

GERMINACION Y VIGOR DE SEMILLAS DE SOJA DEL GRUPO DE MADURACION III COSECHADAS BAJO DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS¹

GERMÁN BAUER²; ELISABET WEILENMANN DE TAU³; ANNA PERETTI⁴; GLORIA MONTEERRUBIANES⁵

RESUMEN - Las semillas de soja muestran una alta sensibilidad a las condiciones climáticas y al manejo durante y después de la cosecha. En el ciclo agrícola 1997/1998 el fenómeno de “El Niño” produjo copiosas lluvias, afectando la calidad de las semillas. La finalidad de este trabajo fue estudiar el comportamiento germinativo diferencial entre semilla de soja cosechada a término y semilla sometida a deterioración a campo (por humedad) y la posible existencia de variabilidad genética, para ese parámetro, en la semilla de soja deteriorada. Se utilizaron veinte variedades pertenecientes al Grupo de Maduración III. De cada variedad se procesaron dos lotes: semilla cosechada a término, bajo condiciones agro climáticas favorables (“buena”) y semilla deteriorada por condiciones agro climáticas desfavorables durante el retraso de su cosecha (“mala”). Se realizaron ensayos de germinación, Tetrazolio y conductividad eléctrica para análisis de viabilidad y de vigor y emergencia a campo. En las semillas “buenas” la germinación alcanzó los valores más altos, entre 70% y 80%. Sólo en el 55% de los lotes, el vigor varió entre 32 y 67% y la emergencia a campo entre 31% y 61%. La prueba de vigor por Tetrazolio fue la que mejor evaluó la implantación a campo. Hubo correlación significativa entre todas las pruebas. Los lotes “malos” presentaron germinación muy baja, entre 0 y 27%. No se detectó variabilidad en la respuesta germinativa de las diferentes variedades a condiciones de cosecha desfavorables.

Palabras clave: semillas, soja, germinación, viabilidad, vigor.

GERMINATION AND VIGOR OF SOYBEAN SEED MATURITY GROUP III HARVESTED UNDER DIFFERENT CLIMATIC CONDITIONS

ABSTRACT - Soybean seeds show high sensitivity to climatic conditions and to management before and during harvesting. In the crop season 1997/1998, the “El Niño” phenomenon produced copious rains causing seed damage. The aim of this study was to evaluate the differential germination response between soybean seeds harvested on time and seeds submitted to weathering, and to verify the possible existence of genetic variability in germination of deteriorated seeds. Twenty varieties belonging to Maturation Group III were studied. From each variety, two seed lots were processed: seed harvested on time, under favorable agro climatic conditions (“good”), and seed deteriorated by a long permanence in the field before harvesting (“bad”). The germination, Tetrazolium tests and conductivity for viability and vigor analysis, and a field emergence test were carried out. In “good” seed lots, germination attained the highest values (between 70 and 80%) only in 55% of varieties and vigor ranged between 32% and 67% and seedling emergence between 31% and 49%. Vigor by the Tetrazolium test showed the best relationship with field emergence. There was significant correlation among all tests. “Bad” seed lots presented very low germination (2-27%). No variability was detected in the germination behavior of different varieties in relation to unfavorable harvest conditions.

Index terms: seed, soybean, germination, viability, vigor.

¹ Aceito para publicação em 19/11/2003.

² Ingeniero Agrónomo, Unidad Integrada Balcarce, Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP)-EEA INTA; RN 226, km 72,5, (7620) Balcarce, Argentina.

³ Ingeniera Agrónoma, PhD., CONICET.-INTA, Unidad Integrada Balcarce; email: etau@balcarce.inta.gov.ar

⁴ Licenciada en Biología, Maitrise, Profesora Titular, Unidad Integrada Balcarce.

⁵ Licenciada en Matemática. Profesora Adjunta, Unidad Integrada Balcarce

INTRODUCCIÓN

Las semillas “almacenadas” en la planta antes de la cosecha están sujetas a la influencia de distintos factores ambientales tales como alta humedad, lluvia, alta temperatura, radiaciones solares ultravioletas, infección fúngica, daños por insecto, que afectan en alguna medida su calidad (Harrington, 1972). La semilla de soja se deteriora más rápidamente que la de otros cultivos (Priestley et al., 1985). Un factor que contribuye a ello es la presencia de una capa seminal altamente permeable, a través de la cual la semilla absorbe fácilmente la humedad, que la hace más susceptible a la deterioración a campo (Tekrony et al., 1980). Según Powell (1988), la pérdida de la viabilidad de la semilla es el resultado de los complejos procesos de deterioro que pueden ocurrir en pre y poscosecha. La utilización de semilla de alta calidad representa uno de los principales factores que determinan el éxito de la implantación de los cultivos. Las pruebas de semillas más requeridas informan sobre la viabilidad y la germinación en laboratorio, sin embargo, el propósito último de la mayoría de las pruebas de calidad debería ser estimar la capacidad de implantación a campo. En este sentido, los ensayos de vigor permiten identificar posibles diferencias en la calidad fisiológica de las semillas con poder germinativo similar, y obtener una evaluación ajustada del desempeño a campo, bajo condiciones variables (Vieira et al., 1999a). Muchos investigadores han registrado coeficientes de correlación significativos entre las mediciones de germinación, vigor y emergencia a campo en soja, pero también han registrado, a veces, inconsistencias y dificultades en la predicción de la emergencia a campo en diferentes años de experimentación (TeKrony & Egli, 1977; Johnson & Wax, 1978; Yaklich & Kulik, 1979; Yaklich et al., 1979; Kulik & Yalich, 1982; Oliveira et al., 1984). Ferris & Baker (1990) encontraron que los resultados de las pruebas de vigor que predicen la emergencia de soja pueden variar con las condiciones de la cama de siembra. Egli & TeKrony (1995) mostraron que la relación entre las pruebas de laboratorio y el comportamiento a campo es compleja, y que la capacidad de los ensayos de laboratorio para estimar la emergencia a campo es variable y estrechamente dependiente de las condiciones ambientales. Vieira et al. (1999b) detectaron correlaciones significativas entre germinación, vigor y emergencia a campo, registrando además que el grado de asociación entre esos parámetros puede variar, en tér-

minos de cultivar o de año, según las condiciones ambientales. En el ciclo agrícola 1997/1998 el fenómeno de “El Niño” produjo en el Sudeste bonaerense copiosas lluvias que afectaron la producción y la calidad de las semillas. Por este motivo el valor mínimo de poder germinativo para la semilla comercializada fue disminuido oficialmente de 80% a 70% (ARGENTINA, 1998).

El objetivo del trabajo fue evaluar la germinación y el vigor de semillas de soja de cultivares del Grupo de Maduración III, cosechadas a término y sometidas a deterioración en campo, y verificar la existencia de variabilidad genética en la capacidad germinativa de dichas semillas.

MATERIALES Y METODOS

Se evaluó la semilla de 20 cultivares de soja pertenecientes al Grupo de Maduración III, adaptados a las áreas ecológicas del Sudeste de la provincia de Buenos Aires. Las variedades usadas en los ensayos se presentan en la Tabla 1. Las semillas utilizadas se cosecharon en dos fechas: el 3 de mayo de 1997, la semilla “buena” (B), y el 26 de junio de

TABLA 1. Variedades de soja del Grupo de Maduración III utilizadas.

Variedad	Criadero
ALBOR 36	Buck
ASGROW 2943	Nidera
ASGROW 3205	Nidera
ASGROW 3910	Nidera
CAMINERA 32	Brett
CARMEN	INTA
COLFAX	UNL (EEUU)
COLORADA 37	Brett
DON EDUARDO 375	Morgan
DUNBAR	UNL (EEUU)
FILLMORE	UNL (EEUU)
FULGOR 33	Buck
ICI 310	Brett
LANCASTER	UNL (EEUU)
LEB 32-89	Línea Experimental de Bordenave (INTA)
LEB 81-4590	Línea Experimental de Bordenave (INTA)
LEB 89-85	Línea Experimental de Bordenave (INTA)
ODELL	UNL (EEUU)
TS 321	Trébol Sur
WILLIAMS	Purdue University (EEUU)

1997, la semilla “mala” (M), denominada así por el deterioro sufrido en el campo. Durante ese periodo la cantidad total de lluvia caída fue de 131,0 mm, la humedad relativa media fue del 87,7% y la temperatura media de 12,1°C. La semilla, con una humedad de alrededor de 13% fue conservada en cámara a 4°C, desde su cosecha hasta su utilización para los diferentes ensayos. En el caso de la semilla “mala” no fue posible disponer, en alguna de las pruebas, de todos los genotipos antes mencionados.

Los ensayos realizados fueron los siguientes: **ensayo de germinación (EG)** - en arena esterilizada, pH 6.5, pasada por un tamiz de luz malla de 0,8 mm, a 22° C, durante ocho días, con alternancia de ocho horas de luz y 16 horas de oscuridad (ISTA, 1996). Se sembraron cuatro repeticiones de cien semillas por cada cultivar y se registró el porcentaje de plántulas normales (**G**); **ensayo topográfico al Tetrazolio (TZ)** - tinción de las semillas con solución de cloruro de 2,3,5 Trifenil Tetrazolio al 0,05 %. Se realizaron cuatro repeticiones de cincuenta semillas, por cultivar. Se evaluaron viabilidad (**VTZ**) y vigor (**VigTZ**) (França Neto et al., 1998); **ensayo de conductividad (CO)** - por medio del Analizador Automático individual de Semillas SAD-2007 de la Empresa Consultar. Para el embebido de las semillas, en cada celda se colocaron 8 ml de agua deionizada, con una conductividad menor a 2 mSiemens/cm. Las bandejas fueron mantenidas a 22°C, durante 19 horas. Se analizaron cien semillas por cultivar. Los resultados se expresaron en porcentajes de semillas por debajo de los valores de corte 160 μ Siemens/cm para viabilidad (**VCO**) y de 125 μ Siemens/cm para vigor (**VigCO**), para cada lote y tiempo de evaluación. Se eligieron estos valores de corte pues, en ensayos preliminares de conductividad en soja, resultaron ser válidos para discriminar las variedades de buena calidad adaptadas a la zona; **emergencia a campo (ECA)** - la siembra se realizó el 5 /12/1997, en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Balcarce, sobre un suelo Argiudol típico, de aptitud agrícola. Se llevaron a cabo dos ensayos, en dos bloques completos aleatorizados, uno para la semilla “buena” y otro para la semilla “mala”. Para el caso de la semilla “buena” se utilizaron cien semillas por repetición y para la semilla “mala” cincuenta semillas por repetición. La longitud de los surcos fue de 2 m y la distancia entre los mismos de 70 cm. Las lecturas se efectuaron a los cinco, siete, diez y trece días desde la siembra, registrándose el número de plántulas normales emergidas (**ECA**).

Las variables observadas en cada ensayo (**G**, **VTZ**, **VigTZ**, **VCO**, **VigCO**, **ECA**), fueron analizadas individualmente mediante análisis de la varianza y pruebas de

comparaciones múltiples (mínima diferencia significativa), con un nivel de significación de 0,05 (Steel & Torrie, 1988). También se realizó un análisis de correlación lineal entre **ECA** y **G**, y entre éstas y las demás variables (Steel & Torrie, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

La demora en la cosecha causó deterioro de la calidad de las semillas. Las semillas sometidas a deterioración a campo o “weathering” en ningún caso superaron el umbral del poder germinativo establecido oficialmente para la comercialización (70%). Resultados semejantes fueron encontrados por Tyagi (1992), Sidibe et al.(1999) y por Lazarini et al. (2001), quienes registraron el efecto adverso de la exposición al deterioro en campo, sobre la calidad de las semillas.

En la Figura 1 se consignan los porcentajes promedios de plántulas normales registrados en el ensayo de germinación y a campo, y los porcentajes de semillas viables según los análisis de Tetrazolio y de conductividad, para lotes de semillas “buenas”. Se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre variedades, excepto para el ensayo de conductividad ($p > 0,05$). La calidad de los lotes “buenos” no fue la esperada, ya que solamente el 65% de las variedades presentó un $G \geq 70\%$. Las variedades LEB 32-89 y TS 321 pusieron de manifiesto el **G** más alto (92% y 91% respectivamente). El **G** promedio mínimo observado correspondió a ALBOR 36 y WILLIAMS (64%), aunque sin diferir significativamente de otros cultivares. Según el análisis por Tetrazolio, el 50% de los lotes reveló una **VTZ** $\geq 70\%$; TS 321 mostró la **VTZ** máxima (88%), sin diferencias significativas con LANCASTER, DON EDUARDO 375 Y LEB 32-89. Por la prueba de conductividad el 40% de los lotes presentó una **VCO** $\geq 70\%$. La emergencia a campo varió del 31 al 61%. La variedad TS 321 presentó la mejor **ECA** (61%), difiriendo significativamente con las demás. En los lotes de semilla “mala” se registraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre variedades, excepto para **CO**. Esos lotes (Figura 2) presentaron muy bajo **G** (0-18%), y menor emergencia (0-13%). Se registraron colonias de hongos, particularmente *Fusarium* sp., en muchos de ellos. COLORADA 37 presentó el **G** promedio máximo (18%), no difiriendo significativamente con FULGOR 33, que presentó la mayor **VTZ** (36%) y la mayor **VCO** (63%). Ningún lote “malo” conservó un poder germinativo similar al del lote “bueno”, ni relativamente alto. En la Figura 3 se muestran los datos de vigor por Tetrazolio y por conductividad, y los de

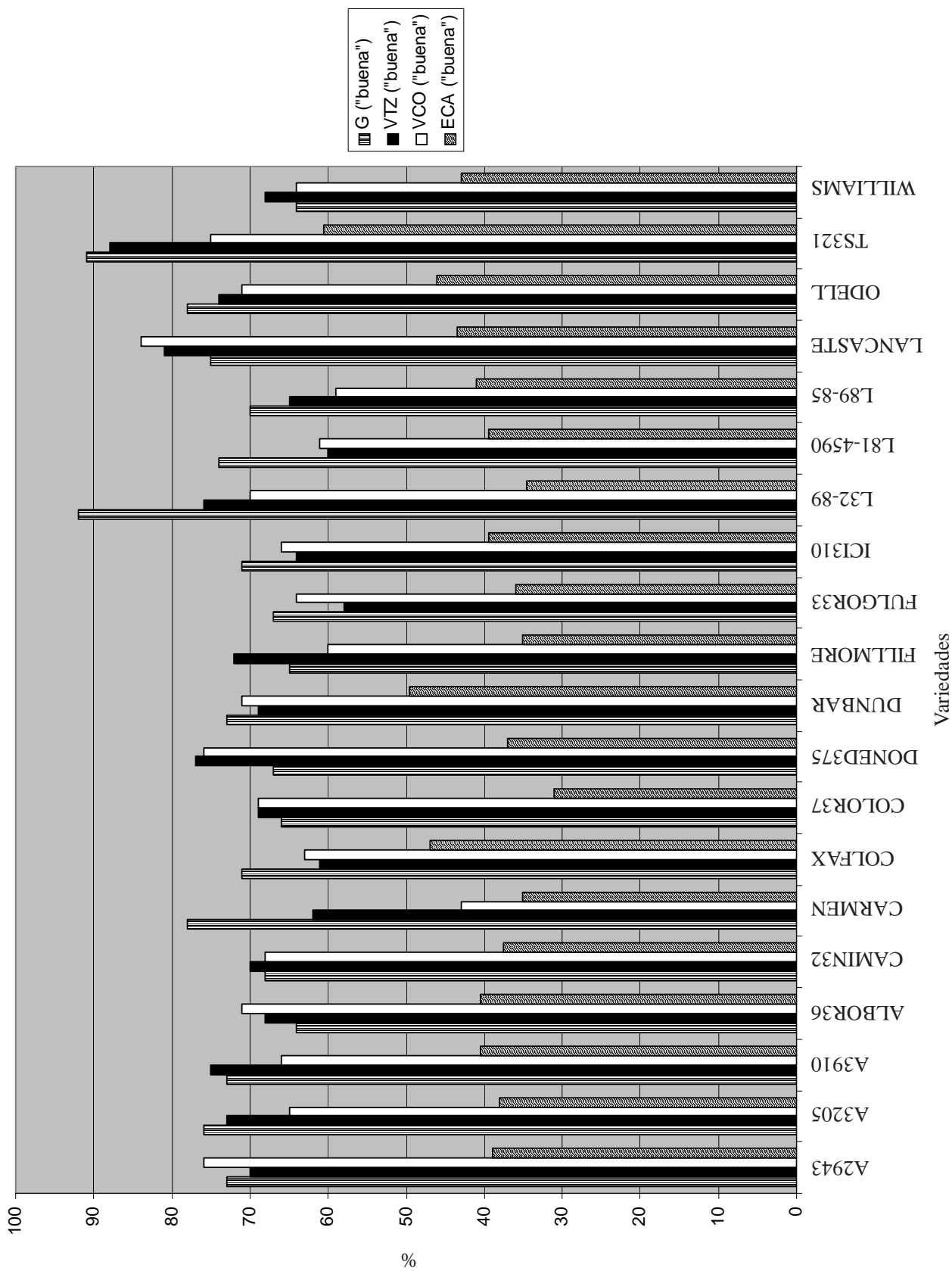


Fig. 1. Ensayo de germinación (G), Viabilidad por Tetrazolol (VTZ), Viabilidad por Conductividad (VCO) y Emergencia a Campo (ECA) para semilla "buena" (%).

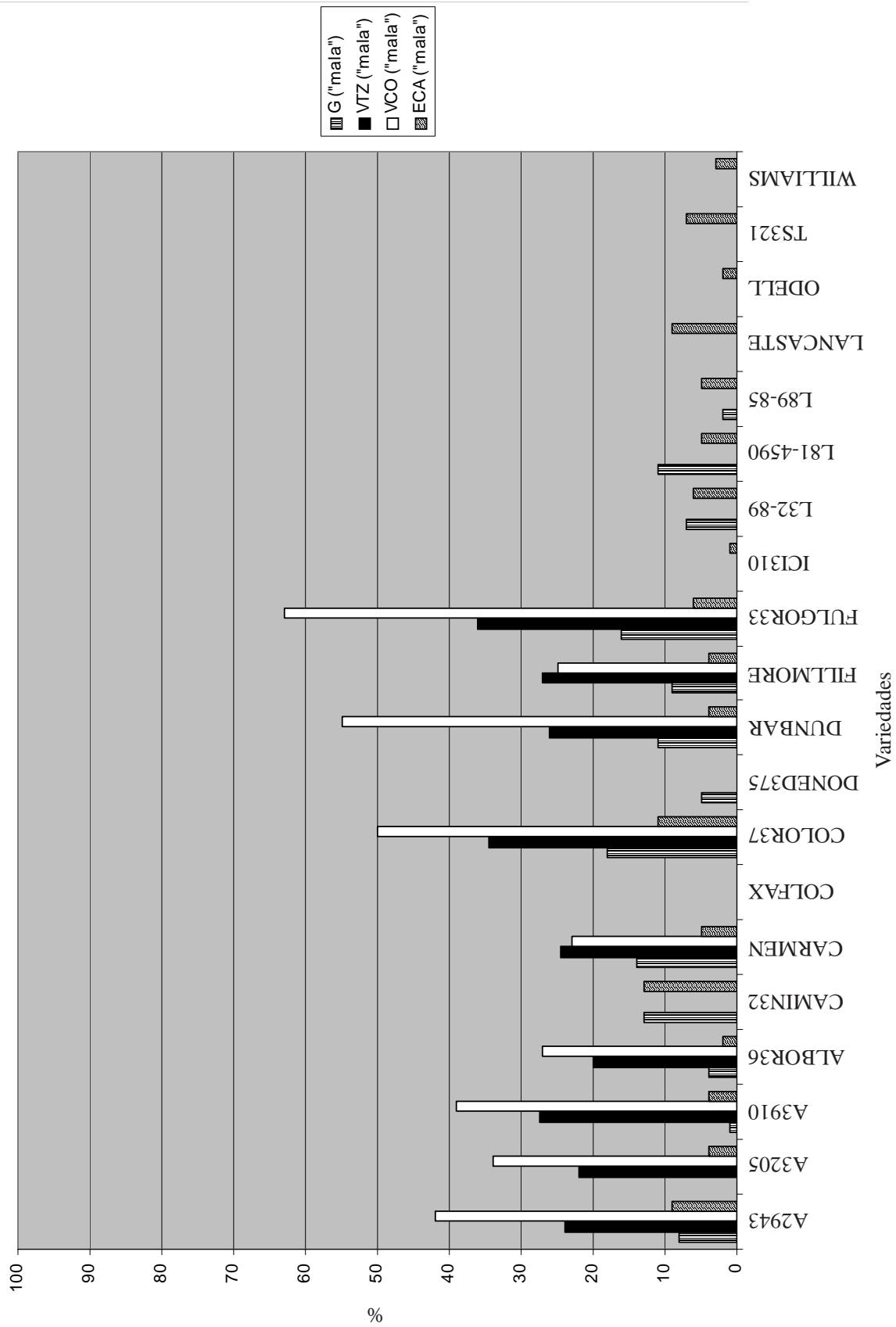


Figura 2: Ensayo de Germinación (G), Viabilidad por Tetratzolio (VTZ), Viabilidad por Conductividad (VCO) y Emergencia a Campo (ECA) para semilla "mala" (%).

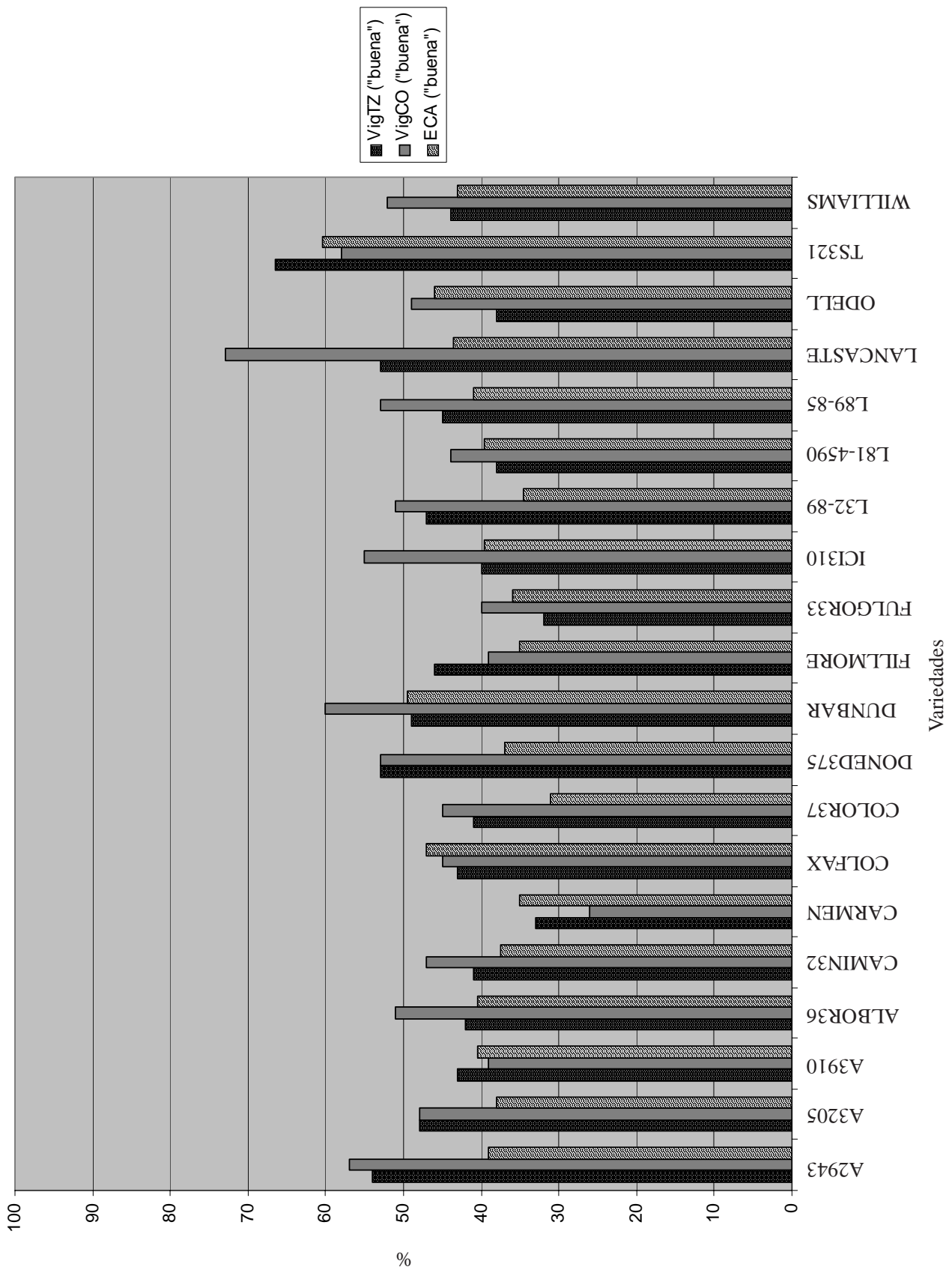


FIG. 3. Vigor por Tetrazolio (VigTZ), Vigor por Conductividad (VigCO) y Emergencia a campo (ECA) para semilla "buena" (%).

emergencia a campo para lotes “buenos”. El promedio para vigor fue de 44,9% según TZ, 49,0 % según CO, y 40,9% fue el promedio de la ECA. El cultivar TS 321 manifestó mayor vigor (VigTZ=67%) difiriendo significativamente con las demás variedades. En el ensayo de vigor por conductividad no se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre variedades. En la Figura 4 constan los datos de vigor y campo para los lotes “malos”. No se observaron diferencias significativas ($p>0,05$) entre variedades, en ninguno de los ensayos. El vigor más alto fue de 24% para TZ y de 53% para CO, valores muy superiores a la emergencia máxima (13%). Todos los cultivares respondieron con una reducción de la emergencia frente a las condiciones climáticas extremadamente adversas.

Los resultados anteriores pusieron de manifiesto un comportamiento diferencial entre genotipos según el estado de la semilla, para las variables G, ECA, VTZ y VigTZ (interacción significativa entre variedades y estado de la semilla, $p<0,05$).

El análisis de correlación entre todas las variables mostró que, en semillas “buenas”, existió correlación lineal significativa ($p<0,05$). Los coeficientes de correlación (r) más altos fueron registrados entre los datos de conductividad entre sí ($r=0,89$) y de Tetrazolio entre sí ($r=0,81$). ECA obtuvo el mayor coeficiente de correlación con G ($r=0,56$), similar al obtenido con VTZ ($r=0,53$) y con VigTZ ($r=0,51$). Los índices más bajos fueron obtenidos con conductividad, VigCO ($r=0,48$) y VCO ($r=0,44$). En semillas “malas”, G mostró correlación significativa ($p<0,05$) con las demás variables: con VigTZ presentó la mejor correlación ($r=0,59$), siguiendo con ECA ($r=0,50$), VTZ ($r=0,48$), VigCO ($r=0,44$) y VCO ($r=0,37$). La ECA correlacionó significativamente, además de con G, con VTZ y con VigTZ, mostrando con esta última la más alta asociación lineal ($r=0,64$). ECA no correlacionó significativamente ($p>0,05$) con la conductividad (VCO y VigCO).

Comparando los resultados de los ensayos entre sí, se observó que las pruebas de TZ y de CO sobrevaloraron la ECA y muy especialmente en el caso de la semilla “mala”, para la cual, esas mismas pruebas, sobrestimaron también notablemente el G. Rego Barros & Marcos-Filho (1990) encontraron que la prueba de Tetrazolio tiende a sobreestimar la viabilidad de las semillas con mayor grado de deterioro. França Neto et al. (1986) sugirieron que diferencias del 5% entre las pruebas de Tetrazolio y de germinación pueden ser consideradas normales en semilla de soja, y que diferencias superiores pueden tener por causa, entre otras, la incidencia

de microorganismos durante el test de germinación, como se observó en este trabajo.

La emergencia a campo fue menor que la germinación en el laboratorio. En este trabajo, al igual que lo encontrado por Krzyzanowski et al. (1991), los valores de laboratorio que más se asemejaron a la ECA fueron los de VigTZ. Egli y TeKrony (1995) concluyeron que las pruebas de vigor predicen mejor el desempeño a campo que los de germinación cuando las condiciones de la cama de siembra no son las ideales, y que cuando esas condiciones se deterioran demasiado, ninguna prueba puede predecir la emergencia de manera confiable. La prueba de conductividad eléctrica arrojó valores más altos de viabilidad y de vigor que la prueba de Tetrazolio. Estos resultados coinciden con los obtenidos por McDonald & Wilson (1979), quienes encontraron que la prueba de conductividad no permitió una evaluación confiable de lotes de semilla de soja de calidad intermedia. Por otra parte, Steere et al. (1981) afirmaron que la predicción de la germinación a través del ensayo de conductividad tiende a ser menor en lotes de semilla que presentan valores de germinación \leq al 75%, como ocurrió en el presente trabajo. Hepburn et al. (1984) concluyeron que cualquier punto de partición elegido como base para predecir la germinación no debería ser considerado como un límite absoluto entre semillas viables y no viables. Vieira et al. (1999 b) detectaron que la precisión en la evaluación del desempeño a campo, para condiciones ambientales cambiantes, implica valores de corte diferentes altamente dependientes de la emergencia mínima requerida. Hammann et al. (2001) concluyeron que la prueba de conductividad aplicada a semillas individuales no estimó con precisión el comportamiento de la semilla en el campo. Los resultados del presente estudio, en referencia a esta prueba, sugieren la necesidad de producir ajustes metodológicos, ya sea en el protocolo experimental, o en la interpretación de la liberación de los electrolitos y/o la utilización de valores de corte diferenciales, según la historia de los lotes. Las pruebas de vigor informan sobre el grado de deterioro experimentado por la semilla luego de alcanzar su madurez fisiológica. Debido a que el concepto de vigor es amplio, pues implica muchas variables que concurren a su definición, es importante enfatizar la conveniencia de analizar a las mismas según las pruebas correspondientes. Los ensayos utilizados en el presente trabajo pusieron en evidencia la integridad de las membranas celulares (conductividad) y la topografía de las células vivas del embrión (Tetrazolio). Para estimar con la mayor precisión posible la calidad de un lote y su emergencia

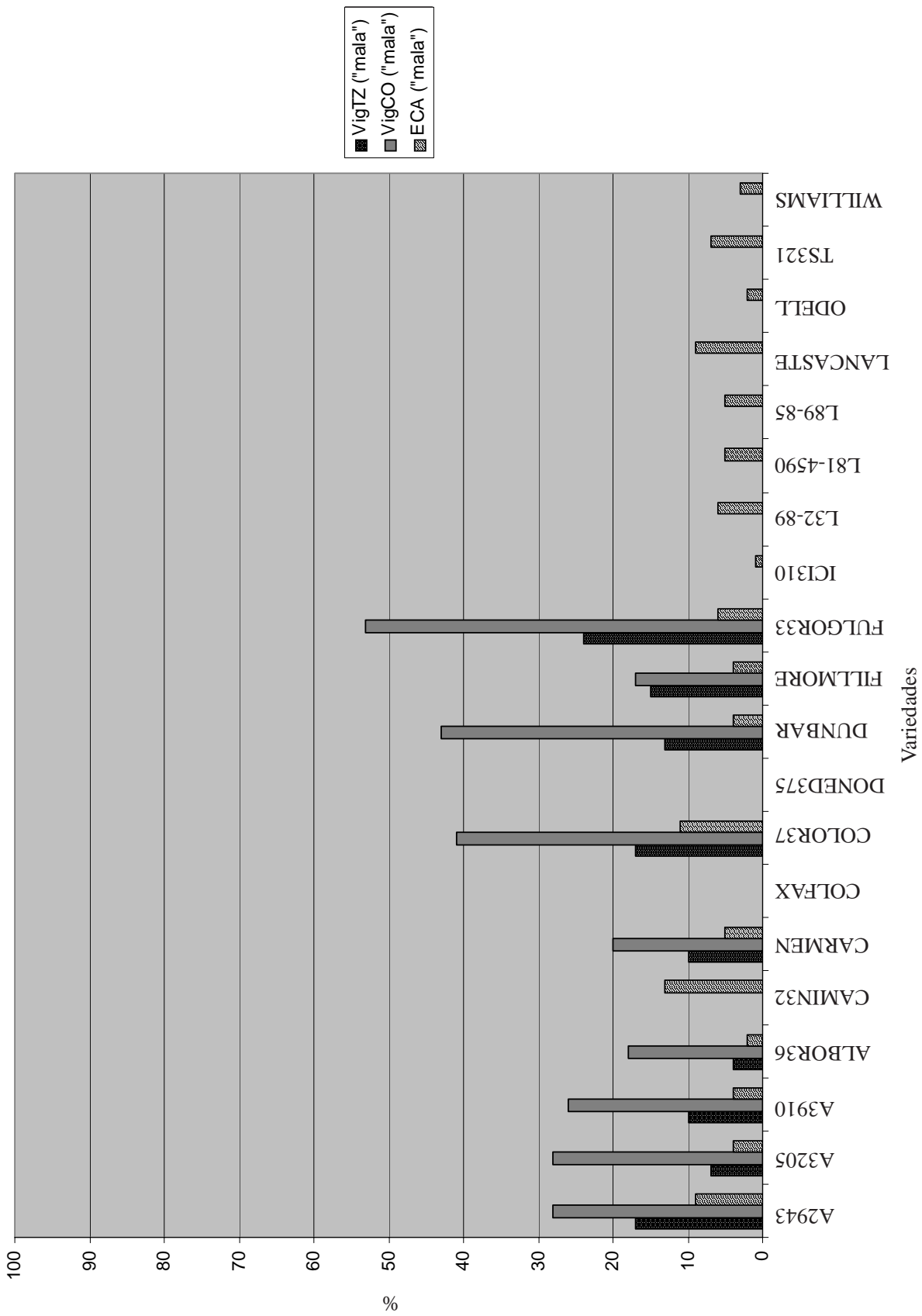


Figura 4: Vigor por Tetrazolio (VigTZ), Vigor por Conductividad (VigCO) y Emergencia a campo (ECA) para semilla "mala" (%)

a campo es necesario disponer de los datos complementarios del mayor número posible de ensayos de vigor.

CONCLUSIONES

Los resultados de este trabajo permiten concluir que:

El atraso de la cosecha afectó negativamente la calidad fisiológica de la semilla.

Todas las pruebas ensayadas sobrevaloraron la emergencia a campo. La prueba de vigor por Tetrazolio fue la que mejor predijo el desempeño de la semilla en el campo.

Todas las variedades sometidas a deterioración a campo extremadamente prolongado y severo causado por el fenómeno de "El Niño", manifestaron muy baja emergencia, no detectándose variabilidad genética en su capacidad germinativa.

REFERENCIAS

- ARGENTINA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Semillas. Resoluciones 1998. Resolución 189-98. Buenos Aires. 2p.
- EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M. Soybean seed germination, vigor and field emergence. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.23, n.3, p.595-607, 1995.
- FERRIS, R.S.; BAKER, J.M. Relationship between soybean seed quality and performance in soil. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.18, n.1, p.51-73, 1990.
- FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, L.A.G.; COSTA, N.P. DA. Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja.(versão preliminar). Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 1986.71p.
- FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. DA. **The tetrazolium test for soybean seeds**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO. 1998.71p.
- HAMMAN, B.H.; HALMAJAN, H.; EGLI D.B. Single seed conductivity and seedling emergence in soybean. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.29, n.3, p.575-586, 2001.
- HARRINGTON, J.F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.). **Physiological Ecology. A series of Monographs, Texts, and Treatises**. Academy Press New York & London, 1972. V3, p.145-245.
- HEPBURN, H.A.; POWELL, A.A.; MATTHEWS, S. Problems associated with the routine applications of electrical conductivity measurements of individual seeds in the germination testing of peas and soybeans. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.12, n.2, p.403-413, 1984.
- ISTA-INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. International rules for seed testing. Rules1996. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.24, Supplement, p.335, 1996.
- JOHNSON, R.R.; WAX, L.M. Relationship of soybean germination and vigor tests to field performance. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n. 2, p. 273-278, 1978.
- KULICK, M.M.; YAKLICH, R.W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold test, sand bench and speed of germination tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v.22, n.6, p.766-770, 1982.
- KRZYZANOWSKI, F.C; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A.; COSTA, N.P. Relato dos testes de vigor disponíveis para as grandes culturas. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.
- LAZARINI, E.; SÁ, M.E.; CARVALHO, G.R. Efeito da época de sementeira e de colheita na produção e qualidade fisiológica de sementes de diferentes variedades de soja. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 12, Curitiba, 16/20 set. 2001. **Informativo ABRATES**. Curitiba: Abrates 2001. v.11, n.2, p.95.
- MCDONALD, M.B.; WILSON, D.O. An assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict soybean germination. **Journal of Seed Technology**, Lansing, v.4, n.1, p.1-11, 1979.
- OLIVEIRA, M. de A.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of the split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.12, n.2, p. 659-668, 1984.
- POWELL, A.A. Seed vigor and field establishment. **Advances in Research and Technology seeds**, Wageningen, v.11, n. 1, p.29-61, 1988.
- PRIESTLEY, D.A.; CULLINAN, V.I.; WOLFE, J. Differences in seed longevity at the species level. **Plant cells and Environment**, Leicester, v.8, n. 3, p. 557-562,1985.
- REGO BARROS, A.S. DO; MARCOS-FILHO, J. Testes para avaliação rápida da viabilidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.10, p.1447-1459, 1990.
- SIDIBE, A.; WATSON, C.E.; CABRERA, E.R.; KEITH, B.C. Bulletin of Mississippi Agricultural and Forestry Experimental Station, Mississippi, n. 1084, p.10, 1999.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Bioestadística. Principios y Procedimientos**. México D. F.: Mc GRAW HILL, 1988, 622p.
- STEERE, W.C.; LEVENGOOD, W.C.; BONDIE, J.M. An electronic analyser for evaluating seed germination and vigour. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.2, p. 567-576, 1981.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Science**, Madison, v.17, n.4, p. 543-547,1977.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; PHILLIPS, A.D. Effect of field weathering on the viability and vigor of soybean seed. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, n.5, p.749-753, 1980.
- TYAGI, C.S. Evaluating viability and vigour in soybean seed with automatic seed analyser. **Seed Science & Technology**, Zürich, v.20, n.3, p.687-694, 1992.

VIEIRA, R.D.; PAIVA, J.A.; PERECIN, D. Electrical conductivity and field performance of soybean seeds. **Seed Technology**, Lexington, v.21, n.1, p.15-23, 1999a.

VIEIRA, R.D.; PAIVA-AGÜERO, J.A.; PERECIN, D.; BITTENCOURT, S.R.M. Correlation of electrical conductivity and other vigor tests with field emergence of soybean seedlings. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 27, n.1, p. 67-75, 1999b.

YAKLICH, R. W. & KULICK, M. M. Evaluation of vigor tests in

soybean seeds; relationship of the standard germination test, seedling vigor classification, seedling length, and tetrazolium staining to field performance. **Crop Science**, Madison, v.19, n.2, p.247-252, 1979.

YAKLICH, R. W.; KULICK, M. M. & ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of ATP, conductivity, and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. **Crop Science**, Madison, v. 19, n.6, p. 806-810, 1979.

