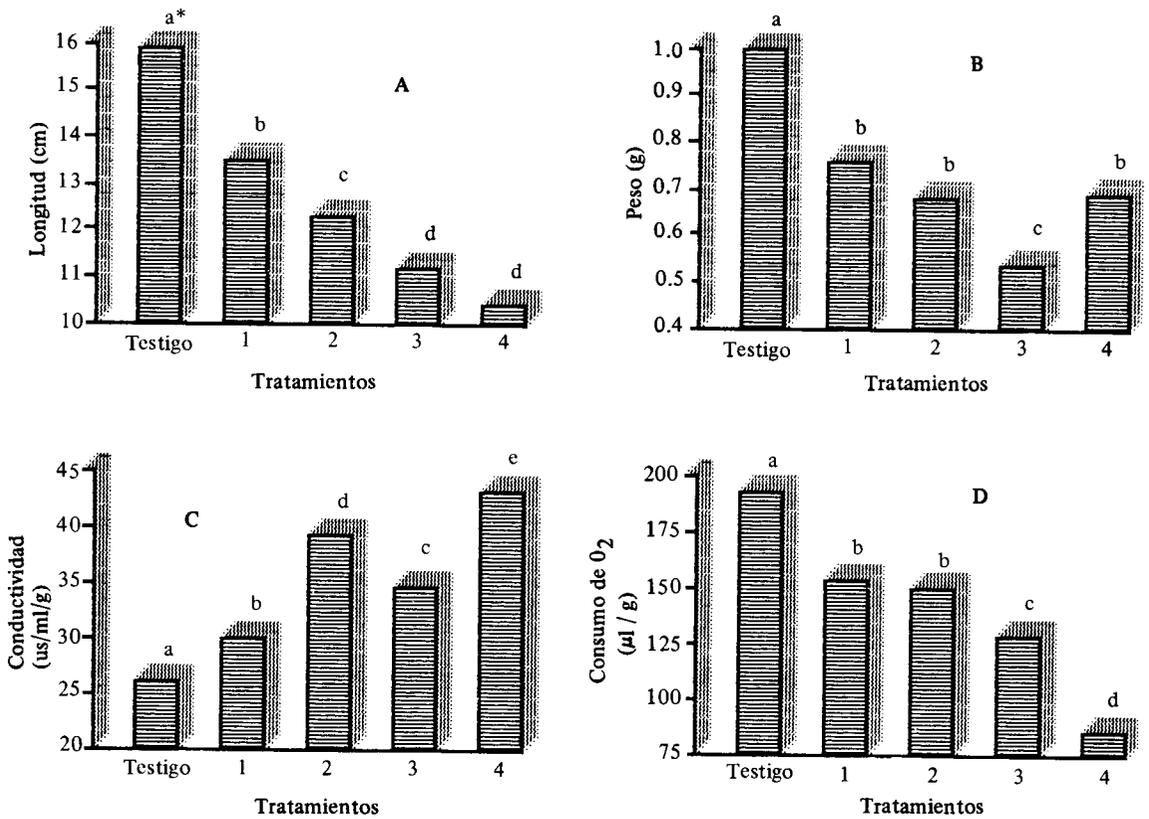


Fig. 2. Efecto del vigor de la semilla de soja sobre la longitud del hipocótilo (A), el peso seco de las plántulas (B), las lecturas de conductividad eléctrica (C) y la respiración (D).

* Letras diferentes entre barras indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$), según prueba de contrastes ortogonales.

Los tratamientos corresponden a mayor (1), y menor (4) grado de vigor.

Al evaluar la longitud del hipocótilo (Figura 2A) se determinó una notable reducción de la misma al disminuir el grado de vigor; de tal forma que en el tratamiento cuatro, sometido a mayor deterioro, la longitud fue un 35 % menor que la alcanzada por el testigo.

En la Figura 2B se aprecia una disminución en el peso seco de las plántulas conforme el grado de vigor de las semillas es menor, excepto en el tratamiento cuatro, en el que se obtuvo un peso seco superior al de los tratamientos dos y tres.

Los resultados de la prueba de conductividad eléctrica (Figura 2C) muestran una relación inversa entre el vigor y las lecturas de conductividad. En general, los valores aumentaron conforme el grado de deterioro en las semillas fue mayor, excepto

para el tratamiento tres cuya lectura fue inferior a la obtenida en el tratamiento dos. La diferencia entre los resultados obtenidos con el testigo y el tratamiento cuatro fue de un 58 %.

Como se observa en la Figura 2D hubo una reducción en la actividad respiratoria asociada con la disminución del vigor de las semillas. El consumo promedio de oxígeno en el testigo fue de $192,5 \mu\text{l/g}$, mientras que en el tratamiento cuatro fue de $87 \mu\text{l/g}$, lo que implica una actividad respiratoria 2,2 veces mayor en el testigo.

La prueba de contrastes ortogonales mostró que en general las pruebas de laboratorio fueron apropiadas para identificar los distintos grados de vigor.

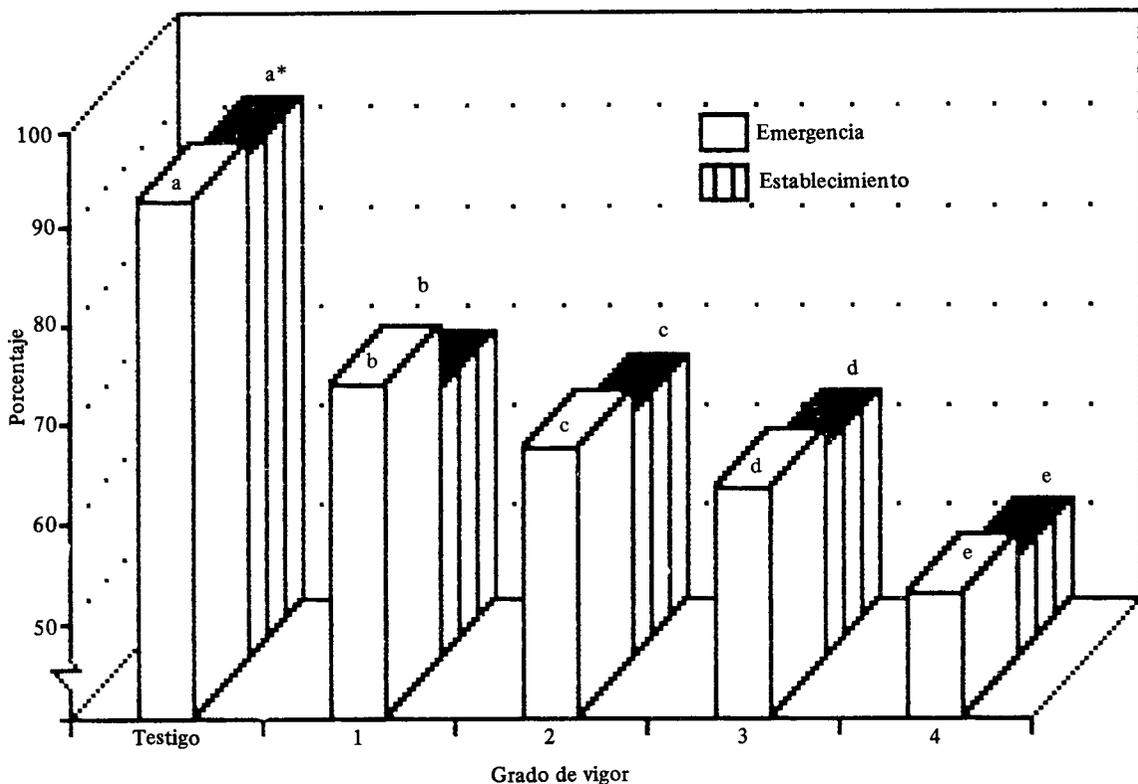


Fig. 3. Efecto del vigor de la semilla de soya sobre los porcentajes de emergencia y de establecimiento en el campo (9 y 21 días después de la siembra, respectivamente).

* Letras diferentes entre barras indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$), según prueba de contrastes ortogonales.

Los tratamientos corresponden a mayor (1) y menor (4) grado de vigor.

Evaluaciones de campo

Se presentaron diferencias significativas en los grados de vigor para todas las variables estudiadas. Del mismo modo, se encontró un efecto altamente significativo ($\alpha = 0,01$) en la interacción vigor por tiempo sobre la altura de las plantas. Esta interacción mostró que niveles altos de vigor coincidían con un mayor crecimiento de las plantas.

La Figura 3 muestra la emergencia de las plántulas a los nueve y 21 días después de la siembra. En ambos casos se presentó un comportamiento similar; aunque los valores obtenidos a los 21 días fueron ligeramente menores. El testigo se manifestó como el mejor tratamiento con valores de emergencia por encima del 90 %; el tratamiento cuatro exhibe cifras apenas superiores al 50 % de emergencia.

En lo que respecta al rendimiento (Figura 4), el testigo resultó superior a los demás tratamientos, cuyos resultados a su vez, no fueron diferentes entre sí.

Las curvas de regresión para la altura de las plantas (Figura 5) mostraron que el crecimiento de las plantas siguió un patrón de comportamiento similar y que el testigo siempre fue mayor que los demás tratamientos.

Las pruebas de laboratorio se correlacionaron significativamente con el vigor y con las evaluaciones de campo, excepto el peso seco con la altura de las plantas a los 44 y 64 días.

La prueba de contrastes ortogonales mostró que los resultados de las variables evaluadas en el campo están fuertemente influidos por el grado de vigor de las semillas.

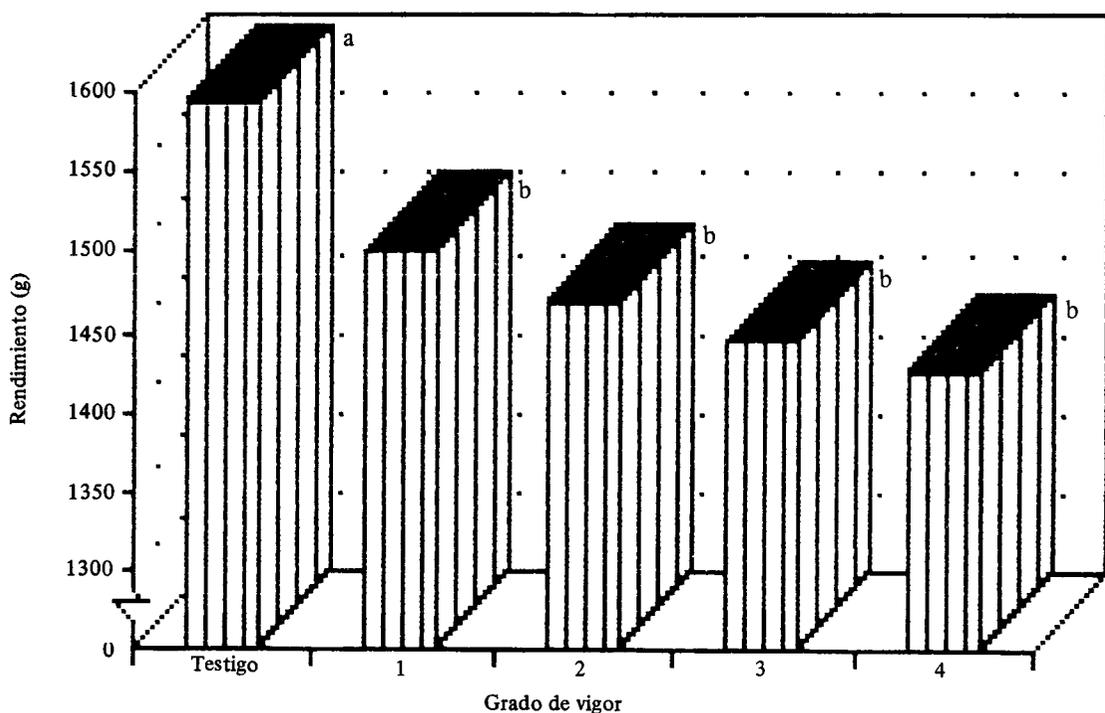


Fig. 4. Efecto del vigor de la semilla de soya sobre el rendimiento.

* Letras diferentes entre barras indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$), según prueba de contrastes ortogonales.

Los tratamientos corresponden a mayor (1) y menor (4) grado de vigor.

DISCUSION

Pruebas de laboratorio

A pesar de que las muestras de semilla que se emplearon no presentaban diferencias marcadas de germinación entre sí, las pruebas de laboratorio resultaron ser eficientes para detectar diferencias en el vigor de las semillas. Esto corrobora que la prueba de germinación no necesariamente da una idea real del vigor de la semilla, ya que todas las muestras tenían porcentajes de germinación superiores a 70 %, que las haría aptas para el mercadeo nacional.

Los resultados de las pruebas de germinación a los cinco y a los ocho días (Figura 1) muestran un patrón esperado de disminución conforme el envejecimiento al que se sometieron las muestras de semillas fue más prolongado. Los valores obtenidos en el segundo recuento fueron superiores a los del primer recuento debido a que las semillas

que aún no habían germinado a los cinco días contaron con el tiempo necesario para hacerlo después. Esta observación parece confirmar que el período de cinco días resulta suficiente para que la semilla de soya manifieste su potencial germinativo en relación con el vigor. Sin embargo, se debe ser cauto al considerar la utilidad de esta prueba como un índice de vigor, ya que está sujeta a algún grado de subjetividad por parte del analista.

Al igual, que en estudios realizados por otros autores (Alizaga, 1986; Miller y Dale, 1980), la longitud del hipocótilo (Figura 2A) se mostró como una prueba apropiada para determinar el vigor en las semillas; a pesar que las muestras no diferían notablemente en su porcentaje de germinación promedio, la prueba fue capaz de clasificar adecuadamente los diferentes tratamientos de acuerdo a su grado de vigor (Gill, 1969; Miller y Dale, 1980; Watson, 1973).

En contraposición, el peso seco (Figura 2B) no se presentó como un buen indicador del vigor

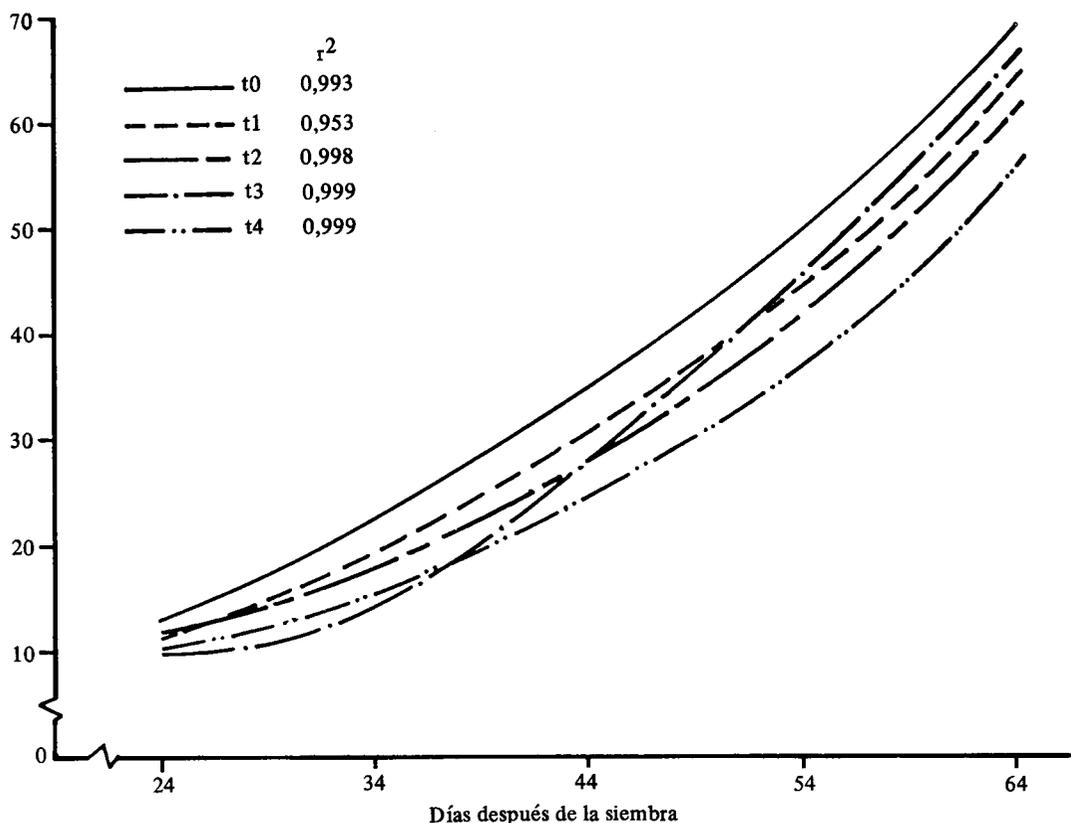


Fig. 5. Efecto del vigor de la semilla de soya sobre la altura de las plantas en condiciones de campo. Los tratamientos corresponden a testigo (t0), a mayor (t1) y a menor (t4) grado de vigor.

pues no fue capaz de diferenciar adecuadamente grados de vigor intermedios. Al respecto no existe consenso entre los diferentes autores en cuanto a la utilidad de esta prueba (Burris y Wahab, 1971; Wahab y Burris, 1971).

Los patrones de reducción observados en las pruebas de longitud del hipocótilo y del peso seco conforme el vigor se redujo pueden explicarse basándose en que las semillas más deterioradas son menos capaces de utilizar la energía almacenada en sus tejidos de reserva (Wahab y Burris, 1971); se presenta en ellas un daño en los mecanismos de producción energética y de biosíntesis (Delouche, 1969) y por ello un desarrollo más pobre del hipocótilo (Watson, 1973) y de otras partes de la plántula.

Al igual que en otros estudios la prueba de conductividad eléctrica se comportó en términos generales como un buen indicador del vigor (Brou-

wer y Mulder, 1982; Miller y Dale, 1980). Al deteriorarse las semillas ocurre una pérdida en el control de la permeabilidad y la ruptura de las membranas celulares (Anderson y Abdul-Baki, 1973; Delouche, 1969), lo cual provoca una difusión mayor de electrolitos a la solución acuosa conforme disminuye el vigor. Es importante señalar el valor práctico de esta prueba, debido a que es objetiva y sencilla de realizar y por ello sus resultados pueden ser fácilmente reproducibles.

La evaluación de la actividad respiratoria en las semillas se puede considerar como una prueba eficiente para clasificar semillas en relación con el vigor (Figura 2D), ya que separó los tratamientos y el testigo en grupos diferentes, mostrando una disminución en el consumo de oxígeno a medida que se redujo el vigor (Delouche, 1969; Sittiro-ung, 1970).

Evaluaciones en el campo

Se encontró un patrón similar entre la emergencia de las plántulas a los nueve y 21 días después de la siembra, debido a que la segunda depende en buena parte de la primera. La reducción en los valores obtenidos a los 21 días con respecto a los obtenidos a los nueve días puede deberse al efecto del ambiente, microorganismos e insectos sobre las plántulas. No parece haberse producido diferencia en la susceptibilidad de las plántulas al medio en relación con el vigor, pues las reducciones obtenidas en cada tratamiento entre ambos recuentos son similares para los distintos grados de vigor.

En relación con la altura de plantas (Figura 5) se observa en general un comportamiento de las curvas acorde al grado de vigor de cada tratamiento. Entre éstos, el testigo se manifestó como el mejor, debido a que la calidad fisiológica de la semilla no se hallaba lesionada en comparación con la semilla de los otros tratamientos.

Los resultados obtenidos en el rendimiento (Figura 4) no se presentan de acuerdo a lo esperado, ya que aunque el testigo resultó superior a los demás tratamientos, no se detectaron diferencias entre los demás grados de vigor; la razón es que aunque hubo un mayor número de plantas por metro, en los demás tratamientos posiblemente hubo un fuerte efecto de compensación, lo cual ocasiona un mayor desarrollo foliar. Otro aspecto que debe tomarse en cuenta es que la plantación se mantuvo bajo condiciones óptimas de nutrición, combate de plagas, enfermedades y malezas y con un buen suministro de agua.

A pesar de que en general las pruebas usadas en el laboratorio se presentaron como eficientes para clasificar las semillas en sus distintos grados de vigor, fue la germinación a los ocho días y la longitud del hipocótilo las pruebas que mejor lo hicieron, debido a que lograron asignar una categoría a cada muestra en el orden esperado. La longitud del hipocótilo podría ser una de las más convenientes, debido a que no solo es una prueba sencilla y objetiva, sino que, en general, se obtuvieron los valores de correlación más altos. Las pruebas de conductividad eléctrica y de respiración aunque están exentas de subjetividad, requieren de equipo y personal especializado, lo que dificulta un tanto su utilización.

En general, los índices de vigor utilizados en el laboratorio no solo mostraron ser de utilidad

para clasificar lotes de semillas, sino que permiten predecir en alguna medida el desempeño de las mismas en el campo, ya que la emergencia y establecimiento de plántulas, así como la altura de las plantas variaron proporcionalmente con la calidad de las semillas.

RESUMEN

Se evaluó la relación entre diferentes pruebas de vigor con la emergencia, el desarrollo de las plantas en el campo y la producción de semilla de soya. Semilla con un 16 % de humedad se envejeció colocándola a 30° C por diferentes períodos. Se obtuvieron cinco grados diferentes de vigor, todos con porcentaje de germinación superiores a 70 %.

En el laboratorio se realizaron evaluaciones del porcentaje de germinación 5 y 8 días después de la siembra, longitud del hipocótilo, peso seco de plántulas, conductividad eléctrica y respiración de la semilla. Se encontró que todos los índices utilizados correlacionaron significativamente con el vigor.

En el campo, la emergencia de las plantas (9 y 21 días después de la siembra) mostró una reducción significativa conforme se reduce el vigor de la semilla. En la altura de las plantas se detectó un patrón definido en que la altura es menor conforme disminuye el vigor. Diferencias significativas se encontraron en el rendimiento entre la semilla no envejecida (testigo) y los demás grados de vigor. Un fuerte efecto de compensación puede ser la causa de que las diferencias en producción no fueran mayores.

LITERATURA CITADA

- ALIZAGA, L.R. 1986. Efecto de la temperatura de secado y del contenido de humedad durante el almacenamiento sobre la calidad de la semilla de frijol. *Agronomía Costarricense* 9(2):165-170.
- ANDERSON, J.D.; ABDUL-BAKI, A.A. 1973. Vigor determination in soybean by multiple criteria. *Crop Science* 13(6):630-633.
- AUSTIN, R.B; LONGDEN, P.C. 1967. Some effect of seed size and maturity on the yield of carrot crops. *Journal of Horticultural Science* 42:339-353.
- BROUWER, H.M.; MULDER, J.C. 1982. Reduced steeping time for the conductivity vigor test of *Phaseolus vulgaris* L. seed. *Journal of Seed Technology* 7(1):84-96.

- BURRIS, J.S.; WAHAB, A.H. 1971. Physiological and chemical differences in low and high quality soybean seeds. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 61:58-67.
- CAMARGO, C.P. 1981. Effect of seed vigor upon field performance and yield of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). M.Sc. Thesis. Mississippi State University. 72 p.
- CHEN, C.C.; ANDREWS, C.H.; BASKIN, C.C.; DELOUCHE, J.C. 1972. Influence of quality of seeds on growth development and productivity of some horticultural crops. Proceeding of International Seed Testing Association 37(3):923-939.
- DELOUCHE, J.C. 1969. Planting seed quality. Proceeding Beltwide Cotton Producers Conference. New Orleans. p.16-18.
- GILL, N.S. 1969. Deterioration of seed corn during storage. Ph.D. Thesis. Mississippi State University. 199 p.
- HEYDECKER, W. 1972. Vigor. In Viability of seeds. Ed. by E. Roberts. New York, Syracuse University Press. p. 209-252.
- HUGHES, P.A.; SANTED, R.S. 1975. Effect of temperature, relative humidity and light on the color of California light red kidney beans seed during storage. Horticultural Science 10(4):421-423.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1966. International rules for seed testing. Proceeding of the International Seed Testing Association 31(1):1-52.
- MILLER, B.Mc.; DALE, O.W. 1980. ASA-610 ability to detect changes in soybean quality. Journal of Seed Technology 5(1):56-66.
- PERRY, D.A. 1972. Seed vigour and field establishment. Horticultural Abstract 42:234-342.
- PERRY, D.A. 1981. Handbook of vigour test methods. Zurich. International Seed Testing Association. 72 p.
- POPINIGIS, F. 1973. Effect of the physiological quality of seed of field performance of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) as affected by population density. Ph.D. Thesis. Mississippi State University. 83 p.
- POPINIGIS, F. 1977. Fisiologia de sementes. Brasilia. AGIPLAN. 289 p.
- SITTISROUNG, P. 1970. Deterioration of rice (*Oryza sativa* L.) seed in storage and its influence on field performance. Ph.D. Thesis. Mississippi State University. 91 p.
- WAHAB, A.H.; BURRIS, J.S. 1971. Physiological and chemical differences in low and high quality soybean seeds. Proceeding of the Association of Official Seed Analysts 61:58-57.
- WATSON, E.C. 1973. Effect of seed deterioration on performance and yield of corn (*Zea mays* L.) Ph.D. Thesis. Mississippi State University. 60 p.