

26 SET. 1985

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

EVALUACION DE LA VIABILIDAD Y WIGOR DE SEMILLAS DE
FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.), MEDIANTE LA DETERMINA-
CION DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA DE
IMBIBICION

JOSE OSCAR OSORIO ARISTIZABAL

HORMILZON CRUZ RIOS

Trabajo de Grado presentado como requisi-
to parcial para optar al título de Ingenie-
ro Agrónomo.

Presidente :

MANUEL ARISTIZABAL LOAIZA, I.A. MSc.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CALDAS
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMICA
MANIZALES, 1983

NOTA DE ACEPTACION

Yo, _____

Presidente

Yo, _____

Jurado

Jurado

Jurado

Manizales, septiembre de 1983.

**ARTICULO 27 DE LA REGLAMENTACION DE
TESIS DE GRADO DE LA FACULTAD DE AGRO-
NOMIA**

"La Universidad de Caldas, la Facultad de Agronomía, el Presidente de tesis y los jurados de tesis, no serán responsables de las ideas emitidas por los autores de la misma".

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos :

A MANUEL F. ARISTIZABAL L. I.A. MSc Presidente de tesis.

A ALBERTO ROBLEDO M., I.A. Jurado de Tesis.

A GABRIEL CRUZ C. I.A. Jurado de Tesis.

A JOAQUIN HURTADO, I.A. Jurado de Tesis.

A CARLOS BAEZA, I.A. MSc. Cenicafé.

A GABRIEL CADENA, I.A. MSc. Cenicafé.

A RODRIGO SALDAÑA. CRE.

A la Facultad de Agronomía.

Y a todas las personas que en una u otra forma colaboraron para la realización del presente trabajo.

DEDICATORIA:

A los míos,

HORMILZON

DEDICATORIA:

A mis padres

A mi esposa

A mis hijos

A Leticia,

JOSE OSCAR

CONTENIDO		
COMPARACION DE TABLA DE CONTENIDO		
CONTRASTACION DE TABLA DE CONTENIDO		
CONTENIDO		
		Pág.
RESUMEN		xiii
INTRODUCCION		1
1.	REVISION DE LITERATURA	3
1.1.	EFFECTOS DE LAS BAJAS TEMPERATURAS SOBRE LA GERMINACION Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.	3
1.2.	EFFECTOS DE LAS BAJAS TEMPERATURAS Y LA ESCARIFICACION DE LA CUBIERTA SEMINAL EN LA PERDIDA DE ELECTROLITOS DURANTE LA IMBIBICION.	17
1.3.	CORRELACION ENTRE DIFERENTES PRUEBAS DE GERMINACION EN EL LABORATORIO CON LA GERMINACION Y EMERGENCIA EN EL CAMPO.	22
2.	MATERIALES Y METODOS.	33
3.	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	33
3.1.	GERMINACION Y CRECIMIENTO EN EL LABORATORIO.	33

	Pág.	
3.2.	GERMINACION Y CRECIMIENTO EN EL CAMPO.	42
3.3.	PERDIDA DE SOLUTOS DURANTE LA IMBIBICION.	48
3.4.	COMPARACIONES DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA CON LOS PARAMETROS DEL CRECIMIENTO.	52
3.4.1.	A nivel de laboratorio.	52
3.4.2.	A nivel de campo.	54
3.4.3.	Comparación de los parámetros evaluados en el laboratorio con sus respectivos en el campo.	64
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	69
4.1.	CONCLUSIONES.	69
4.2.	RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFIA	72

INDICE DE TÁBLAS

		Pág.
TABLA 1.	Características de las 10 variedades de frijol voluble (<i>Phaseolus vulgaris</i>) utilizadas.	24
TABLA 2.	Diseño de tratamientos para las pruebas de conductividad eléctrica y germinación en laboratorio con los parámetros del crecimiento obtenidos en el campo.	27
TABLA 3.	Diseño de tratamientos para la prueba de germinación	
TABLA 13.	Correlación para comparaciones de la conductividad eléctrica de semillas escarificadas en el campo.	28
TABLA 4.	Resultados de los análisis de varianza para las variables porcentaje de germinación a los 5 días (GERM), longitud de hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT)	
TABLA 14.	y peso seco de plántulas (PSP) en el laboratorio.	33
TABLA 5.	Ordenamiento, de menor a mayor, de 10 variedades de frijol de acuerdo a sus valores promedios de las variables de respuesta obtenidos a 15 °C y 25 °C (en el laboratorio).	40
TABLA 6.	Promedios de porcentaje de germinación (GERM), longitud de hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT), y peso seco de plántulas (PSP) para 10 variedades de frijol en el laboratorio.	41
TABLA 7.	Resultados de análisis de varianza para las variables días a emergencia (DAE), porcentaje de germinación (GERM), longitud del hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT) y peso seco de plántulas (PSP), en el campo.	43
TABLA 8.	Ordenamiento de menor a mayor, de 10 variedades de frijol de acuerdo a sus valores promedios de las variables de respuesta obtenidos en "Tesorito" y "Montelindo".	49

TABLA 9.	Promedios de porcentaje de germinación (GERM), longitud de hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT), peso seco de plántulas (PSP) para 10 variedades de frijol, en el campo.	51
TABLA 10.	Resultados del análisis de varianza para la conductividad eléctrica del agua de imbibición obtenida con semillas no es-carificadas y es-carificadas.	52
FIGURA 1.	Diagrama de flujo para el análisis de la imbibición.	
TABLA 11.	Coeficientes de correlación para comparaciones entre la conductividad eléctrica de semillas es-carificadas (valor su-perior) y no es-carificadas (valor inferior) embebidas a 15 °C y 25 °C durante seis horas.	53
FIGURA 2.	Mapa de campo.	
TABLA 12.	Coeficientes de correlación para comparaciones de la conduc-tividad eléctrica de semillas es-carificadas y no es-carificadas con los parámetros del crecimiento obtenidos en el campo.	56
FIGURA 3.	Interacción variedad por temperatura para el crecimiento.	
TABLA 13.	Coeficientes de correlación para comparaciones de la conduc-tividad eléctrica de semillas es-carificadas embebidas a 15 °C y 25 °C con los valores correspondientes de semillas no es-carificadas. Nivel de pruebas de laboratorio.	59
FIGURA 4.	Diagrama de flujo para el análisis de la imbibición.	
TABLA 14.	Coeficientes de correlación para comparaciones de germina-ción (GERM), longitud de hipocótilo (LH), peso seco de plántula (PSP) y porcentaje de transferencia (PT) en el laboratorio a 15 °C y 25 °C con los valores correspondien-tes de "Tesorito" (valor superior) y "Montelindo" (valor infe-rior).	64

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Principales eventos ocurridos en los tejidos de plantas sensibles a las bajas temperaturas.	11
FIGURA 2. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la interacción variedad por temperatura para el porcentaje de germinación a nivel de pruebas de laboratorio.	25
FIGURA 3. Mapa de campo.	29
FIGURA 4. Equipo medidor de la conductividad eléctrica para la interacción variedad por temperatura para el porcentaje de germinación a nivel de pruebas de laboratorio.	32
FIGURA 5. Interacción variedad por temperatura para el porcentaje de germinación a nivel de pruebas de laboratorio.	36
FIGURA 6. Interacción variedad por temperatura para la longitud del hipocótilo a nivel de pruebas de laboratorio.	37
FIGURA 7. Interacción variedad por temperatura para el porcentaje de transferencia a nivel de pruebas de laboratorio.	38
FIGURA 8. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la interacción variedad por temperatura para el peso seco de plántulas a nivel de pruebas de laboratorio.	39
FIGURA 9. Interacción variedad por localidad para la longitud del hipocótilo (LH).	45
FIGURA 10. Interacción variedad por localidad para el porcentaje de transferencia (PT).	46
FIGURA 11. Diagrama de dispersión y línea de regresión para la interacción variedad por localidad para el peso seco de plántula (PSP).	47
FIGURA 12. Interacción variedad por temperatura para la conductividad eléctrica con semillas sin escarificar a 15 °C y 25 °C.	50

	Pág.
FIGURA 13. Diagrama de dispersión y líneas de mayor ajuste para la correlación conductividad eléctrica de semillas escarificadas a 15 °C y % de germinación (GERM) a 15 °C.	55
FIGURA 14. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15 °C y peso seco de plántula (PSP) en Tesorito.	57
FIGURA 15. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla sin escarificar a 15 °C y peso seco de plántula (PSP) en Tesorito.	58
FIGURA 16. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica en semilla no escarificada a 15 °C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15 °C. Semillas sin escarificar fueron sembradas entre capas de papel de filtro.	60
FIGURA 17. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla no escarificada a 15 °C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15 °C. La siembra de 25 °C sin escarificar también se llevó a cabo en condiciones de laboratorio.	61
FIGURA 18. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla sin escarificar a 25 °C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15 °C. Las variables evaluadas en condiciones de laboratorio y de campo.	62
FIGURA 19. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla sin escarificar a 25 °C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 25 °C. El número de días a emergencia también fue evaluado.	63
FIGURA 20. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación porcentaje de germinación (GERM) a 25 °C y % de germinación (GERM) en Tesorito.	65
FIGURA 21. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación y % de germinación (GERM) a 25 °C y % germinación (GERM) en Montelindo.	66
FIGURA 22. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación porcentaje de transferencia (PT) a 15 °C, porcentaje de transferencia (PT) en Montelindo.	68

RESUMEN

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACION

Semillas escarificadas y no escarificadas de 10 variedades de frijol fueron embebidas en 60 ml de agua destilada a temperaturas de 15 °C y 25 °C y la conductividad eléctrica del agua de imbibición fue medida después de seis horas.

2. MATERIALES Y METODOS
Semillas sin escarificar fueron sembradas entre capas de papel de germinación humedecido y luego se dejaron en oscuridad durante 12 días a 15 °C y 25 °C.

3. RESULTADOS Y DISCUSION
La siembra de semillas sin escarificar también se llevó a cabo en condiciones de campo en las localidades de "Tesorito" y "Montelindó", durante 12 días.

Las variables evaluadas en condiciones de laboratorio y de campo fueron: porcentaje de germinación, longitud de hipocótilo, peso seco de plántulas y porcentajes de transferencia. El número de días a emergencia también fue evaluado en el campo. Las variables evaluadas en condiciones de laboratorio y de campo fueron comparadas con las lecturas de la conductividad eléctrica del agua de imbibición.

La escarificación de las semillas incrementó la pérdida de electrolitos a 15 °C y 25 °C. La pérdida de electrolitos fue mayor a 25 °C que a los 15 °C. La

conductividad eléctrica medida en semillas escarificadas y embebidas a 15°C , se correlacionó significativa y positivamente con el porcentaje de germinación a 15°C , las demás correlaciones no fueron significativas. El peso seco de plántulas, en "Tesorito", se correlacionó negativa y significativamente con la conductividad eléctrica de semillas escarificadas y no escarificadas. El porcentaje de germinación de semillas germinadas en el laboratorio a 25°C , se correlacionó significativa y positivamente con el porcentaje de germinación en las dos localidades (Tesorito y Montelindo). Salvo algunas excepciones, la germinación y crecimiento de los materiales evaluados, fueron mejores a 25°C que a 15°C . El porcentaje de germinación evaluado a 25°C en el laboratorio, puede emplearse como un buen índice de la germinación en el campo.

INTRODUCCION

La siembra de semillas de escaso vigor y viabilidad trae como consecuencia una emergencia lenta, poblaciones menores, floraciones tardías y reducciones en el rendimiento. Tal condición ha sido suficiente para que cada vez un mayor número de agricultores desee conocer la viabilidad y vigor de la semilla que va a utilizar para sus siembras. De otra parte, aunque la viabilidad y el vigor de las semillas de las especies cultivadas se ha venido estudiando desde hace varias décadas, todavía no se han encontrado métodos eficaces que permitan una evaluación rápida de un gran número de muestras a nivel de laboratorio. Hoy se tiene conciencia de que los métodos tradicionales para evaluar vigor y viabilidad de semillas, además de exigir ciertos requerimientos de espacio físico, usualmente resultan costosos y lentos. Mucho más importante es el hecho de que la evaluación de la viabilidad y vigor a nivel de laboratorio mediante los métodos tradicionales no se ha podido correlacionar consistentemente con la emergencia y germinación en el campo.

El panorama actual, en lo que a evaluación del vigor de semillas se refiere, plantea la necesidad de buscar nuevos métodos que conduzcan a una evaluación más

rápida y eficaz del vigor y la viabilidad de semillas de frijol. Por tales razones se llevó a cabo el presente estudio con el objeto de :

- a) Establecer la utilidad de la determinación de la conductividad eléctrica del agua de imbibición como un método para medir vigor y viabilidad de semillas de frijol.
- b) Estudiar la correlación existente entre los datos de conductividad eléctrica obtenidos en el laboratorio con el vigor y la viabilidad de la semilla a nivel de campo.
- c) Establecer y correlacionar la germinación en el laboratorio con la emergencia en el campo.

Observaciones de campo de semillas que se hielan que sobreviven a los efectos de enfriamiento. Los resultados de los experimentos de laboratorio muestran que la supervivencia de las semillas depende de la temperatura y del tiempo de exposición a las bajas temperaturas. En general, las semillas de las leguminosas tropicales y subtropicales son más sensibles a las bajas temperaturas que las de las leguminosas templadas.

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. EFECTOS DE LAS BAJAS TEMPERATURAS SOBRE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.

Muchos cultivos de origen tropical y subtropical (arroz, maíz, tomate, algodón, soya, etc.) son sensibles a las bajas temperaturas. En un rango entre 0°C y 20°C se han encontrado reducciones en la germinación, desarrollo y producción de diversas especies. Sin embargo, algunas especies no manifiestan sensibilidad a las bajas temperaturas. Por ejemplo, semillas de frijol de las especies Phaseolus trilobus, Phaseolus coccineus y Phaseolus vulgaris, han mostrado buena germinación a temperaturas del suelo por debajo de 15°C.

1 LYONS, J.M., J.K., RAISON and P. L., STEPONKUS. 1979. The plant membrane in response to low temperature : an over view. In: J. M. Lyons, D. Graham and J.K. Raison (Eds). Low temperature stress in crop plants. The role of the membrane. Academic press, London. pp. 1-24.

2 KOOISTRA, E. 1971. Germinability of beans (Phaseolus vulgaris L.) at low temperature. Euphytica 20 : 208-213.

BRAMACI, V.J., A.S. 1970. Germinability of Phaseolus vulgaris L. seeds at low temperatures. Euphytica 18 : 206-210.

Observaciones de campo de varios años indican que ciertas variedades de tréboles anuales germinan más rápidamente que otras durante períodos de bajas temperaturas.³ Los efectos de las bajas temperaturas son drásticos y variados. En plantas de frijol cultivadas a 10 °C se determinó el área foliar de las hojas primarias, encontrándose diferencias significativas entre las plantas tolerantes a bajas temperaturas con relación a las no tolerantes.⁴ Varios cultivares de soya sometidos a temperaturas de 0 °C, 20 °C y 30 °C, presentaron diferencias significativas en la tasa de emergencia a 10 °C, pero no a 20 °C y 30 °C. Los resultados de emergencia a 10 °C permitieron clasificar los cultivares en tolerantes, intermedios y no tolerantes al frío.⁵ Semillas de frijol lima pueden ser lesionadas cuando se colocan a imbibir por debajo de 25 °C.⁶ Más aún, cortos períodos de imbibición de semillas de soya a temperaturas inferiores a 14 °C, reducen la germinación y la elongación del tallo.⁷

Plant Physiol. 55: 533-538.

3. HOVELAND, S.C. and D.M. ELKINS. 1965. Germination response of arrowleaf, Ball, and crimson clover varieties to temperature. *Crop Sci.* 5: 244-246.
4. PHATAK, S.C., S.H. WITTEK and P.C. THOMAS. 1966. Growth of primary leaves of beans (*Phaseolus vulgaris*) under suboptimal temperatures. *Can J. Plant Sci.* 58: 169-174.
5. FORBUSH, T. and J.R. HINDS. 1964. The effect of temperature on the growth of soybean seedlings. *Can J. Plant Sci.* 44: 1001-1006.
6. LITTLEJOHNS and J.W. TANNER. 1976. Preliminary studies on the cold tolerance of soybeans seedlings. *Can J. Plant Sci.* 56: 371-375.
7. POLLOCK, B. M. and V.K. TOOLE. 1976. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima beans seeds. *Plant Physiol.* 41: 221-229.
7. BRAMLAGE, W.J., A.C., LEOPOLD and D.J., PARRISH. 1978. Chilling stress to soybeans during imbibition. *Plant Physiol.* 61: 525-529.

En semillas de algodón se han encontrado lesiones en la punta de la raíz cuando se aplican bajas temperaturas durante la imbibición o durante los estados iniciales de germinación⁸. Especies de pastos sensibles a las bajas temperaturas, muestran, bajo estas condiciones, reducción en la fotosíntesis y cambios en la estructura de los cloroplastos⁹. Así mismo, se ha reportado que las bajas temperaturas en plantas de tomate disminuyen el número de nudos¹⁰. Al colocar semillas de cacao a 12 °C durante 12 horas, la germinación se redujo en un 50%, mientras que la mortalidad de las semillas fue del 100% cuando la temperatura de germinación fue de 8 °C.¹¹ En la variedad Pima S-4 de algodón, la germinación fue reducida en un 64% cuando las semillas se sometieron a 5 °C durante un día al comienzo de la germinación¹². Otros estudios han reportado lesiones durante

8 CHRISTIANSEN, M.N. 1963. Influence of chilling upon development of cotton. Plant Physiol. 38 : 520-522.

9 LYONS, J.M. 1973. Chilling injure in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 24 : 445-466.

10 PHATAK, S.C., S.H. WITTER and F.G. TEUBNER. 1966. Top and root temperature on tomatoe flowering. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88: 527-531.

11 BOROUGHS, H. and J.R., HUNTER. 1963. The effect of temperature on the germination of cacao seeds. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82: 222-224.

12 CHRISTIANSEN, M.N. 1964. Influence of chilling upon subsequent growth and morphology of cotton seedlings. Crop. Sci. 4 : 584-586.

la germinación causadas por las bajas temperaturas en especies como sorgo,¹³ arroz,¹⁴ cacao¹⁵, guisantes,¹⁶ frijol¹⁷ y otras.

Entre algunos de los factores que afectan la respuesta a las bajas temperaturas se puede citar el contenido de humedad de la semilla antes de la germinación. En soya, por ejemplo, semillas con un 6% de humedad presentaron reducciones en la acumulación de materia seca y la altura de plántula cuando fueron germinadas a 5 °C; pero no se observaron reducciones en semillas con un 16% de humedad, sometidas a las mismas condiciones de temperatura¹⁸⁻¹⁹⁻²⁰.

13

ROBBINS, W.A. and R.H. PORTER. Germinability of sorghum and soybeans seeds exposed to low temperature. J. Am. Soc. of Agronomy. 39 : 905-913. 1946.

14

ORMORD, D.P. and W. A., BUNTER. The evaluation of rice varieties for cold tolerance. Agronomy J. 53: 133-134. 1961.

15

IBÁÑEZ, M.L. A reversal of cacao seed sensitivity to cold. Turrialba. 13: 31-32. 1963.

16

PERRY, D.A. and J.G., HARRISON. The deleterious effect of water and low temperature on germination of peaseeds. J. Expt. Bot. 21: 504-512. 1970.

17

DICKSON, M.N. Breeding beans, Phaseolus vulgaris L. for improved germination under unfavorable low temperature conditions. Crop. Sci. 11: 848-850. 1971.

18

OBENDORF, R.L. and P.R., HOBBS. Effect of seed moisture on temperature sensitivity during imbibition of soybean. Crop. Sci. 10 : 563-566. 1970.

19

HOBBS, P.R. and R.L., OBENDORF. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. Crop. Sci. 12 : 664-667. 1972.

20

KOOISTRA, op. cit. p. 209.

LURTON, H.C. and J.L., BUNTER. The effect of seed moisture and temperature on the germination of soybean seeds. Agronomy J. 53: 133-134. 1961.

Las condiciones de cosecha pueden incrementar la susceptibilidad al daño causado por las bajas temperaturas; así mismo, se ha observado que la falta de oxígeno durante la germinación incrementa la sensibilidad a las bajas temperaturas.²¹

El potencial genético es un factor inherente que permite una rápida germinación y un buen vigor en condiciones de bajas temperaturas.²² Es así como la capacidad de semillas de tomate para germinar en condiciones de temperaturas bajas, está controlada por un complejo genético.²³ Aunque lo ideal es que la tolerancia a temperaturas bajas se presente durante todo el ciclo de vida de la planta, se han encontrado líneas de frijol que toleran bajas temperaturas (10 ° C) durante la germinación, pero no posteriormente.²⁴ Con diversos materiales de frijol y algodón, se ha encontrado que el mejor método para la selección de líneas resistentes a bajas temperaturas es una prueba de germinación y emergencia a 10° C.²⁵⁻²⁶⁻²⁷

21 POLLOCK, op. cit. p. 221.

22 OBENDORF, R. The Factors associated with early germination in corn under cool conditions. Proc. 27th Ann. Corn and Sorghum Res. Conf. 27: 132-137, 1972.

23 TIMOTHY, J.N. and E.C., TIGGHLAAR. Inheritance of low temperature germination ability in tomato, Lycopersicum sculentum Mill. Hortscience. 7: 345. 1972.

24 KEMP. op. cit. p. 173.

25 LITTLEJOHNS, op. cit. p. 373.

26 AUSTIN, R.B. and M.S.M. MACLEAN. A method for screening Phaseolus genotypes for tolerance to low temperatures. J. Hort. Cultural Science. 47 : 279-290. 1972.

27 BUXTON, D.R. and P.J., SPRENGER. Genetic variability for cotton seed germination at favorable and low temperatures. Crop.Sci. 16: 243-246, 1976.

La testa de la semilla es otro factor que afecta la respuesta de las plantas a las bajas temperaturas²⁸. Utilizándose semillas de algodón escarificadas y no escarificadas, se encontraron diferencias significativas en las lesiones luego de ser embebidas a 10° C.²⁹⁻³⁰

En semillas de guisantes y frijol lima, la ausencia de la testa incrementó la tasa de absorción de agua, la cual fue asociada con cierto daño en las membranas celulares³¹⁻³²⁻³³.

Dependiendo de la especie de planta, el desorden fisiológico que ocurre a causa de las bajas temperaturas se manifiesta en variados síntomas visibles, tales como marchitamiento (frijol y pepino), reducción en la germinación, esterilidad masculina (sorgo), cambio de color en el fruto, presencia de perdigones en las hojas

²⁸ ARISTIZABAL, L.M. Respuesta de la soya (Glycine max) a diferentes condiciones de temperatura durante la germinación y el crecimiento inicial. Sp. (para publicar en revista de la Universidad de Caldas). Manizales 1983.

²⁹ CHRISTIANSEN, M.N. and O.F. LEWIS. Reciprocal differences in tolerance to seed hydration Chilling injury in F1 progeny of G. hirsutum L. Crop.Sci 13: 210-212. 1973.

³⁰ MARANI, A. and A. AMIRAV. Effect of delinting and of genetical factors on the germination of cotton seeds. At Low Temperature Crop. Sci. 10 : 509-511, 1970.

³¹ LARSON, L.A. The effect soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedling growth. Plant Physiol. 43: 255-259. 1968.

³² POLLOCK op. cit. pp. 221-229.

³³ SACHS, J. Ann. Bot. Soc. Lond. 1841.

³⁴ TULLY, R.E., M.E. MUSGRAVE and A.C., LEOPOLD. The seed coat as a control of imbibitional chilling injury. Crop. Sci. 21: 312-316. 1981.

y desuniforme maduración (banano).³⁴

Como síntomas generales ocasionados por las bajas temperaturas, se puede enumerar las necrosis, la decoloración interna y externa de los tejidos y la reducción del desarrollo.³⁵

Aunque la ocurrencia y consecuencia de las bajas temperaturas tienen gran implicación práctica, el mecanismo de este fenómeno no es muy conocido. Una de las primeras teorías sobre la fisiología de la lesión por bajas temperaturas envuelve al protoplasma, el cual se torna viscoso, lo que conlleva a una reducción o cese de las funciones metabólicas.³⁶ También se estableció como límite inferior la temperatura de 11 °C o 12 °C para el protoplasma en frijol y un bloqueo de la síntesis de clorofila en Phaseolus multiflorum a 10 °C y a 13 °C o a 14 °C en Zea mays.

³⁷: otras teorías consideran la formación de productos tóxicos en los tejidos, los cuales causan lesiones o muerte.³⁸⁻³⁹

³⁴ LYONS, Chilling injury in plants, op. cit. pp. 446-447.

³⁵ CHRISTIANSEN, M.N. The physiology of plant tolerance to temperature extremes. In: Jungy A.C. Crop tolerance to suboptimal land conditions ASA special publication No. 32. Madison Wisconsin. pp. 173-191.

³⁶ SACHS, J. Crystallebildungen bei nuffhausen saftiger planzetheile, Mitgtheilt Von W. Hotmeister. Phys K1, 12: 1-50, 1860.

³⁷ SACHS, J. Uber die obere temperature-Grenze der vegetation. Flora (jena). 47: 5-39, 1864.

³⁸ CHRISTIANSEN, The physiology of plant tolerance to temperature extremes, op. cit. p.179.

³⁹ LYONS, op. cit. p.451.

Para entender la magnitud de la lesión por frío, es necesario relacionar las bajas temperaturas con los cambios que se producen en la célula. Observaciones en raíces de papa y algodón se han relacionado con los efectos físicos de las bajas temperaturas sobre los cambios en la integridad y función de la membrana plasmática, como lo es la regulación de la entrada y salida de electrólitos.⁴⁰

Con relación a la membrana mitocondrial, las plantas tolerantes a las bajas temperaturas muestran un descenso en la actividad respiratoria cuando la temperatura baja hasta 10 °C. ⁴¹⁻⁴²

Cuando se presentan las bajas temperaturas hay una pérdida en la actividad fotosintética debido al daño que se producen en la membrana de los cloroplastos, lo cual fue comprobado en cloroplastos aislados del tomate y frijol.⁴³

Resumiendo, el mecanismo de la lesión por bajas temperaturas se observa en la figura 1. ⁴⁴

40 LYONS and RAISON, op. cit. pp. 1-24.

41 LYONS, op. cit. pp. 445-446.

42 LYONS and RAISON, op. cit. p.p. 1-24.

43 Ibid. pp. 1-24.

44 LYONS, op. cit. pp. 445-446.

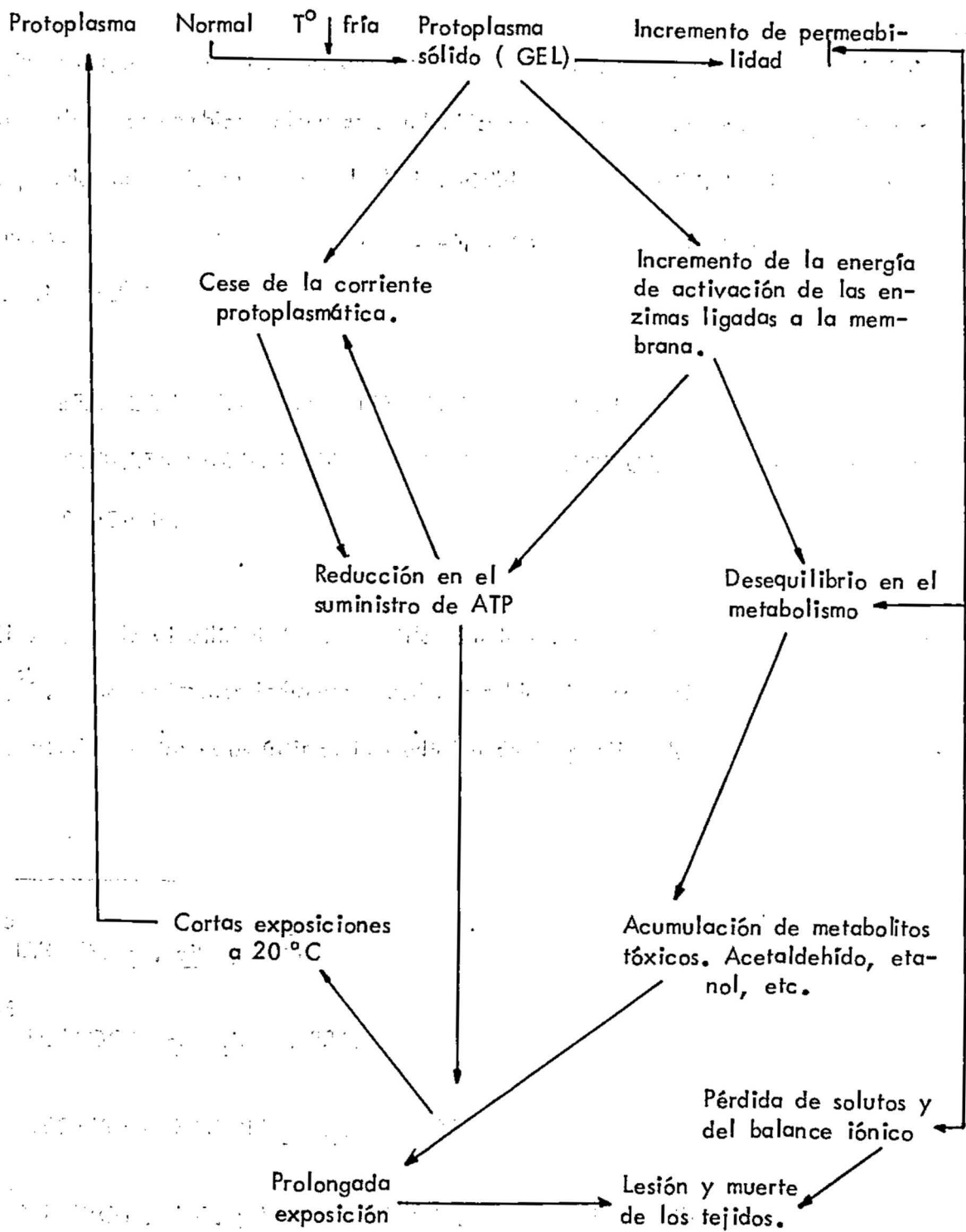


FIGURA 1. Principales eventos ocurridos en los tejidos de plantas sensibles a las bajas temperaturas.

Sin embargo, cuando después del tratamiento con frío se sigue un corto período de calor, los cambios moleculares inducidos por las bajas temperaturas pueden ser reparados antes de que ocurra la lesión visible. Esta reversibilidad ha sido comprobada experimentalmente alternando bajas y altas temperaturas en cortos ciclos de tiempo.⁴⁵⁻⁴⁶⁻⁴⁷

El vigor y la viabilidad de las semillas pueden ser evaluados por la pérdida de electrolitos y la deshidratación.

1.2.- EFECTOS DE LAS BAJAS TEMPERATURAS Y LA ESCARIFICACION DE LA CUBIERTA SEMINAL EN LA PERDIDA DE ELECTROLITOS DURANTE LA IMBIBICION.

El vigor y la viabilidad de las semillas puede ser evaluado directa o indirectamente.⁴⁸ Los exámenes indirectos pueden ser bioquímicos, fisiológicos o físicos, encontrándose entre estos últimos la medición de la pérdida de electrolitos por la

ROSENBERG, T.M. The imbibition and leaching tests as indicators of seed quality. Thesis, Master of Science, University of Kentucky, Lexington, 1972.

⁴⁵ ADRIANO, G. (1972) Imbibition and swelling: growth curves for temperature laboratory germination tests. II. Am. J. Botany 59: 1201-1204. LYONS, op. cit. p. 451.

⁴⁶ POLLOCK, op. cit. p. 224.

⁴⁷ LYONS and RAISON, op. cit. p. 412.

⁴⁸ DELOWCHE, J.C. y W.P. CALDWELL, Vigor de las semillas y los exámenes de vigor. In: Memoria del curso sobre tecnología de semillas realizados en América Latina. AID, Bogotá, pp. 554-561, 1969.

milla durante el proceso de imbibición. 49-50-51 La determinación de la conductividad eléctrica del agua de imbibición sirve para diagnosticar la calidad de la semilla; tal es que a una baja conductividad eléctrica (baja pérdida de electrolitos) se sugiere una buena calidad de semilla y viceversa 52-53. Así mismo, se ha reportado una estrecha relación entre la conductividad eléctrica de semillas de Pisum sativum y la cantidad de carbohidratos perdidos después de 24 horas de imbibición 54. Análisis del agua de imbibición han mostrado que aminoácidos, azúcares, proteínas e iones de potasio son los electrolitos que, dependiendo del equipo utilizado, se puede medir utilizándose la conductividad para el análisis de la

49

YAKLICH, R.W. M.N., KULIK, and J.D., ANDERSON. Evaluation of vigor test in soybean seeds: Relationship of ATP, Conductivity and Radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. *Crop. Sci.* 19: 806-810, 1979.

50

LOEFFLER, T.M. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. Thesis. Master of Science. University of Kentucky, Lexington. 181p. 1981.

51

ARISTIZABAL, L.M. Germination and seedling growth response of soybeans to low temperature laboratory germination tests. Thesis. Master of Science. Iowa State University. Ames, 140p. 1983.

52

LOEFFLER, op. cit. p. 3. 16.

53

ARISTIZABAL, Germination and seedling growth response of soybeans to low temperature laboratory germination tests, op. cit. p. 38.

54

MATTHEWS, S., and R., WHITBREAD. Factors influencing preemergence mortality in peas I. An association between seed exudates and the incidence of pre-emergence mortality in wrinkly-seeded peas. *Pl. Path.* 17: 11-17, 1968.

- calidad de semillas de soya ⁵⁵⁻⁵⁶⁻⁵⁷, remoción de la testa en semillas de soya al comienzo de la imbibición, determinó una gran conductividad eléctrica con la pérdida de solutos durante el proceso de imbibición de la semilla se debe a una falta de reorganización de las membranas celulares durante dicho proceso ⁵⁸. Esta falta de reorganización ha sido asociada con reducciones en el poder germinativo y vigor de semillas de soya ⁵⁹, atribuyéndosele más fuertemente a las bajas temperaturas el desequilibrio mencionado ⁶⁰⁻⁶¹⁻⁶². Así, por ejemplo, la escarificación de semillas de soya incrementa la pérdida de electrolitos a temperaturas de 10 °C y 25 °C, pero la pérdida de electrolitos de las semillas escarificadas tiempo que las plántulas de las semillas intactas presentan mayor desarrollo vegetal.
- ⁵⁵ HALLION, J.M. Solute loss from deteriorated cotton seed: Relationship between deterioration, seed moisture and solute loss. *Crop. Sci.* 15: 11-15, 1975.
- ⁵⁶ CHING, T.M. and I., SCHOOLCRAFT. Physiological and chemical differences in aged seeds. *Crop Sci.* 8: 407-409, 1968.
- ⁵⁷ ABDUL-BAKI, A.A. and J.D., ANDERSON. Viability and leaching of sugar from germinating barley. *Crop. Sci.* 10: 31-34, 1970.
- ⁵⁸ BRAMLAGE, W.J., A.C. LEOPOLD and J.E., SPECHT. Imbibitional chilling sensitivity in soybean cultivars. *Crop. Sci.* 19: 811-814, 1979.
- ⁵⁹ TULLY, *op. cit.* pp. 312-316.
- ⁶⁰ BRAMLAGE, LEOPOLD and PARRISH, *op. cit.* pp. 525-529.
- ⁶¹ LARSON, *op. cit.* pp. 246-250.
- MURPHY, J.B. and T.L. NOLAND. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. *Plant. Physiol.* 69: 428-431, 1982.
- ⁶² CREENCIA, R.P. and W.J. BRAMLAGE. Reversibility of chilling injury to corn seedling. *Plant. Physiol.* 47: 389-392, 1971.

ción⁷¹. En pruebas con habichuela se ha reportado que las semillas blancas en el desarrollo de las plantas⁶⁷⁻⁶⁸.
absorben el agua más rápidamente que las de color, presentándose mayor pér-

dida de electrolitos en las semillas blancas⁷². Sin embargo, también se ha
Pruebas realizadas en soya han demostrado que el incremento en la pérdida de sugerido que los valores de conductividad eléctrica no están influidos por el electrolitos debido a la escarificación es baja cuando semillas de escaso vigor color de la tierra⁷³.

son embebidas, indicando que la testa de las semillas de bajo vigor ofrece poca protección contra la pérdida de electrolitos⁶⁹. En variedades de soya que
1.3. CORRELACION ENTRE DIFERENTES PRUEBAS DE GERMINACION EN presentan testa dura, la conductividad eléctrica es menor con relación a la de

EL LABORATORIO CON LA GERMINACION Y EL VIGOR EN EL variedades de testa menos dura. Esto plantea la necesidad de remover la testa
CAMPO,
de la semilla cuando la pérdida de electrolitos se utiliza para evaluar la viabilidad y vigor de semillas.⁷⁰

El vigor es una propiedad fisiológica regida por el genotipo y modificada por
«Demuestra parte, se ha determinado que la pigmentación negra en semilla de soya ofrece mayor protección contra la pérdida de electrolitos durante las imbibiciones⁷⁴. El vigor está representado por el porcentaje de germinación, el número

tiempo y ritmo de emergencia, el peso de las plantas, la longitud del tallo, el

⁶⁷ LARSON, op. cit. pp. 256-257.

⁶⁸ TULLY, op. cit. p. 315.

⁶⁹ ARISTIZABAL. Efectos de la temperatura y la escarificación mecánica sobre la pérdida de electrolitos durante la imbibición de semillas de soya.

⁷⁰ WYATT, op. cit. pp. 478-480, 1977.

⁷¹ GUMISIRIZA, G. and E. A. KNEWMAN. Constraints in using seed leachate characteristics to estimate seed vigor for varietal seed keeping quality comparisons in soybeans. Soybean Genetics News Letter, 9: 87-91, 1981.

⁷⁴ HEYDICKER, op. cit. pp. 87-91, 1981.

ción⁷¹. En pruebas con habichuela se ha reportado que las semillas blancas absorben al agua más rápidamente que las de color, presentándose mayor pérdida de electrolitos en las semillas blancas⁷². Sin embargo, también se ha sugerido que los valores de conductividad eléctrica no están influidos por el color de la testa⁷³.

1.3. CORRELACION ENTRE DIFERENTES PRUEBAS DE GERMINACION EN EL LABORATORIO CON LA GERMINACION Y EMERGENCIA EN EL CAMPO.

⁷⁵ El vigor es una propiedad fisiológica regida por el genotipo y modificada por el medio ambiente, la cual gobierna la capacidad de producción de una planta sana, en el menor tiempo posible con una amplia tolerancia a factores ambientales.⁷⁴ El vigor está representado por el porcentaje de germinación, el porcentaje y ritmo de emergencia, el peso de las plantas, la longitud del tallo, el área foliar de los cotilédones y la cantidad y proporción de raíces en el peso

⁷¹ ARISTIZABAL. Efectos de la temperatura y la escarificación mecánica sobre la pérdida de electrolitos durante la imbibición de semillas de soya, op. cit. (sp. cit.)

⁷² WYATT, J.E. Seed coat and water absorption properties of seed of near isogenic snap bean lines differing in seed coat color. Jour. of the Am. Soc. for Hort. Sci. 102(4): 478-480. 1977.

⁷³ GUMISIRIZA, op. cit. p. 88.

⁷⁴ HEYDECKER, W. Seed Ecology the better worth grow. London. pp. 311-323. 1973.

D.V. total 75.

La altura de la plántula, la tasa de crecimiento y la velocidad de germinación de las semillas se correlacionan significativamente con la emergencia en el campo⁷⁶. Así mismo, la resistencia eléctrica de semillas sembradas a 10°C y

Aunque ciertos factores genéticos y fisiológicos afectan el vigor de las semillas, las condiciones de almacenamiento, el tipo de cosecha⁷⁷, el tamaño de

la semilla y el tiempo de almacenamiento ejercen una marcada influencia sobre el desarrollo inicial de las plántulas en el campo⁷⁸⁻⁷⁹⁻⁸⁰.

bibliografía:

75

SORIO, B. J. Influencia del tamaño de la semilla en el crecimiento de las plántulas de café. Tesis de Grado. Universidad de Caldas, Manizales, 125p, 1969.

76

JARAMILLO, P. M. y MORALES, C. M. Relación entre el tamaño de la semilla y el vigor de la misma en 20 variedades de frijol, mediante el empleo del medidor de vigor MSS 110. Tesis de Grado, Universidad de Caldas, Manizales, 98p, 1979.

77

HEYDECKER, W. Vigour In: Viability of seed, E.H. Roberts (Ed) London: Chapman and Hall Ltd, 448p. 1974.

78

RAMIREZ F., C. A. y SILVA, J. C. Estudio de la relación existente entre el tamaño de la semilla y varios índices de vigor en cuatro variedades de frijol. Tesis de grado. Universidad de Caldas, Manizales, 96p, 1979.

79

ARISTIZABAL, J. G. y BOTERO, R. Efectos del tamaño de la semilla y el tiempo de almacenamiento sobre el contenido de humedad, viabilidad, vigor y estado fitosanitario de semillas de frijol en Tesorito. Tesis de Grado. Universidad de Caldas, Manizales, 1980.

80

DUQUE, O. H. y JARAMILLO, J. V. Efectos del daño mecánico y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de humedad, viabilidad, vigor y estado fitosanitario de semillas de frijol en Santágueda. Tesis de Grado. Universidad de Caldas, Manizales, 1980.

Diferentes pruebas de laboratorio han sido comparadas con la viabilidad y el vigor en el campo. En este sentido, se observó que la conductividad eléctrica de semillas de soya se correlacionaban significativamente con la emergencia en el campo⁸¹. Asimismo, la resistencia eléctrica de semillas embebidas a 10°C y 25°C se correlacionó significativamente y positivamente con la longitud del hipocótilo, el peso seco de plántula y el porcentaje de germinación de semillas de soya germinadas a las mismas condiciones de temperatura⁸². Los valores de conductividad eléctrica han mostrado consistentemente correlaciones positivas y significativas con la emergencia en el campo de Pisum sativum⁸³⁻⁸⁴. Sin embargo, se han encontrado correlaciones negativas y significativas entre la conductividad y la emergencia en el campo en lotes de semillas de Pisum sativum⁸⁵.

en el campo, sugiriéndose la identificación de lotes de semillas de soya con un

⁸¹ YAKLICH, op. cit. pp. 806-810.

⁸² ARISTIZABAL, Efectos de la temperatura y la escarificación mecánica sobre la

⁸³ ARISTIZABAL, Efectos de la temperatura y la escarificación mecánica sobre la pérdida de electrolitos durante la imbibición de semillas de soya, op. cit. sp.

⁸⁴ YAKLICH, op. cit. p. 806.

⁸⁵ BRADNOCK, W.T. and MATTHEWS, S. Assessing field emergence potential of wrinkled-seeded peas. Hort. Res. 10: 50-58, 1970.

MATTHEWS, S. and BRADNOCK, W.T. Emergence and field establishment and field emergence in peas and (snap) beans. Hort. Res. 8: 39-53, 1968.

⁸⁴ MATTHEWS, S. and BRADNOCK, W.T. The detection of seed samples of wrinkled-seeded peas (Pisum sativum) of potentially low planting value. Proc. Int. Seed Test. Assoc. 32: 553-563, 1967.

TEKRONI, D.M. The seed vigor test. Field emergence potential. Proc. 21 Soybean Seed Conf., Am. Seed Trade Assoc., 3: 22-25, 1971.

⁸⁵ PERRY, D.A. The relation of seed vigor to field establishment of garden pea cultivars. Agric. Sci. Camb. 74: 343-348, 1970. Technol. 267-301, 1975.

⁹⁰ LOEFFLER, op. cit. p. 134.

Así mismo, pruebas de conductividad eléctrica y trazas radiactivas, para predecir el índice de germinación y la altura de plántula, no se han correlacionado consistentemente con los resultados de campo para soya, debido a las condiciones variables de clima y suelo que se presentan⁸⁶. Las pruebas de germinación en el laboratorio no son adecuadas para la identificación de lotes de semillas con pobre emergencia en el campo, especialmente bajo condiciones adversas del suelo⁸⁷⁻⁸⁸. Los valores de germinación a los ocho días en condiciones de laboratorio se han correlacionado significativa y positivamente con la emergencia en el campo de cultivares de Pisum sativum⁸⁹.

Existe una estrecha relación entre la conductividad eléctrica y la emergencia en el campo, sugiriéndose la identificación de lotes de semillas de soya con un buen o pobre potencial de emergencia a diferentes condiciones de campo.⁹⁰ Los valores de corriente eléctrica que fluyen a través de una semilla hidratada de frijol presentaron correlaciones positivas con la altura de planta, tasa relativa

86

YAKLICH, op. cit. p. 806.

87

MATTHEWS, S. and BRADNOCK, W.T. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. Hort. Res. 8 : 89-93. 1968.

88

TEKRONY, D.M. The soybean seed-field emergence complex. Proc. 3d Soybean Seed conf. Am. seed trade Assoc. 3: 22-38, 1973.

89

SCOTT, D.J. and CLOSE, R.C. An assessment of seed factors affecting field emergence of garden pea seed lots. Seed Sci. and Technol. 4:287-300, 1976.

90

LOEFFLER, op. cit. p. 136.

de crecimiento y velocidad de germinación de semillas de frijol en condiciones
de campo⁹¹.

91

JARAMILLO, op. cit. p. 79.

2. MATERIALES Y METODOS

El presente ensayo se realizó en las siguientes localidades :

a) Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Caldas.

b) Granja "Montelindo", propiedad de la Universidad de Caldas, situada a 1.030 metros sobre el nivel del mar, con un promedio de temperatura de 22°C , humedad relativa del 76% y precipitación promedio anual de 2.377 mm, ubicada en el municipio de Palestina, Departamento de Caldas.

c) Granja "Tesorito", propiedad de la Universidad de Caldas, situada a 2.340 metros sobre el nivel del mar, con un promedio de temperatura de 16°C , humedad relativa del 90% y precipitación promedio anual de 1.900 mm, ubicada en el municipio de Manizales, departamento de Caldas.

Semillas de 10 variedades de frijol voluble (Phaseolus vulgaris L.), recolectadas de plantas cultivadas en pruebas regionales, se utilizaron en el presente estudio.

tudio (ver tabla 1, figura 2).

Semillas de cada variedad se uniformizaron por tamaño, utilizando en los experimentos sólo aquellas que pasaron a través de una malla de 7 mm y que fueron retenidas por otra de 6 mm. Semillas que no correspondían al color y apariencia de la variedad correspondiente, fueron eliminadas.

El peso seco y contenido de humedad de la semilla fueron determinados antes de las pruebas de laboratorio pesando una muestra de 10 semillas antes y después del secado a 85 °C durante 48 horas.

Las semillas utilizadas en las pruebas de germinación en el laboratorio y en el campo fueron tratadas con Arasan.

Para las pruebas de germinación en el laboratorio, 25 semillas de cada variedad fueron uniformemente colocadas con el hilum hacia abajo sobre dos capas de papel de germinación previamente humedecido con 80 ml de agua destilada y luego se cubrieron con otra capa de papel de germinación humedecido. Cada unidad de germinación fue suavemente enrollada y grupos de ellas fueron colocados verticalmente en bolsas plásticas. Las bolsas con las unidades de germinación fueron colocadas a 25 °C y 15 °C en condiciones de oscuridad durante 12 días. Las pruebas de laboratorio fueron ordenadas de acuerdo a un arreglo factorial de 2 x 10 (2 niveles de temperatura y 10 variedades) con seis replicaciones y con las unidades

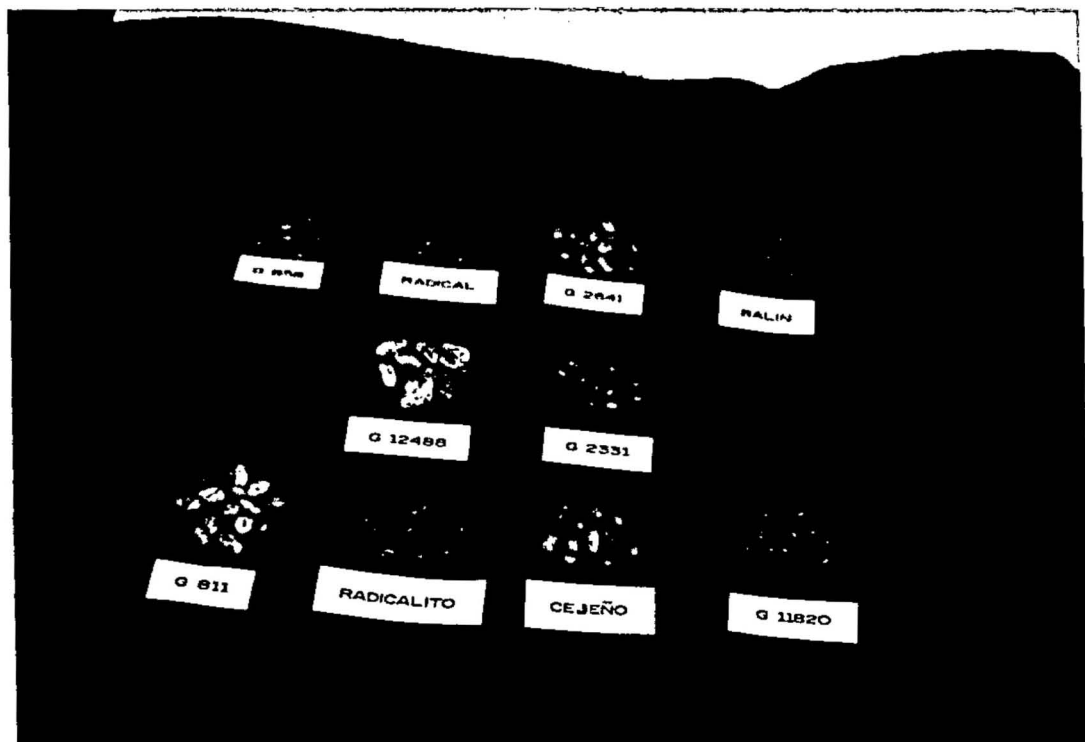
TABLA 1. Características de las 10 variedades de frijol voluble (Phaseolus vulgaris) utilizadas.

Variedad	Pedigree	Color	Origen	% humedad	P 100 S *
G 2331	PI 311996	Amarillo	México	12.33	42,034
G 2641	PI 313784	Crema Marrón	Guatemala	13.62	39,197
G 12488	CAT-1056	Crema Morado	Ecuador	13.92	46,776
G 11820	ICA-132980	Rojo	Colombia	13.17	40,87
Radical	---	Rojo	Colombia	17.26	43,15
Cejeño	---	Crema Rojo	Colombia	12.52	44,82
Radicalito	---	Rojo	Colombia	12.33	39,34
G 811	Higuerillo	Crema café	México	11.89	41,19
G 858	PI 201388	Amarillo	México	14.03	38.60
Balfín	---	Rojo	Colombia	14.17	35,40

* Peso, en gramos, de 100 semillas.

experimentales distribuidas completamente al azar (ver tabla 2).

Semillas uniformizadas por tamaño, como se enunció previamente, fueron plantadas en el campo a razón de 100 semillas por tratamiento y por réplica, a una profundidad de tres cm en cinco surcos separados a 20 cm. Las semillas



Longitud de hipocótilo (LH): se determinó midiendo la distancia de la conexión que une al tallo con la radícula y la base de los cotiledones. Se hizo a los 12 días después de la siembra sobre el total de la muestra estudiada.

FIGURA 2. Variedades de frijol utilizadas.

Días de emergencia (DAE): se tomó el número de semillas que una vez emergieron en el campo del 50%.

experimentales distribuidas completamente al azar (ver tabla 2).

Semillas uniformizadas por tamaño, como se enunció previamente, fueron plantadas en el campo a razón de 100 semillas por tratamiento y por repetición a una profundidad de tres cm en cinco surcos separados a 20 cm. Las semillas se sembraron con una separación de cinco cm (20 plantas por surco) con el micrópilo hacia abajo. Las variedades se distribuyeron en bloques al azar con cinco replicaciones (ver mapa de campo) en dos localidades : Tesorito y Montelindo (ver tabla 3).

Las variables que se evaluaron fueron :

Porcentaje de germinación (GERM): se determinó a los cinco y doce días después de la siembra en las pruebas de laboratorio y a los 12 días después de la siembra a nivel de campo.

Longitud de hipocótilo (LH) : se determinó midiendo la distancia entre la constricción que une el tallo con la radícula y la base de los cotiledones. Se hizo a los 12 días después de la siembra sobre el total de las plantas normales.

Días d emergencia (DAE): se tomó el número de días requeridos para una emergencia en el campo del 50%.

Tabla 2. Diseño de tratamientos para la prueba de germinación en el campo.
TABLA 2. Diseño de tratamientos para las pruebas de conductividad eléctrica y germinación en laboratorio.

Tratamiento	Variiedad	Temperatura
1	G 858	15 °C
2	G 2641	15 °C
3	G 12488	15 °C
4	G 811	15 °C
5	G 2331	15 °C
6	G 11820	15 °C
7	Radical	15 °C
8	Radicalito	15 °C
9	Cejeño	15 °C
10	Balín	15 °C
11	G 858	25 °C
12	G 2641	25 °C
13	G 12488	25 °C
14	G 811	25 °C
15	G 2331	25 °C
16	G 11820	25 °C
17	Radical	25 °C
18	Radicalito	25 °C
19	Cejeño	25 °C
20	Balín	25 °C

TABLA 3. Diseño de tratamientos para la prueba de germinación en el campo.

Tratamiento	Variedad						Lugar
1	G 858						Tesorito
2	G 11820	G 11820	G 12488	G 2641	G 2641	G 2641	Tesorito
3	G 11820	G 11820	G 12488	G 2641	G 2641	G 2641	Tesorito
4	G 811						Tesorito
5	Radical	G 811	G 2331	G 2331	G 2331	G 2331	Tesorito
6	Radical	G 811	G 11820	G 11820	G 11820	G 11820	Tesorito
7	Radical						Tesorito
8	Radicalito	G 811	G 2331	G 2331	G 2331	G 2331	Tesorito
9	Radicalito	G 811	G 2331	G 2331	G 2331	G 2331	Tesorito
10	Radicalito	G 811	G 2331	G 2331	G 2331	G 2331	Tesorito
11	G 858						Montelindo
12	G 11820	G 11820	G 12488	G 2641	G 2641	G 2641	Montelindo
13	G 11820	G 11820	G 12488	G 2641	G 2641	G 2641	Montelindo
14	G 811						Montelindo
15	G 11820	G 11820	G 12488	G 2641	G 2641	G 2641	Montelindo
16	G 11820	G 11820	G 12488	G 2641	G 2641	G 2641	Montelindo
17	Radical						Montelindo
18	Radicalito						Montelindo
19	Cejeño						Montelindo
20	Balín						Montelindo

FIGURA 3. Distribución de las variedades en el campo.

G2331
G858
G811
Radicalito
Cejeño
Balln
Radical
G11820
G2641
G12488

G2331
G12488
Radicalito
G2641
G11820
Balln
G858
Cejeño
Radical
G811

Radicalito
G858
G2331
Balln
G12488
G11820
G811
Radical
Cejeño
G2641

Radical
G811
Radicalito
G2331
G11820
G2641
Cejeño
Balln
G12488
G858

G11820
Radicalito
G12488
Balln
G858
Cejeño
Radical
G811
G2641
G2331

lectura. Las lecturas fueron expresadas en M (micro) Siemens por cm^{-1} por gramo de semilla ($M \cdot cm^{-1} / gr$).

Porcentaje de transferencia (PT): se determinó luego que las plántulas y cotiledones fueron secados y pesados separadamente, el secado se condujo en estufa a $85^{\circ}C$ durante 24 horas. Según Buxton y Sprenger⁹² (1976), el porcentaje Valera de conductividad obtenidos a $15^{\circ}C$, se ajustaron a la temperatura estándar de transferencia está dado por la siguiente fórmula :

$$P.T. = \frac{\text{Peso seco de plántula sin cotiledones} \times 100}{\text{Peso seco de plántula + cotiledones}}$$

R25 = Medida de resistencia a los 25 °C.

Fascos de vidrio conteniendo 60 ml de agua destilada se acondicionaron durante 15 horas a temperaturas de $15^{\circ}C$ y $25^{\circ}C$. Posteriormente, 25 semillas por

replicación y por variedad, previamente pesadas, fueron colocadas en cada frasco para su imbibición. Los frascos así preparados, fueron sometidos a las condiciones de temperatura establecidas, por un período de seis horas. Después del período de imbibición, los frascos fueron sacados individualmente y la conducti-

vidad eléctrica del agua de imbibición fue medida mediante un conductímetro Metrohm Herisau, modelo E 527 (figura 4). El mismo procedimiento anterior se empleó para determinar la conductividad eléctrica con semilla escarificada.

La celda que contiene el electrodo, cuya constante fue de $0,82 \text{ cm}^{-1}$ fué lavada en tres beakers diferentes que contenían agua destilada, después de cada

92

BUXTON and SPRENGER, op. cit. p. 244.

lectura. Las lecturas fueron expresadas en M (micro) Siemens por cm^{-1} por gramo de semilla ($\text{Ms cm}^{-1}/\text{gr}$).

Valores de conductividad obtenidos a 15°C , se ajustaron a la temperatura estandar de 25°C utilizando la siguiente fórmula :

$$R_{25} = R_t (1 - 0,025 t)$$

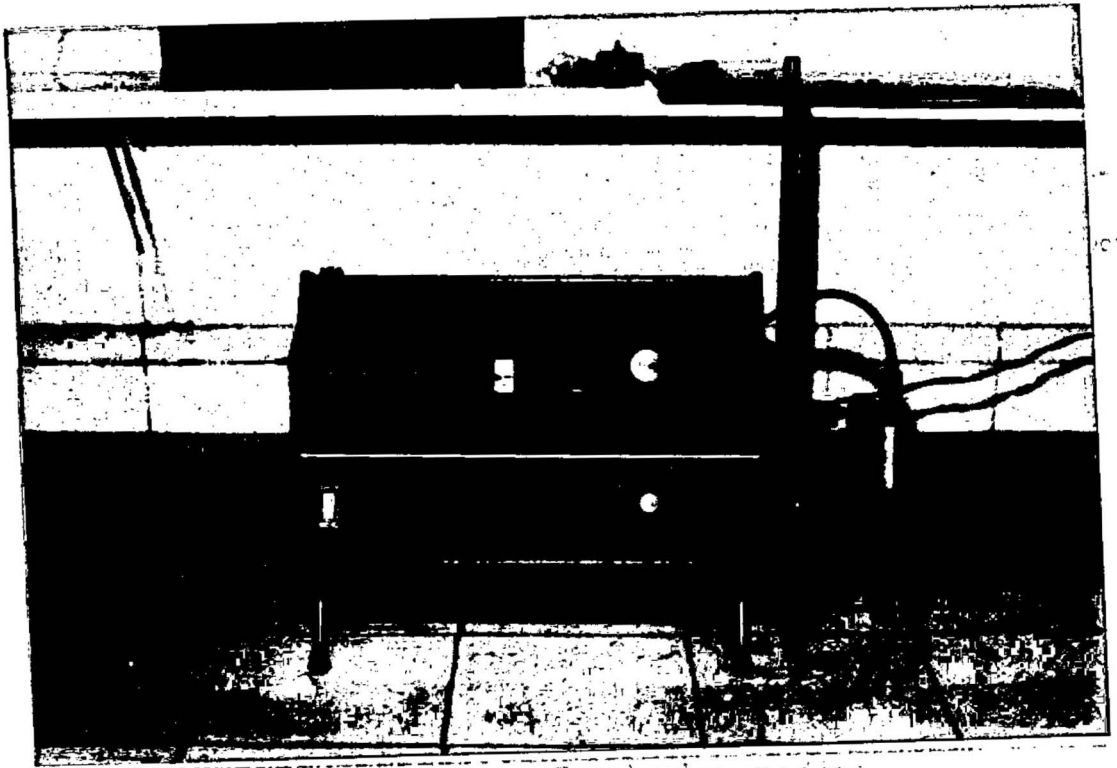
R_{25} = Medida de resistencia a los 25°C

R_t = Medida de resistencia a los 15°C

t = Diferencia entre las dos temperaturas.

El experimento fue conducido de acuerdo a un arreglo factorial de 2×10 , con las unidades distribuidas completamente al azar y con seis replicaciones.

3. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS



F.V.	G.L.	Cuadrados medios			
		GERM.	UH	CI	I
Variedad(V)	9	849.42**	37.50**	11691**	3.8 x 10 ⁻⁴
Temperatura(T)	1	653.50**	624.72**	12.140**	0.017**
V x T	9	255.00**	20.00**	224**	7.2 x 10 ⁻⁴
Error	160				

FIGURA 4. Equipo medidor de la conductividad eléctrica.

** Significancia estadística al nivel del 1%.

3. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Revista Colombiana de Biología, 1982, 27, 33-42, 1983, 28, 1-10

3.1. GERMINACION Y CRECIMIENTO EN EL LABORATORIO.

Los resultados de los análisis de varianza para las variables de interés

Las diferencias entre variedades y temperaturas, así como el efecto de la interacción variedad por temperatura, resultaron altamente significativas para el porcentaje de germinación, longitud de hipocótilo, porcentaje de transferencia y peso seco de las plántulas (ver tabla 4).

Por otra parte, para analizar la interacción, los parámetros de interés fueron:

TABLA 4. Resultados de los análisis de varianza para las variables porcentaje de germinación a los 5 días (GERM), longitud de hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT) y peso seco de plántulas (PSP) en el laboratorio.

F.V.	G.L.	Cuadrados medios			
		GERM.	LH	PT	PSP
Variedad(V)	9	849.42**	37.50**	1.091**	8.8×10^{-3} **
Temperatura(T)	1	653.30**	624.72**	12.148**	0.0171**
V x T	9	256.00**	20.02**	538**	2.2×10^{-3} **
Error	100	30.18	2.75	59.4	1.88×10^{-4}

** Significancia estadística al nivel del 1%.

indicando que conforme transcurre el tiempo, las diferencias en germinación. En general, la germinación fue un 4.9% mayor a 25 °C que a 15 °C. Sin embargo, las variedades Balin y G 811 germinaron mejor a la temperatura más baja (15 °C). Asimismo, cuando las semillas fueron germinadas a 15 °C, la diferencia entre municipios y temperaturas debería haberse reflejado en la longitud del hipocotilo, el peso seco de las plántulas y el porcentaje de transferencia. Para el caso de las variedades local de hipocotilo, los resultados concuerdan con previos reportes en los cuales se concluyó que bajas temperaturas reducen la germinación y el crecimiento debido a las alteraciones en el metabolismo de las plantas.⁹³ Los resultados de transferencia y peso seco de plántulas (figuras 5, 7 y 8), respectivamente, concuerdan con previos reportes en los cuales se concluyó que bajas temperaturas reducen la germinación y el crecimiento debido a las alteraciones en el metabolismo de las plantas.⁹³ Los resultados de transferencia y peso seco de plántulas (figuras 5, 7 y 8), respectivamente, concuerdan con previos reportes en los cuales se concluyó que bajas temperaturas reducen la germinación y el crecimiento debido a las alteraciones en el metabolismo de las plantas.⁹³

El efecto altamente significativo de la interacción variedad por temperatura para cada una de las variables de respuesta, aparece representado en las figuras 5, 6, 7 y 8. Para graficar las interacciones, los puntos sobre el eje "X" están representados por las variedades, ordenadas de menor a mayor, según los promedios de cada parámetro evaluado; en el eje "Y" se encuentran los promedios de los mismos. Los resultados indican que mientras algunas variedades germinaron igualmente bien a las dos temperaturas (G 12488, G 858, Radical, G 11820 y G 811), otras sólo germinaron bien a 25 °C (G 2331 y G 2641). Resulta interesante hacer notar que cuando el porcentaje de germinación fue evaluado a los 12 días después de la siembra, todas las variedades germinaron similarmente a ambas temperaturas.

De acuerdo a los valores promedio de los parámetros de respuesta obtenidos a los 12 días después de la siembra, todas las variedades germinaron igualmente bien a las dos temperaturas (G 12488, G 858, Radical, G 11820 y G 811), otras sólo germinaron bien a 25 °C (G 2331 y G 2641). Resulta interesante hacer notar que cuando el porcentaje de germinación fue evaluado a los 12 días después de la siembra, todas las variedades germinaron similarmente a ambas temperaturas.

⁹³ CHRISTIANSEN, The physiology of plant tolerance to temperature extremes, SUXTON, op.cit., pp. 173-191.

indicando que, conforme transcurre el tiempo, las diferencias en germinación causadas por las temperaturas a las cuales la prueba fue conducida tienden a eliminarse. Consecuentemente, la evaluación de la germinación para detectar diferencias entre genotipos y temperaturas, debería hacerse a los pocos días de iniciada la prueba. Para el caso de las variables longitud de hipocótilo, porcentaje de transferencia y peso seco de plantas (figuras 6, 7 y 8) respectivamente), se observó que las diferencias entre las dos temperaturas se incrementaban conforme los valores promedios por variedad se hacían mayores para tales parámetros. La longitud de hipocótilo, el peso seco y la habilidad de las plantas para utilizar las reservas cotiledonares, han sido considerados como índices de vigor⁹⁴⁻⁹⁵. En tal sentido, puede decirse que las variedades con semillas de buen vigor, fueron más severamente afectadas por la baja temperatura (15 °C) que aquellas con semillas de más bajo vigor. Sin embargo, también es cierto, que en general, aquellas variedades que crecieron bien a 25 °C también tendieron a tener un comportamiento similar a 15 °C.

De acuerdo a los valores promedios de las variables de respuesta obtenidos a 15 °C, las variedades de mejor comportamiento fueron G 811 y G 12488, en

94

ARISTIZABAL, Efectos de la temperatura y la escarificación mecánica sobre la pérdida de electrolito durante la imbibición de semillas de soya. op. cit. sp.

95 BUXTON, op. cit. p. 244.

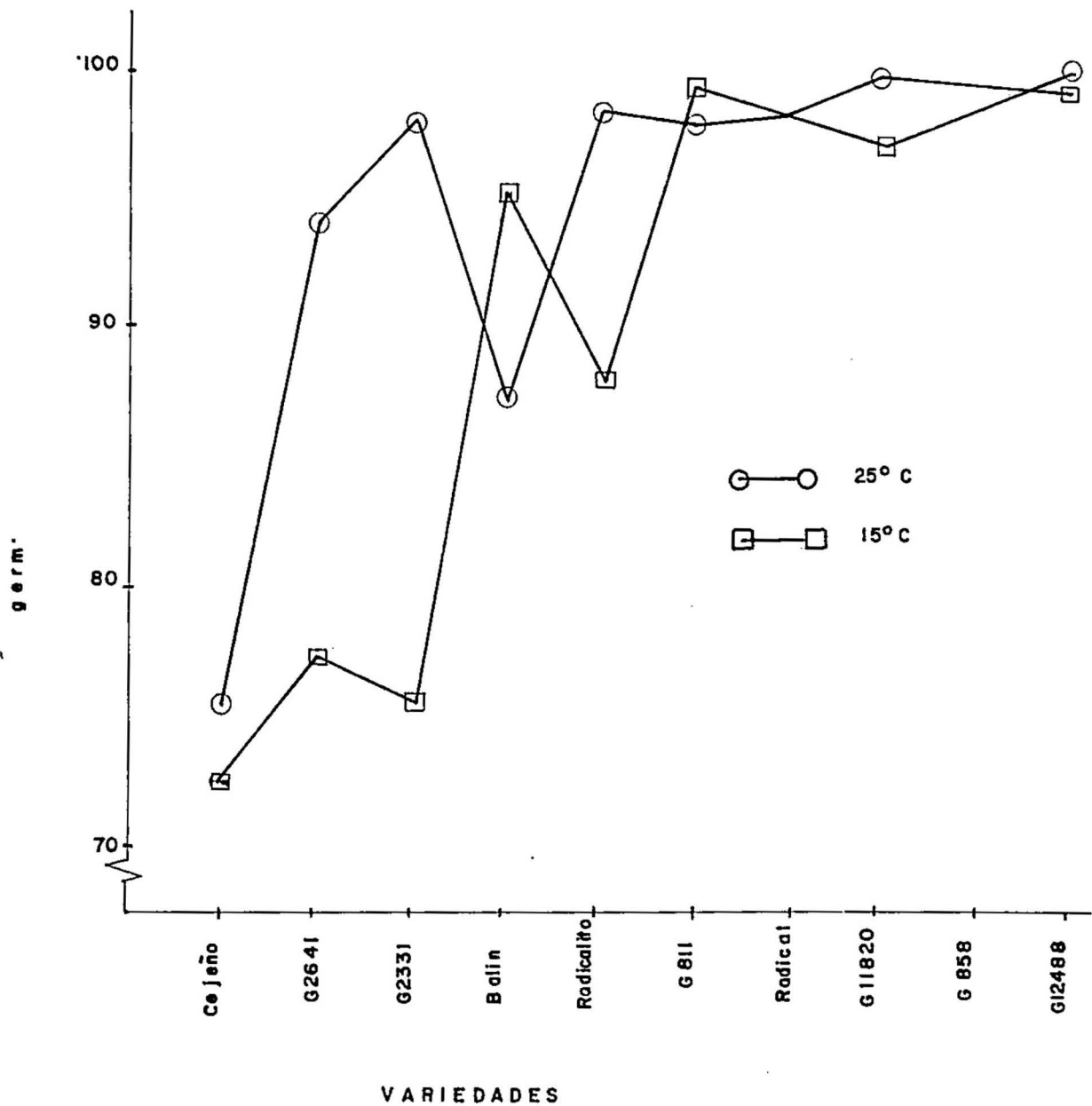


FIGURA 5. Interacción variedad por temperatura para el porcentaje de germinación a nivel de pruebas de laboratorio

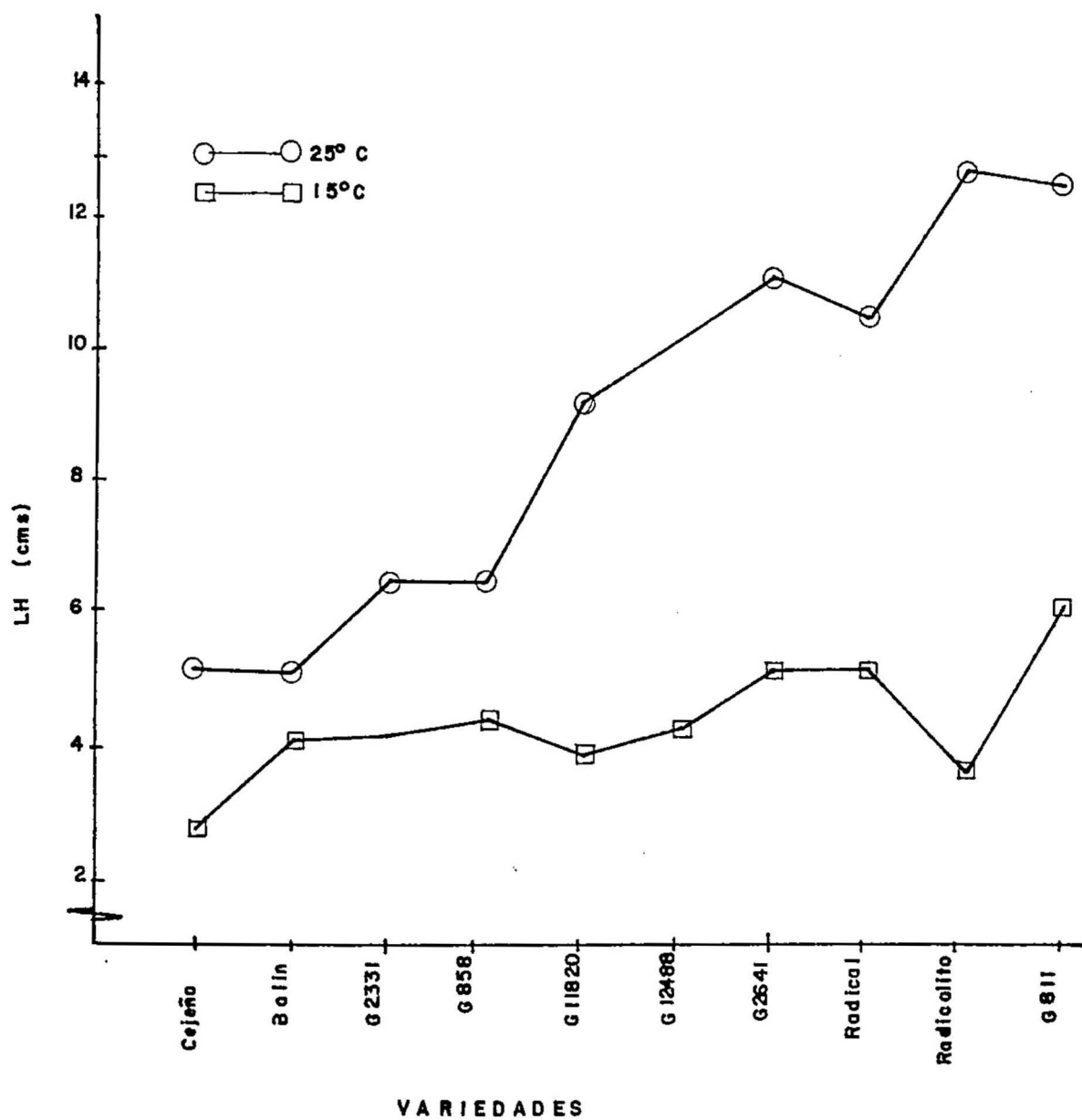


FIGURA 6. Interacción variedad por temperatura para la longitud del hipocotilo (LH) a nivel de pruebas de laboratorio.

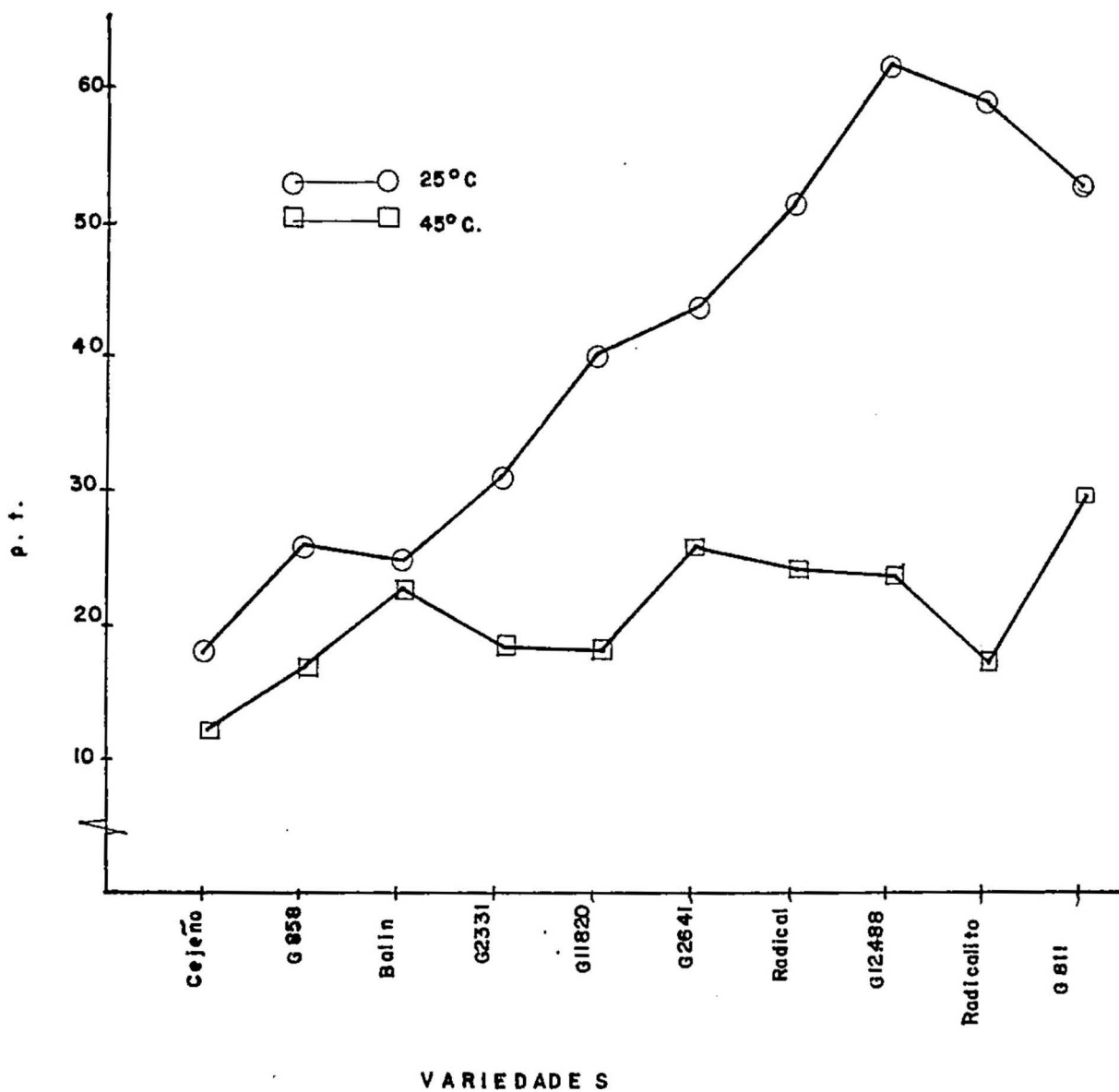


FIGURA 7. Interacción variedad por temperatura para el porcentaje de transferencia (p%) a nivel de prueba de laboratorios.

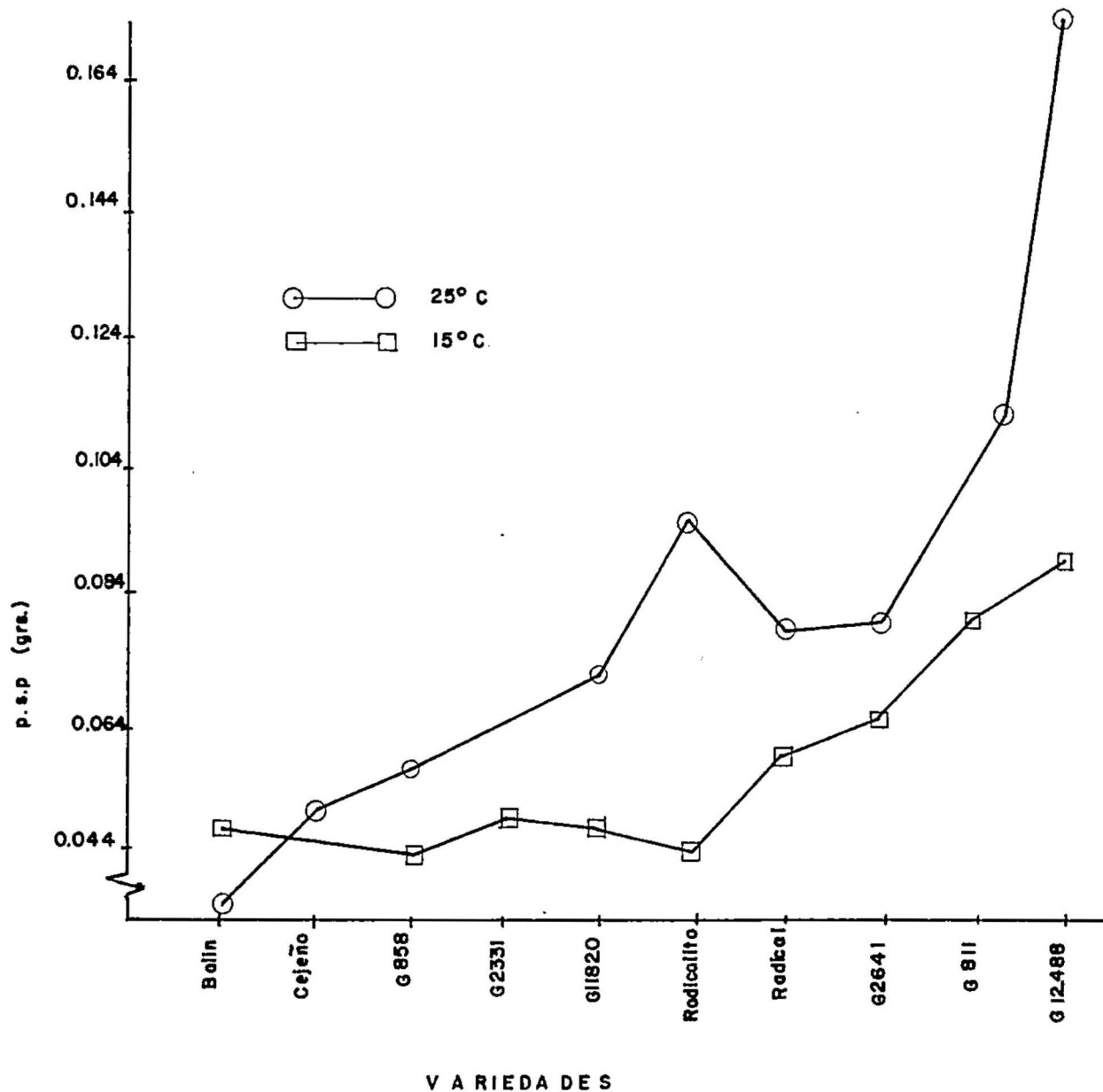


FIGURA 8. Interacción variedad por temperatura para el peso seco de plantulos (psp) a nivel de pruebas de laboratorio

oposición al bajo comportamiento de las variedades radicalito y cejeño. A 25 °C, los mejores promedios se observaron en G 12488 y radicalito, en contraste con balín y cejeño. Al ser comparadas las dos temperaturas, las variedades G 811, G 12488 y Cejeño, no fueron afectadas por la baja temperatura; el bajo promedio presentado por esta última variedad para las dos temperaturas, se debe posiblemente a su bajo vigor. La variedad Radicalito fue sumamente afectada por la baja temperatura (ver tablas 5 y 6).

TABLA 5. Ordenamiento, de menor a mayor, de 10 variedades de frijol de acuerdo a sus valores promedios de las variables de respuesta obtenidos a 15 °C y 25 °C.

Variedad	15 °C				25 °C			
	GERM	LH	PT	PSP	GERM	LH	PT	PSP
G 2331	9	6	6	5	7	8	7	7
G 2641	8	2	2	3	8	5	5	4
G 12488	1*	5	4	1	1	3	1	1
G 11820	5	8	7	6	2	6	6	6
Radical	4	3	3	4	4	4	4	5
Cejeño	10**	10	9	8	10	9	10	9
Radicalito	7	9	8	9	5	1	2	3
G 811	2	1	1	2	6	2	3	2
G 858	3	4	10	10	3	7	8	8
Balín	6	7	5	7	9	10	9	10

* Primer puesto (mejor)

** Décimo puesto.

TABLA 6. Promedios de porcentaje de germinación (GERM), longitud de hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT) y peso seco de plántulas (PSP) para 10 variedades de frijol en el laboratorio (*).

Variedad**	Conductividad		% GERM	LH	PT	PSP
	No.escarif.	Escarific.				
G 2331	6,285a	24,60a	86,66ab	5,33ab	24,67abc	0,0598bc
G2641	7,650a	23,40a	85,66a	7,66de	34,70cde	0,077c
G 12488	14,503b	35,10a	99,66c	7,690d	37,90de	0,133d
G 11820	15,677b	34,90a	98,66c	6,52cd	29,15bcd	0,060bc
Radical	20,772 c	33,60a	98,66c	7,86de	37,80de	0,072c
Cejeño	22,050c	27,10a	74,00d	3,98a	14,89a	0,049ab
Radicalito	26,300d	40,20a	93,33ab	8,18e	38,40de	0,070c
G 811	29,100d	38,90a	98,66c	9,40e	41,33e	0,096d
G 858	34,998e	45,02a	99,16c	5,49abc	21,17ab	0,050ab
Balín	38,467e	48,60a	91,30ab	4,60ab	23,69ab	0,040a

(*) Promedios dentro de cada columna acompañados de letras distintas, son diferentes según la prueba de Tukey al 5%.

(**) Variedades ordenadas de menor a mayor, según los promedios de conductividad eléctrica.

3.2. GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO EN EL CAMPO.

El análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas entre localidades, para las variables días a emergencia, porcentaje de germinación, porcentaje de transferencia, longitud de hipocótilo y peso seco de plántulas. Entre variedades, las diferencias fueron altamente significativas para los días a emergencia, el porcentaje de germinación, la longitud de hipocótilo, el porcentaje de transferencia y el peso seco de plántulas; mientras que el efecto de la interacción variedad por localidad resultó significativo para la longitud del hipocótilo, el porcentaje de transferencia y el peso seco de plántulas (ver tabla 7).

En general, la germinación y los días a emergencia fueron un 7.4% mayor y un 45.2% menor en Montelindo que en Tesorito, respectivamente; sin embargo, la variedad Radicalito presentó mejor germinación en Tesorito, mientras que la variedad Cejeño presentó la menor germinación y los mayores valores de días a emergencia en las dos localidades. Así mismo, cuando las semillas fueron germinadas en Tesorito, el peso seco de plántulas y el porcentaje de transferencia se redujeron en un 50.6% y un 10.8% respectivamente; mientras que la longitud del hipocótilo se incrementó en un 4%, en comparación con los valores obtenidos en Montelindo. El efecto de la interacción variedad por localidad no resultó significativo para las variables germinación y días a emergencia, lo cual indica que todas las variedades tuvieron un comportamiento similar para los dos parámetros en las dos localidades. Esto se debe, posiblemente y en contraste con

TABLA 7. Resultados de análisis de varianza para las variables días a emergencia (DAE), porcentaje de germinación (GERM), longitud del hipocótilo (LH), porcentaje de transferencia (PT) y peso seco de plántulas (PSP), en el campo.

F.V.	G.L.	Cuadrados medios				
		DAE	GERM	LH	PT	PSP
Entre localidades	1	384.16**	1.149.21**	1.40**	2530**	1.049**
Entre bloques/local.	8	4.50**	173.81**	0.45*	57,45*	$7,2 \times 10^{-3**}$
Entre variedades	9	8,28**	403.81**	4.61**	167.70**	0.012**
V x L	9	0.37	43.32	1.01**	84.01**	$2,5 \times 10^{-3*}$
Error	72	0.30	31.37	0.22	21.47	$1,06 \times 10^{-3}$

** Significancia al nivel del 1%

* Significancia al nivel del 5%

las condiciones de laboratorio, a los cambios de bajas a altas temperaturas en el campo, lo cual impide la manifestación de la lesión causada por el frío debido a su carácter reversible⁹⁵.

El efecto altamente significativo de la interacción variedad por localidad para longitud del hipocótilo, porcentaje de transferencia y peso seco de plántulas, aparece representado en las figuras 9, 10, y 11 respectivamente. En general, la longitud del hipocótilo de las variedades, fue similar para las dos localidades, presentándose los mayores promedios en Tesorito, a excepción de las variedades Balín, G 811 y G 858. Ahora bien, aunque la temperatura en Tesorito es más baja que en Montelindo, la elongación del hipocótilo fue mayor allí, debido posiblemente a la menor luminosidad. Para el caso de las variables porcentaje de transferencia y peso seco de plántulas, los mejores comportamientos se observaron en Montelindo presentándose mayores diferencias en el porcentaje de transferencia entre las variedades de promedios más bajos, lo cual indica que las semillas de bajo vigor tuvieron menor habilidad para utilizar las reservas cotiledonares.

De acuerdo a los valores promedios de las variables de respuesta obtenidas en Tesorito, las variedades de mejor comportamiento fueron G 2331 y G 2641, en oposición al bajo comportamiento de las variedades G 858 y Cejeño. En Montelindo, los mejores promedios se observaron en G 811 y G 12488, en contraste con G 858

95

BUXTON, op. cit. pp. 243-246.

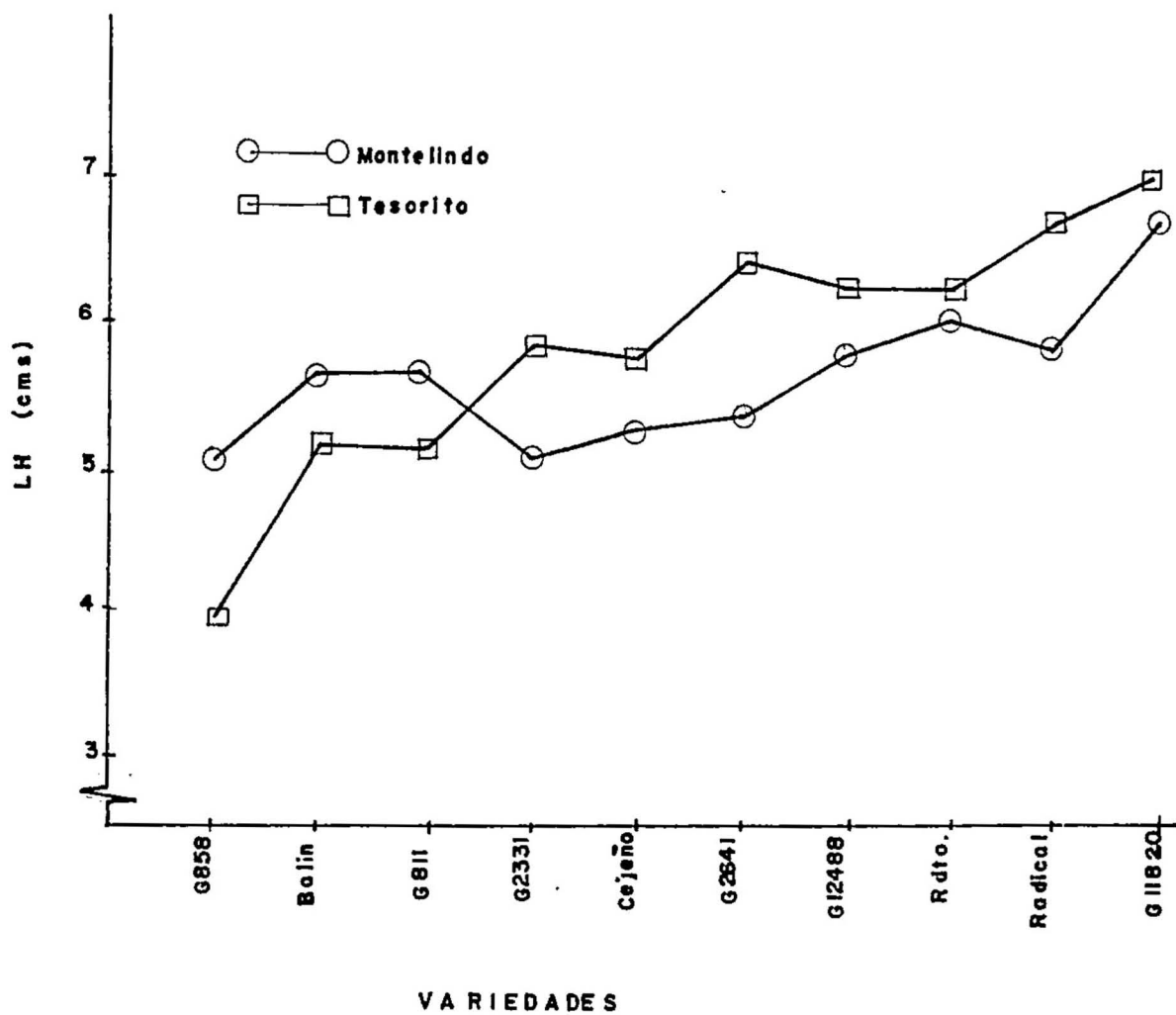


FIGURA 9. Interacción variedad por localidad para la longitud del hipocotilo (LH)

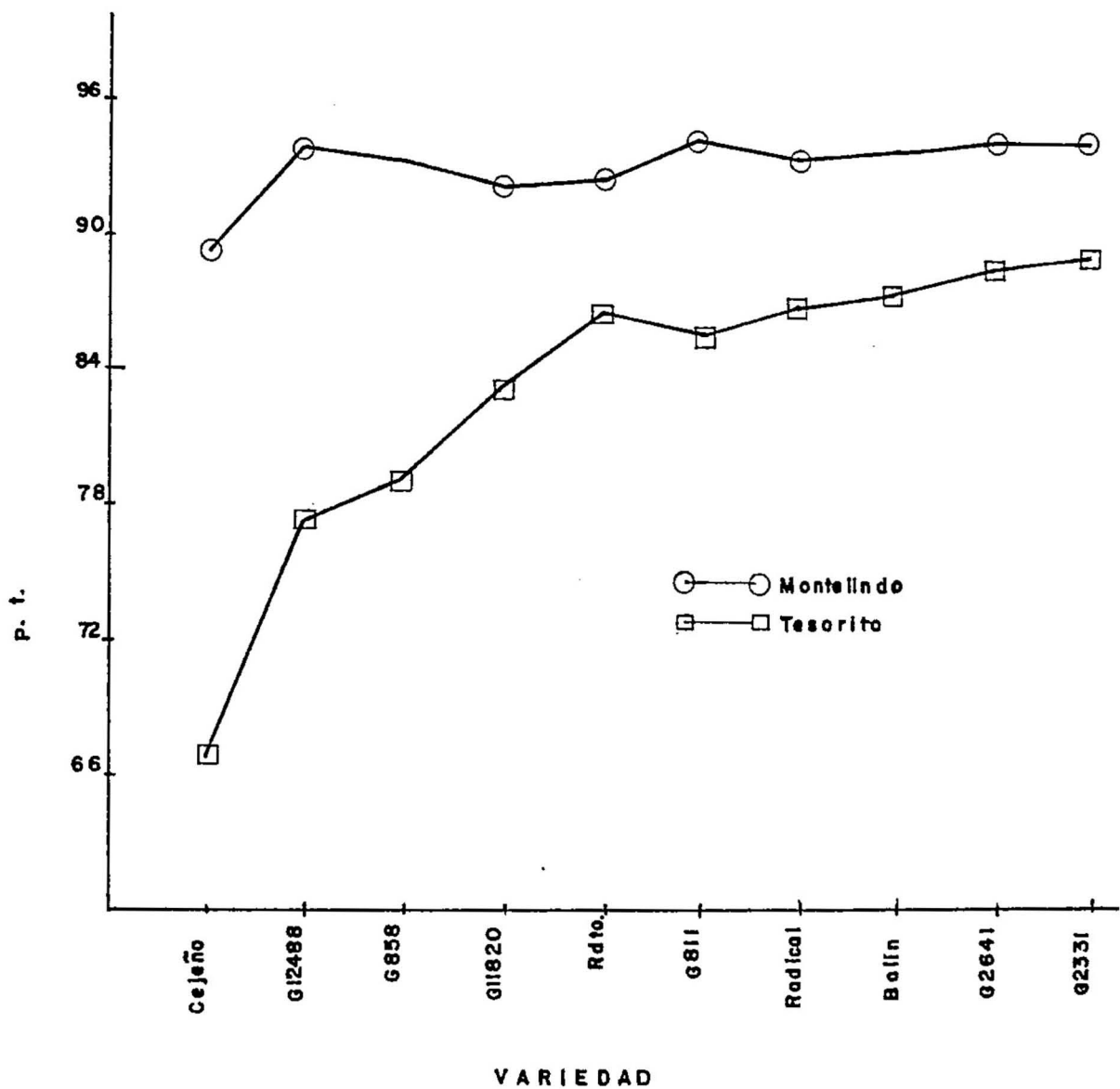


FIGURA 10. Interacción variedad por localidad para el porcentaje de transferencia (pt).

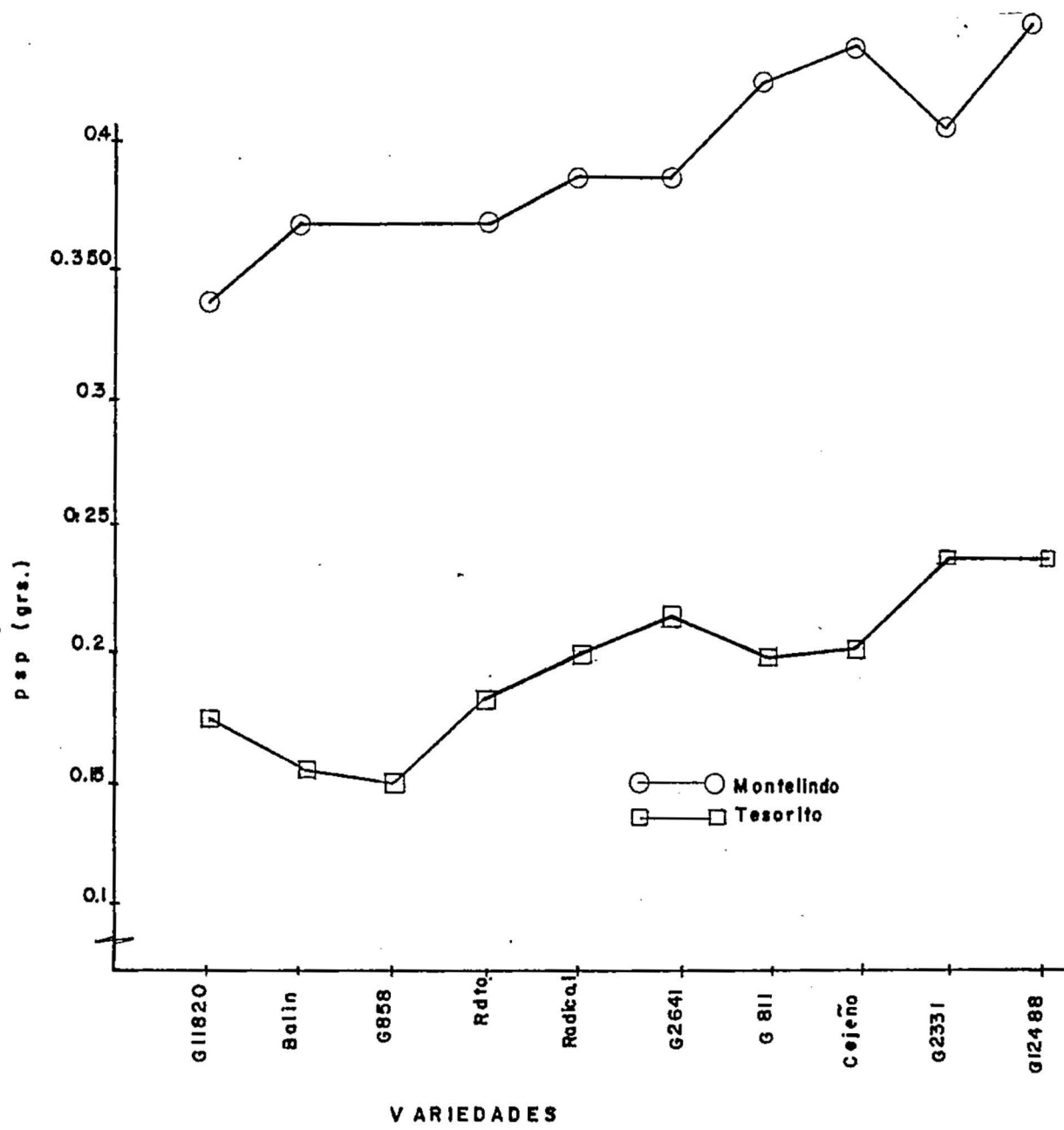


FIGURA II. Interacción variedad por localidad para el peso seco de plantula (psp)

y Cejeño. Ahora bien, las variedades de mejor comportamiento, tanto en Tesorito como en Montelindo, fueron G 2331 y G 2641. Las variedades G 858 y Cejeño presentaron los menores promedios en ambas localidades. Es de anotar que la variedad Cejeño presentó normal comportamiento para ambas localidades debido a su bajo vigor (ver tablas 8 y 9).

3.3. PERDIDA DE SOLUTOS DURANTE LA IMBIBICION.

Las diferencias entre variedades y temperaturas así como el efecto de la interacción variedad por temperatura, resultaron altamente significativas para la conductividad eléctrica del agua de imbibición de semillas no escarificadas (ver tabla 10).

Los valores de conductividad eléctrica fueron un 33.2% y un 11% mayores a 25 °C que a 15 °C para el agua de imbibición de semillas no escarificadas y escarificadas respectivamente. Las diferencias anteriores demuestran la influencia de la temperatura durante la imbibición de las semillas. Posiblemente, las altas temperaturas favorecen una mayor permeabilidad de la testa del frijol y, por lo tanto, causan un mayor daño a las membranas celulares, propiciando así una mayor pérdida de electrolitos.

El efecto altamente significativo de la interacción variedad por temperatura para la conductividad eléctrica del agua de imbibición con semillas no escarifica-

TABLA 8. Ordenamiento, de menor a mayor, de 10 variedades de fríjol de acuerdo a sus valores promedios de las variables de respuesta obtenidas en "Tesorito" y "Montelindo".

Variedad	Tesorito					Montelindo				
	GERM	DAE	LH	PT	PSP	GERM	DAE	LH	PT	PSP
G 2331	4	1*	6	1	1	1	3	9	2	4
G 2641	7	2	3	2	3	6	1	7	3	5
G 12488	1	8	5	9	2	3	4	4	4	1
Radical	6	6	2	4	5	5	8	3	6	6
Cejeño	10**	10	7	10	4	10	10	8	10	2
Radicalito	2	4	4	5	7	8	6	2	8	7
G 811	3	3	9	6	6	2	2	5	1	3
G 858	5	7	10	8	10	4	7	10	7	8
Balfn	8	5	8	3	9	9	5	6	5	9

* Primer puesto

** Décimo puesto

das, se muestra en la figura 12. En general, las diferencias entre temperaturas para cada variedad, sugieren que la pérdida de electrolitos se incrementa en diferente proporción al ser embebidas a 25 °C. Es así como el incremento para las variedades de menor conductividad eléctrica es de un 100%, mientras que para las variedades de mayor conductividad eléctrica tan sólo es de un 10%. La no significancia con semillas escarificadas es debido a la eliminación de la testa.

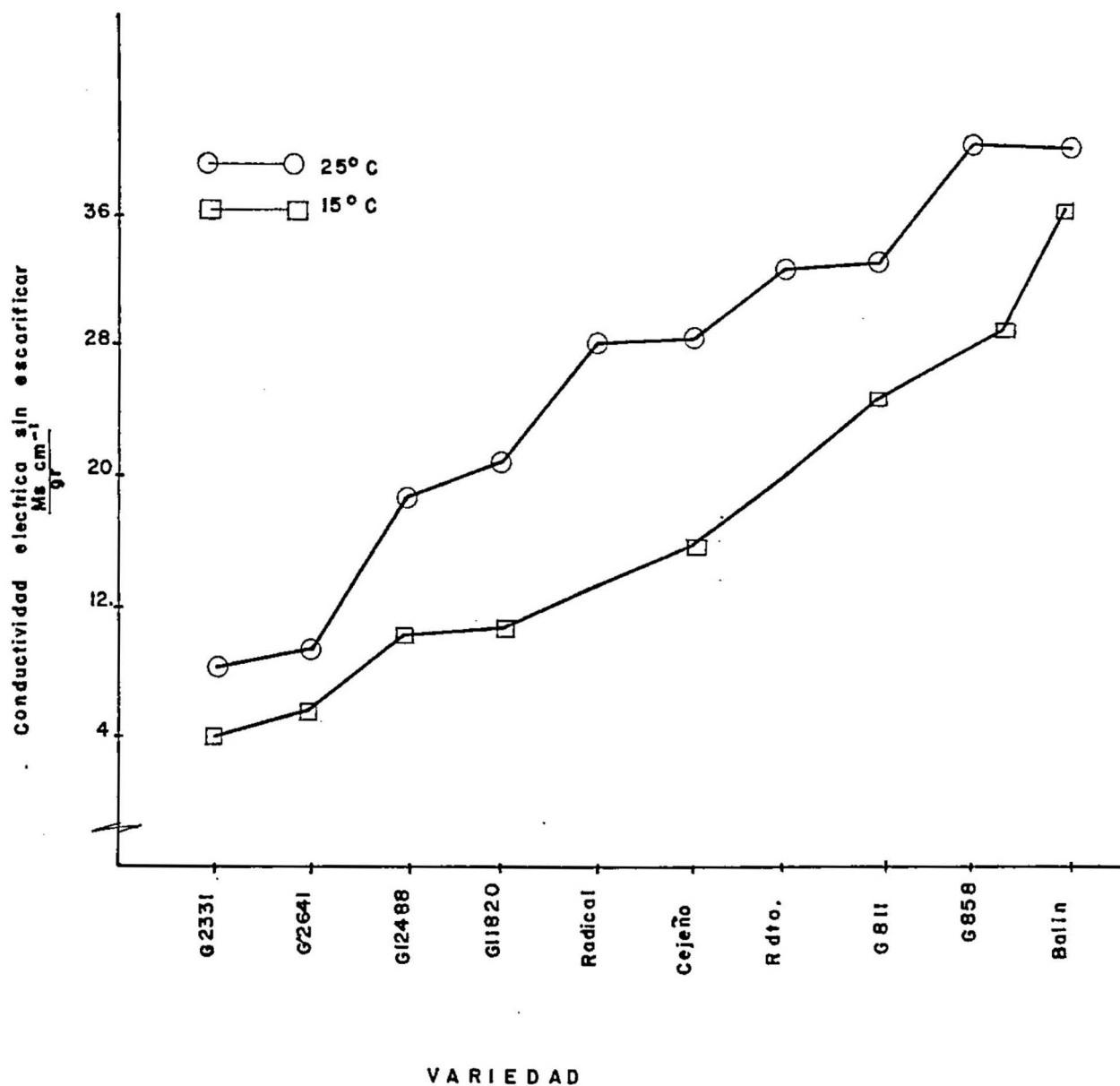


FIGURA 12. Interacción variedad por temperatura para la conductividad eléctrica con semilla sin escaificar a 15° C y 25° C

TABLA 9. Promedios de porcentaje de germinación (GERM), longitud de hipocó-
tulo (LH), Porcentaje de transferencia (PT), peso seco de plántulas
(PSP) para 10 variedades de frijol, en el campo (*):

Variedad	% GERM	DAE	LH	PT	PSP
G 2331	93.1b	6.1a	5.46a	91.56a	0.33cd
G 2641	89.0b	6.1a	5.89a	91.25a	9.30abc
G 12488	93.0b	6.6ab	6.01a	85.68a	0.36d
G11820	83.2a	7.3b	6.86b	87.72a	0.26a
Radical	90.4ab	6.6ab	6.26b	90.20a	0.30abc
Cejeño	72.2c	9.1c	5.49a	78.02b	0.30cd
Radicalito	89.3ab	6.4a	6.16ab	89.72a	0.28ab
G 811	92.3b	6.1a	5.40a	90.05a	0.31bc
G 858	91.2ab	6.6ab	4.33c	86.05a	0.26 ab
Balfn	86.4ab	6.3a	5.4a	90.63a	0.26a

*Promedios dentro de cada columna acompañados de letras distintas son diferentes al nivel del 5%, según la prueba de Tuckey.

lo que facilitó la pérdida de electrolitos especialmente en las variedades que poseen testa dura.

TABLA 10. Resultados del análisis de varianza para la conductividad eléctrica del agua de imbibición obtenida con semillas no escarificadas y escarificadas.

F.V.	G.L.	Cuadrados medios	
		No escarificada	Escarificadas
Variedad	9	1410.3**	565.6-
Temperatura	1	2367.9**	333.7-
V x T	9	50.8**	33.9-
Error	100	9.3	559.2

** Significancia estadística al nivel del 1%

- no denota significancia.

3.4. COMPARACIONES DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA CON LOS PARAMETROS DEL CRECIMIENTO.

3.4.1. A nivel de laboratorio.

Los promedios de conductividad eléctrica de semillas escarificadas y no escarificadas embebidas a 15 °C y 25 °C, fueron correlacionados con los valores promedios de porcentaje de germinación, longitud del hipocótilo, peso seco de plántulas y porcentaje de transferencia de 10 variedades de frijol germinadas a 15 °C y 25 °C. Los resultados se incluyen en la tabla 11.

En general, no hubo asociación entre la conductividad eléctrica y las variables evaluadas, a excepción de la comparación entre la conductividad eléctrica de semillas escarificadas y el porcentaje de germinación a 15 °C (ver figura 13).

TABLA 11. Coeficientes de correlación para comparaciones entre la conductividad eléctrica de semillas escarificadas (valor superior) y no escarificadas (valor inferior) embebidas a 15 °C y 25 °C durante seis horas.

Temperatura	GERM	LH	PSP	PT
15 °C	SE † 0.724*	0.049	-0.235	0.025
	SI †† -0.472	0.069	-0.231	0.195
25 °C	SE 0.157	0.018	-0.078	0.025
	SI -0.151	-0.130	-0.266	-0.153

* Significancia estadística al 5%

† Semilla escarificada

†† Semilla no escarificada.

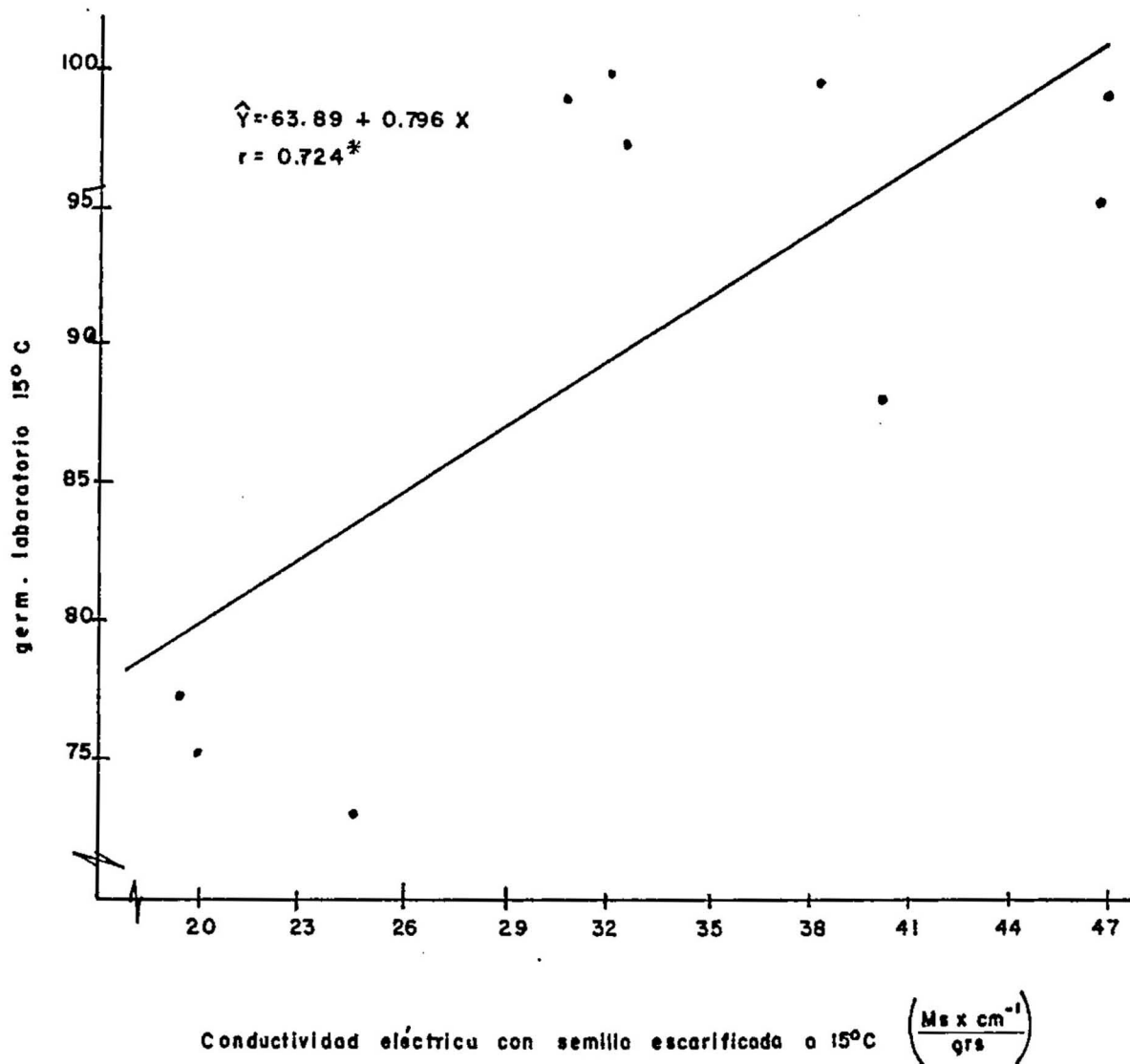
Esta correlación fue significativa y positiva, indicando una relación directa entre las variables. Además, a pesar que los valores de los coeficientes de correlación entre la conductividad eléctrica de semilla no escarificada y las diferentes variables evaluadas fueron bajos, en general hubo tendencia a existir una

relación inversa, ya que se presentaron coeficientes negativos para el porcentaje de germinación (- 0.472) y peso seco de plántulas (-0.231) a 15 °C y para el porcentaje de germinación (- 0.151), la longitud de hipocólito (- 0.130), el peso seco de plántulas (-0.266) y el porcentaje de transferencia (-0.153) a 25 °C.

En general, los coeficientes de correlación fueron menores cuando los parámetros de crecimiento fueron comparados con la conductividad eléctrica de semillas escarificadas, que cuando las comparaciones se hicieron con la conductividad eléctrica de semillas no escarificadas, a excepción del porcentaje de germinación, tanto a 15 °C como a 25 °C, y del peso seco de plántula a 15 °C. Así mismo, generalmente los coeficientes de correlación fueron mayores cuando la temperatura base de comparación fue 15 °C que cuando fue 25 °C. Posiblemente ésto se deba a que las variedades evaluadas habían sido recolectadas de variedades cuyas pruebas regionales se estaban llevando a cabo en clima frío. En este sentido, se considera que la procedencia del material que se evalúa influye en la respuesta del mismo a las diferentes pruebas de laboratorio, especialmente cuando éstas son conducidas a bajas temperaturas.

3.4.2. A nivel de campo.

Los valores promedios de la conductividad eléctrica de semillas escarificadas y no escarificadas embebidas a 15 °C y 25 °C, fueron luego comparados con los



* Significancia al 5%

FIGURA 13. Diagrama de dispersión y línea de mayor ajuste para la correlación conductividad eléctrica de semilla escarificada a 15 %, % germinación (germ) a 15° C.

valores promedios de días a emergencia, porcentaje de germinación, longitud del hipocótilo, peso seco de plántulas y porcentaje de transferencia, en el campo (ver tabla 12).

Los resultados indican que hubo un bajo grado de asociación entre la conductividad eléctrica y los parámetros de crecimiento, a excepción de las comparaciones entre la conductividad eléctrica de semillas escarificadas y no escarificadas

TABLA 12. Coeficientes de correlación para comparaciones de la conductividad eléctrica de semillas escarificadas y no escarificadas con los parámetros del crecimiento obtenidos en el campo.

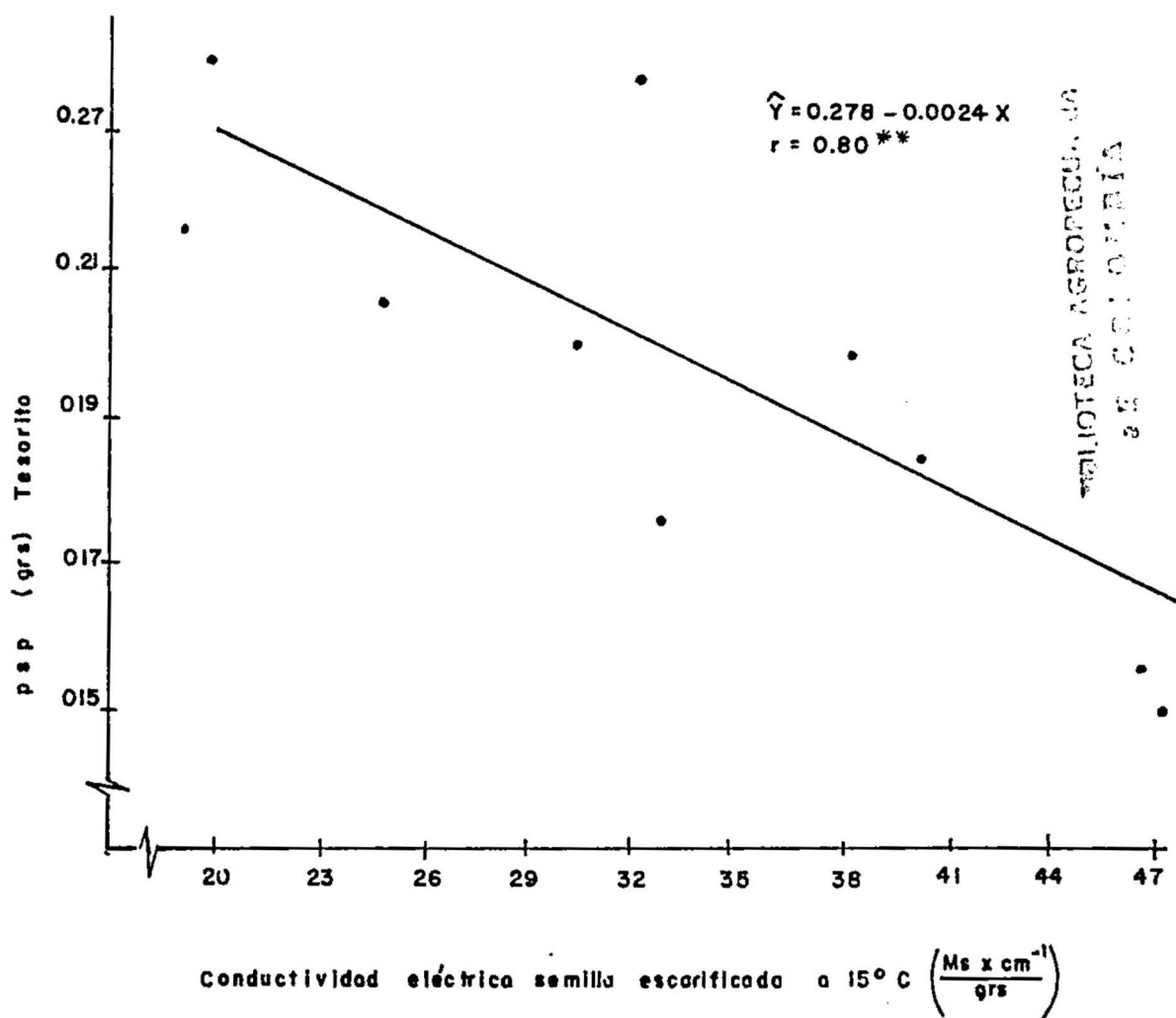
Lugar		DAE	GERM	LH	PSP	PT
Tesorito	SE*	-0.153	0.255	-0.560	-0.8**	0.033
	SI*+	0.080	0.015	-0.035	-0.797**	0.039
Montelindo.	SE	-0.330	0.060	0.180	-0.276	0.252
	SI	0.115	-0.242	0.014	-0.226	-0.051

** Significancia estadística al nivel del 1%

* Semilla escarificada

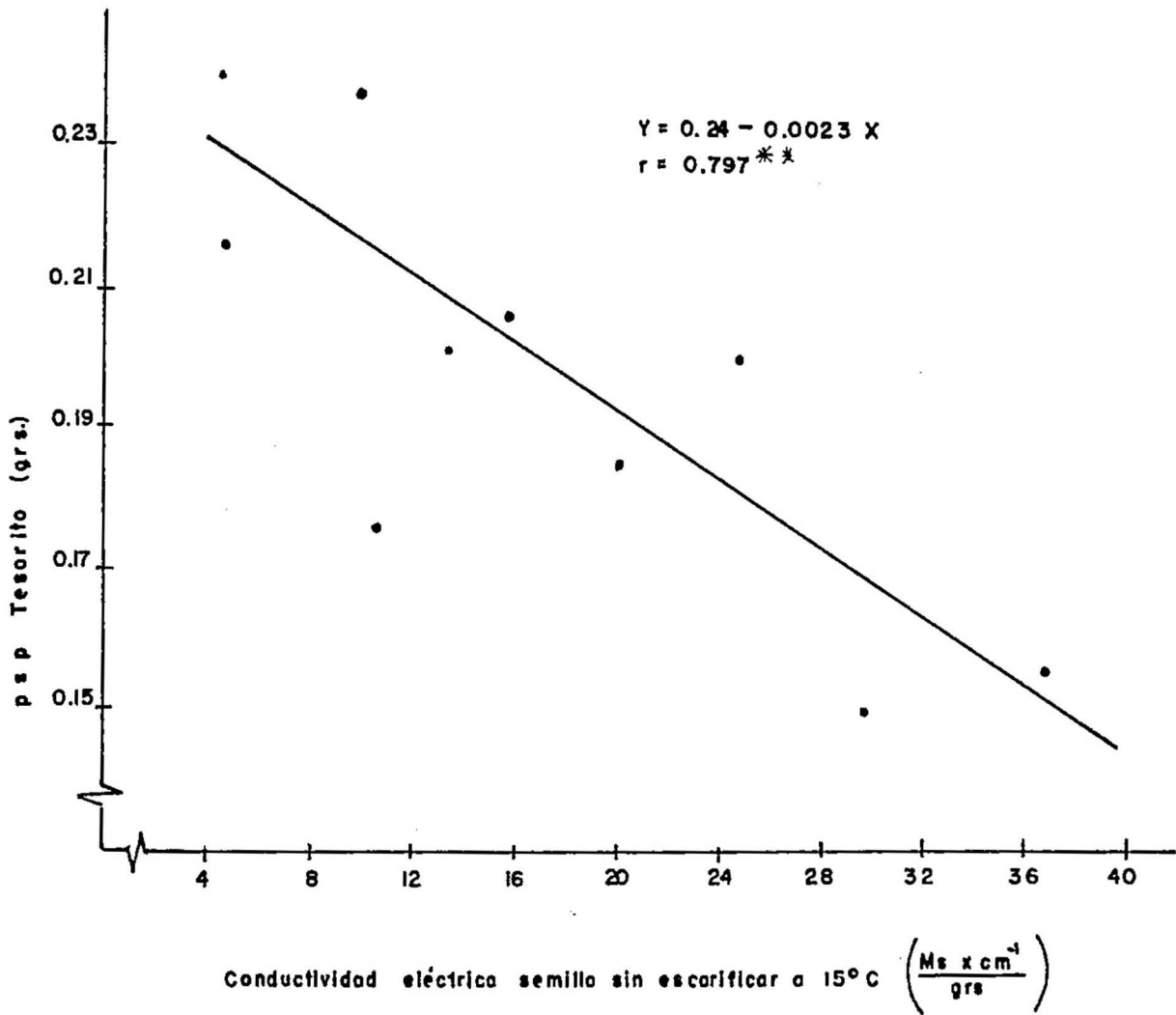
+ Semilla no escarificada.

con la variable peso seco de plántulas en Tesorito, figuras 14 y 15. Estas correlaciones fueron altamente significativas y negativas, lo cual significa que a menor conductividad eléctrica, mayor es el peso seco de plántulas. Aunque en Mon-



** Significancia al 1%

FIGURA 14. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15° C, peso seco de plantula (psp) en Tesorito.



** Significancia al 1%

FIGURA 15 Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semillas sin escarificar a 15° C, peso seco de plantula (p s p) en Tesorito.

telindo la relación también fue inversa, esta no llegó a ser significativa.

Los valores altos y negativos de los coeficientes de correlación fueron más frecuentes a nivel de campo que de laboratorio, tanto para semillas escarificadas como no escarificadas. Siendo la conductividad eléctrica de estas últimas la que mostró la tendencia a relacionarse inversamente con los parámetros de crecimiento.

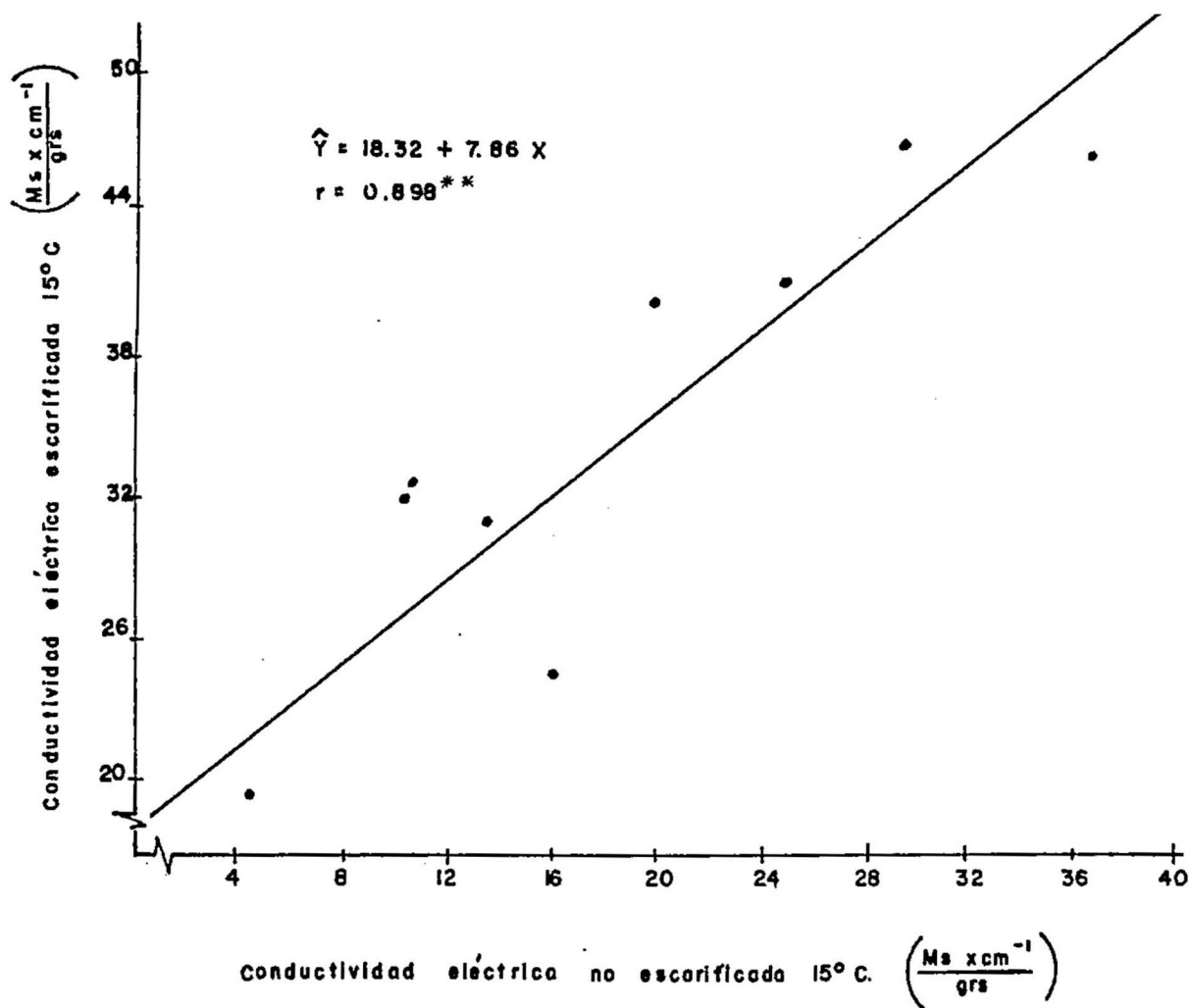
Las correlaciones altamente significativas entre la conductividad eléctrica con el peso seco de plántulas, tanto para semillas escarificadas como no escarificadas, indica que cualquiera de los dos métodos es confiable para evaluar esta variable.

Los valores promedios de la conductividad eléctrica del agua de imbibición de semillas escarificadas y no escarificada se correlacionaron entre sí y los resultados se incluyen en la tabla 13.

TABLA 13. Coeficientes de correlación para comparaciones de la conductividad eléctrica de semillas escarificadas embebidas a 15 °C y 25 °C con los valores correspondientes de semillas no escarificadas.

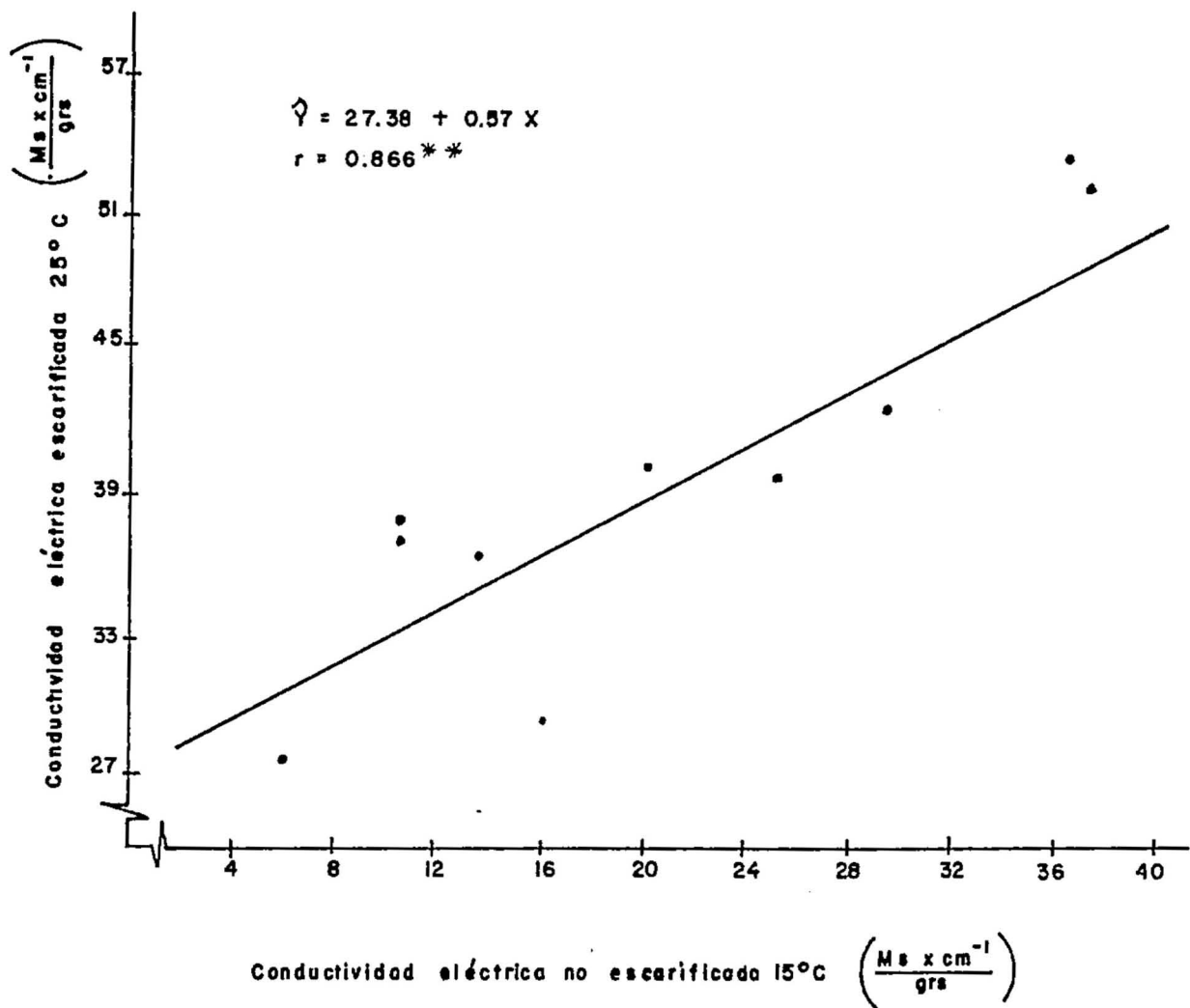
	Semilla	
	15 °C	25 °C
No escarificada	15 °C	0.898 **
	25 °C	0.802 **

** Significancia estadística al nivel del 1%.



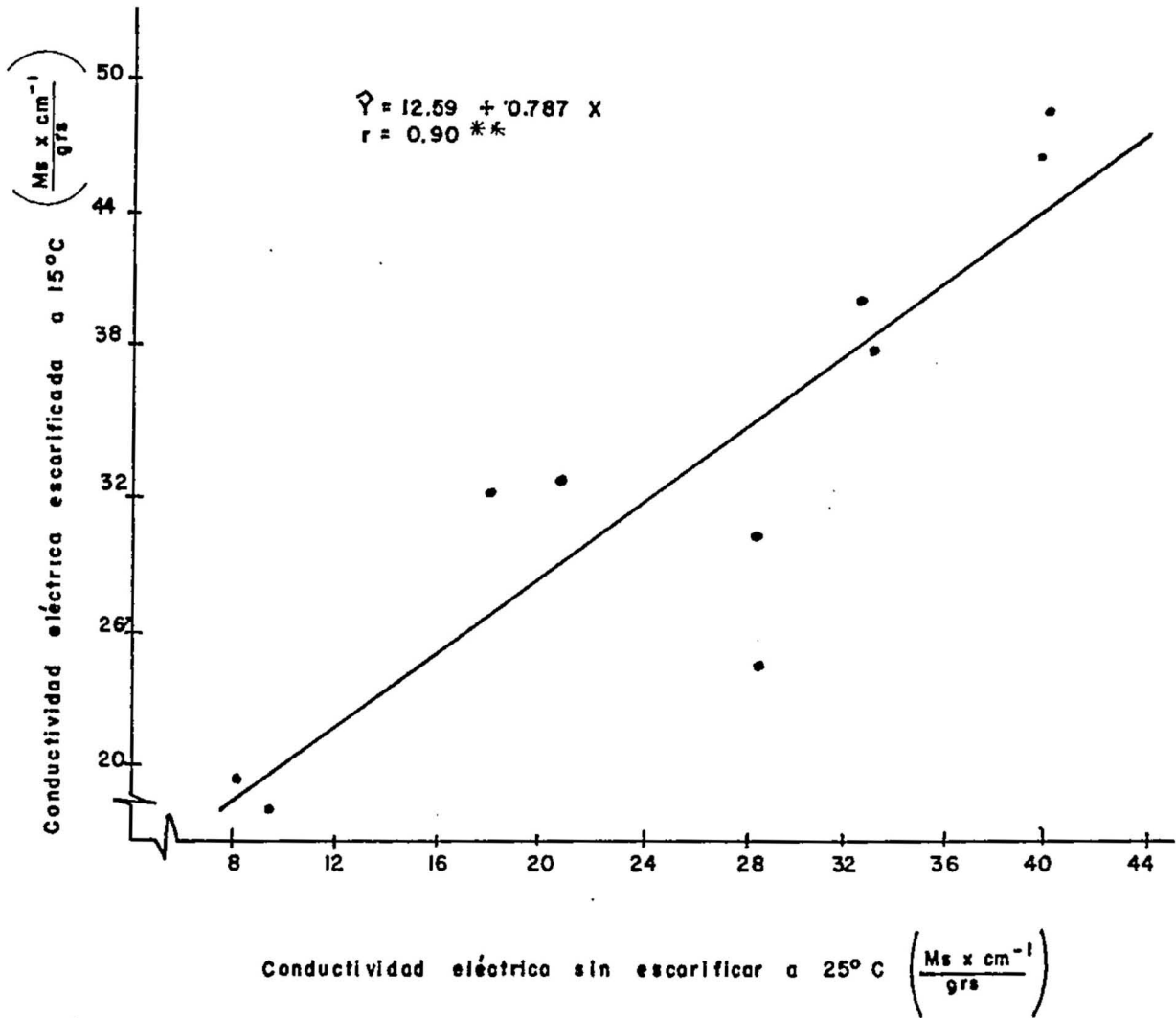
** Significancia al 1%

FIGURA 16. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica en semilla no escarificada a 15° C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15° C.



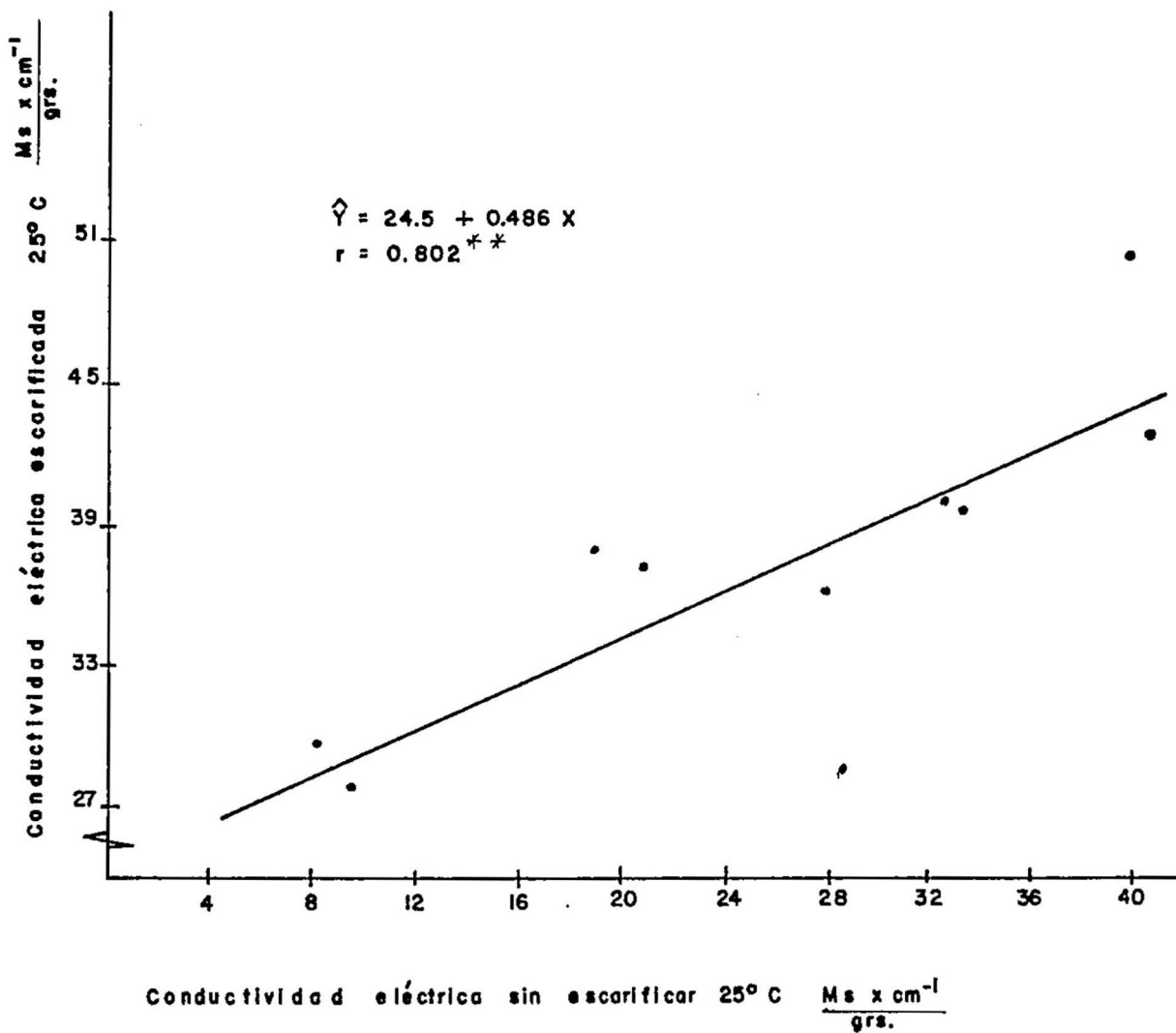
** Significancia al 1%

FIGURA 17. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla no escarificada a 15° C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 25° C.



** Significancia al 1%

FIGURA 18. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación: conductividad eléctrica con semilla sin escarificar a 25° C, conductividad eléctrica con semilla escarificada a 15° C.



** Significancia al 1%

FIGURA 19. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación conductividad eléctrica con semilla sin esscarificar a 25° C, conductividad eléctrica con semilla esscarificada a 25° C.

Los resultados muestran correlaciones altamente significativas y positivas para todas las comparaciones (figuras 16, 17, 18 y 19) y a su vez indican que a mayores valores de la conductividad (a 15 °C y 25 °C) para semillas no es-carificadas, corresponden mayores valores de la misma variable para semilla es-carificada.

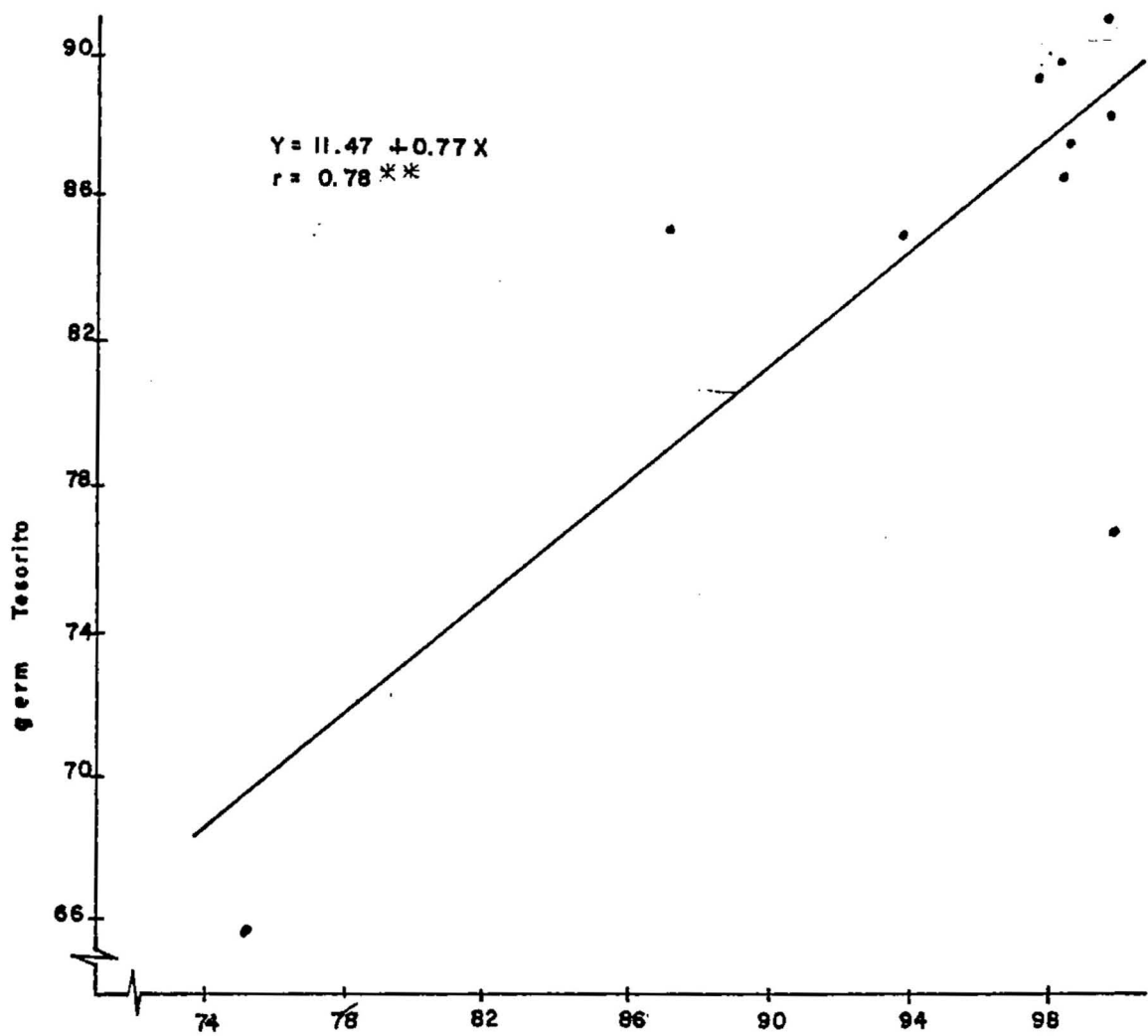
3.4.3. Comparación de los parámetros evaluados en el laboratorio con sus res-pectivos en el campo.

Finalmente, los valores promedios de los parámetros del crecimiento obtenidos en el laboratorio se compararon con sus valores correspondientes en condiciones de campo (ver tabla 14).

TABLA 14. Coeficientes de correlación para comparaciones de germinación(GERM), longitud de hipocótilo (LH), peso seco de plántula (PSP) y porcentaje de transferencia (PT) en el laboratorio a 15 °C y 25 °C con los valores correspondientes a "Tesorito" (valor superior) y "Montelindo" (va-lor inferior".

Temperatura	GERM	LH	PT	PSP
15 °C	0.426	-0.120	0.486	0.564
	0.406	-0.050	0.781**	0.501
25 °C	0.780**	0.402	0.443	0.549
	0.793**	0.495	0.481	0.551

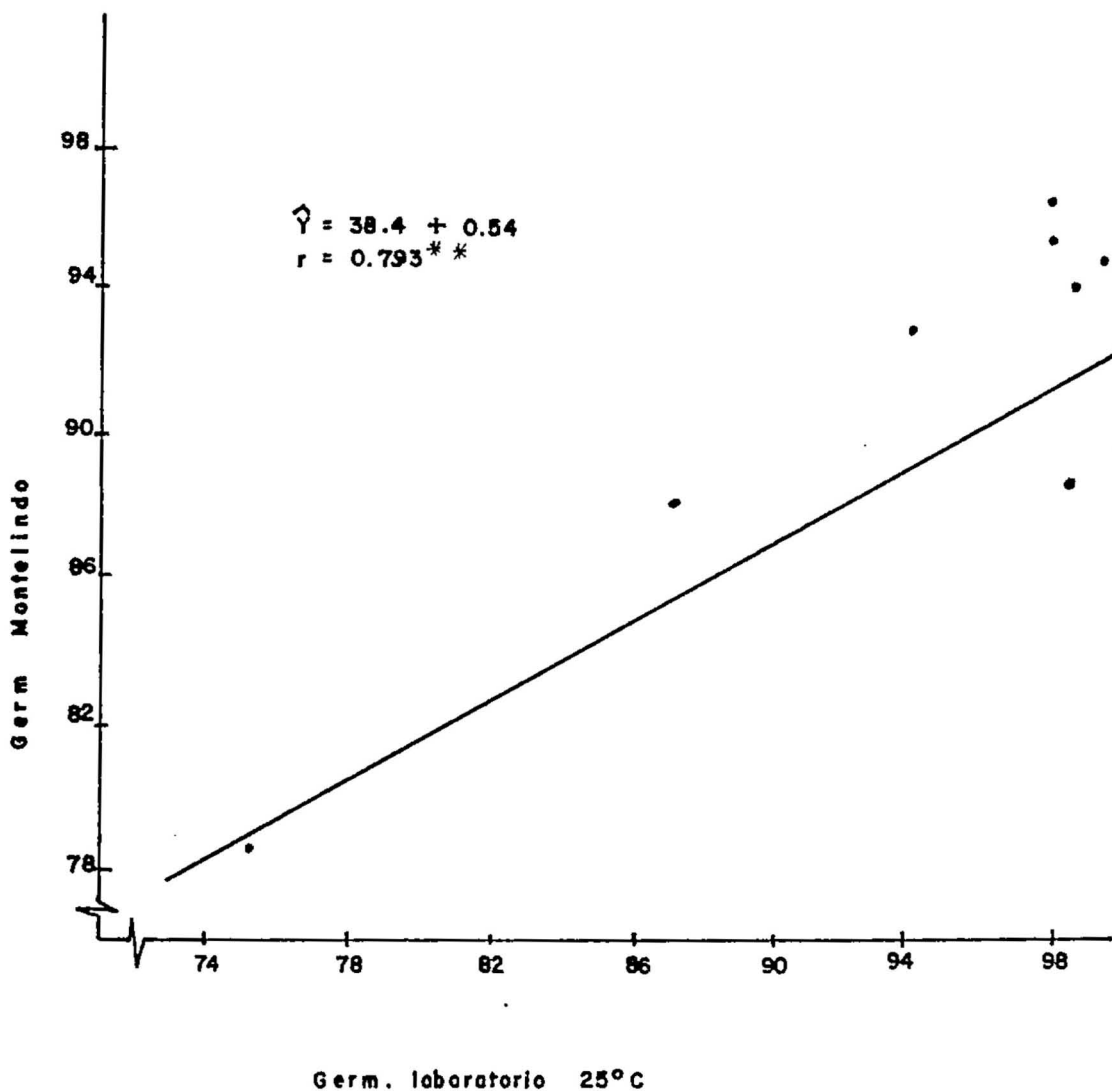
** Significancia estadística al nivel del 1%.



Germ. laboratorio 25° C.

** Significancia al 1%

FIGURA 20. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación porcentaje de germinación (germ) a 25° C, % germinación (germ) en Tesorito.

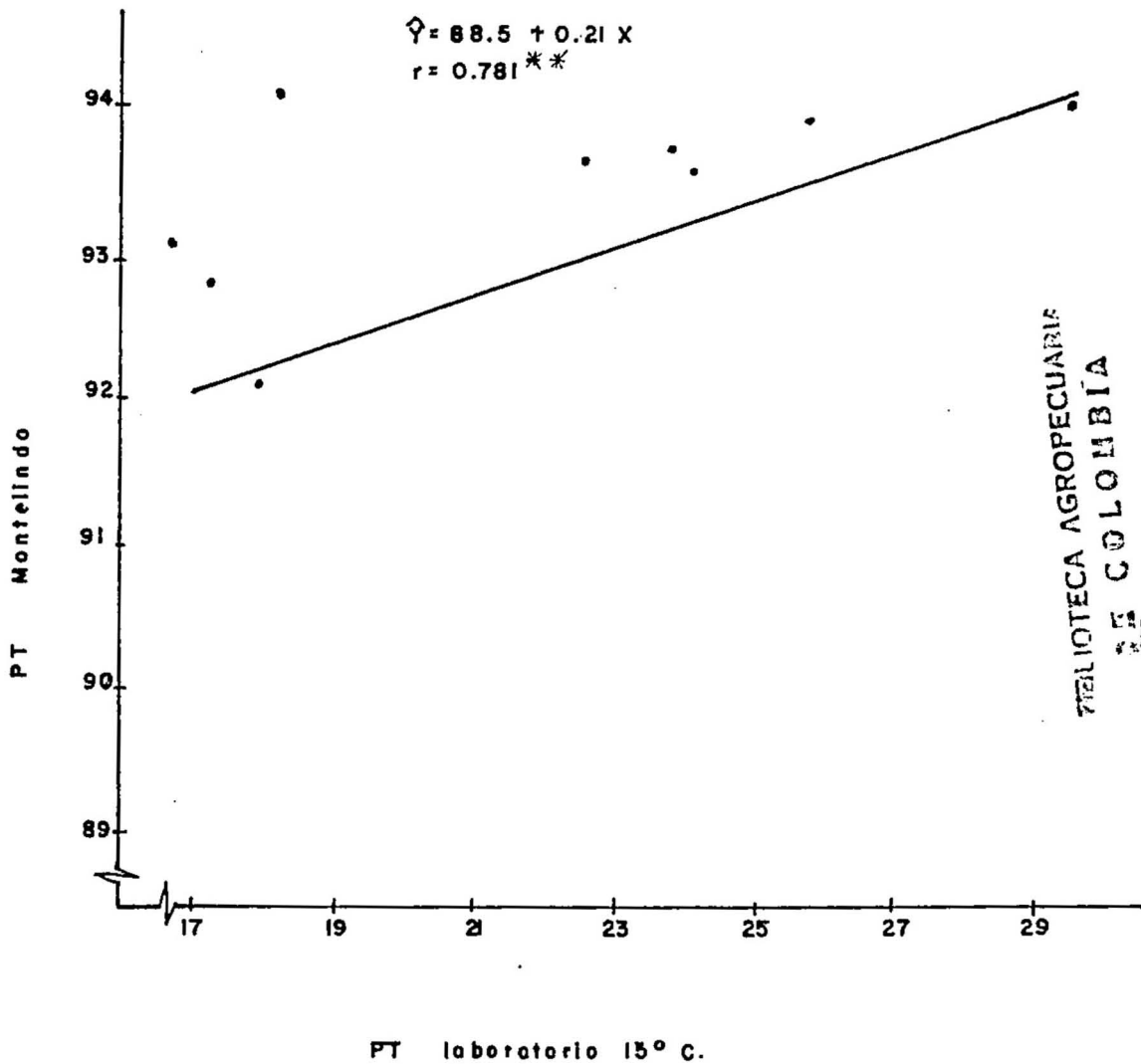


** Significancia al 1%

FIGURA 21. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación % germinación (germ) a 25°C, % germ (germ) en Montelindo.

Los valores promedios para el porcentaje de germinación obtenidos en Tesorito y Montelindo, se correlacionaron significativa y positivamente con los valores del mismo parámetro, medidos en el laboratorio a 25 °C (figuras 20 y 21). Los valores del porcentaje de transferencia obtenidos en Montelindo presentaron una correlación alta y positiva con la misma variable evaluada a 15 °C (figura 22). Las demás comparaciones no presentaron significancia.

En general, se observa que los parámetros de crecimiento obtenidos a 15 °C se asociaron mejor con los valores correspondientes obtenidos en Tesorito, mientras que los obtenidos a 25 °C, en el laboratorio, se asociaron mejor con los valores correspondientes obtenidos en Montelindo.



** Significancia al 1%

FIGURA 22. Diagrama de dispersión y línea de mejor ajuste para la correlación % de transferencia (pt) a 15°C, % de transferencia (pt) en Montelindo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. La escarificación de la cubierta seminal incrementó la conductividad eléctrica del agua de imbibición a 15 °C y 25 °C.
2. La conductividad eléctrica del agua de imbibición fue mayor a 25 °C que a 15 °C, tanto para semillas escarificadas como para semillas no escarificadas.
3. La conductividad eléctrica del agua de imbibición de semillas escarificadas y embebidas a 15 °C, presentó un alto grado de asociación con el porcentaje de germinación determinado a la misma temperatura.
4. El peso seco de plántulas obtenido a las condiciones de Tesorito, presentó un buen grado de asociación con la conductividad eléctrica del agua de imbibición de semillas escarificadas y no escarificadas puestas a imbibir a 15 °C.

5. El porcentaje de germinación evaluado a 25 °C en el laboratorio, puede emplearse como un buen índice de la germinación en el campo.
6. Salvo algunas excepciones, la germinación y crecimiento de los materiales evaluados fueron mejores a 25 °C que a 15 °C.

4.2. RECOMENDACIONES:

La determinación de la conductividad eléctrica del agua de imbibición de semillas aún no puede ser empleada en la evaluación de la viabilidad y vigor de semillas de frijol, hasta tanto no se logre ajustar el método, para lo cual se sugiere lo siguiente :

1. Realizar experimentos tendientes a establecer el número de semillas, el volumen de agua y el tiempo de imbibición óptimos como elementos básicos de la prueba.
2. Establecer rangos de conductividad eléctrica del agua de imbibición que permita clasificar las semillas en diferentes niveles de viabilidad y vigor.
3. Conducir experimentos tendientes a esclarecer el papel de la cubierta seminal en las comparaciones de las pruebas de laboratorio con los resultados de campo.

4. Uniformizar el tamaño de la semilla cuando en las evaluaciones se incluyan variables fisiológicas interpretativas del vigor de plántulas.

- SIXTON, D.R. and SPENCER, J.J. Genetic variability for cotton seed germination at favorable and low temperatures. *Crop. Sci.* 16 : 243-246, 1976.
- GREEN STAG, R.P. and SPANLAGE, W.J. Reversibility of chilling injury to corn seedlings. *Plant. Physiol.* 47 : 389-392, 1971.
- THOMAS, L.M. and SCHNEIDER, I. Physiological and chemical differences in cold seeds. *Crop. Sci.* **BIBLIOGRAFIA**, 1969.
- CHRISTENSEN, M.M. Influence of chilling upon development of cotton. *Plant. Physiol.* 38 : 526-530, 1961.
- ABDUL-BAKI, A.A. and J.D., ANDERSON. Viability and leaching of sugar from germinating barley. *Crop. Science.* 10 : 31-34, 1970.
- ARISTIZABAL, L.M. Efectos de la temperatura y la escarificación mecánica sobre la pérdida de electrolitos durante la imbibición de semillas de soya. Sp. (Para publicar en la Revista de la Universidad de Caldas) Manizales, 1983.
- _____. Respuesta de la soya (*Glycine max*) a diferentes condiciones de temperatura durante la terminación y el crecimiento inicial. Sp. (Para publicar en la Revista de la Universidad de Caldas). Manizales, 1983.
- DELOMONTE, G. Germination and seedling growth response of soybeans to low temperature laboratory germination tests. Thesis in Master of science. Iowa State University. Ames, 1983. 55-61, 1989.
- ARISTIZABAL, L.M. y BOTERO, J.R. Efectos del tamaño de la semilla y el tiempo de almacenamiento sobre el contenido de humedad, viabilidad, vigor y estado fitosanitario de semillas de frijol en Tesorito. Tesis de Grado. Universidad de Caldas. Manizales, 1980.
- AUSTIN, R.B. and MACLEAN, M.S.M. A method for screening phaseolus genotypes for tolerance to low temperatures. *J. Hortsciencé.* 47 : 279-290, 1972.
- BOROUGHES, H. and HUNTER, J.R. The effect of temperature on the germination of cacao seeds. *Proc. Amer. Soci. Hort. Sci.* 82: 222-234, 1963.
- BRADNOCK, W.T. and MATTHEWS, S. Assessing field emergence potential of wrinkled-seeded peas. *J. Hort., Res.* 10: 50-58, 1970.
- BRAMLAGE, W.J., LEOPOLD, A.C. and PARRISH, D.J. Chilling stress to soybean during imbibition. *Plant. Physiol.* 61 : 525-529, 1978.
- _____. and SPECHET, J.E. Imbibitional chilling sensitivity in soybean cultivars. *Crop Sci.* 19 : 811-814, 1979.

- BUXTON, D.R. and SPRENGER, P.J. Genetic variability for cotton seed germination at favorable and low temperatures. *Crop. Sci.* 16 : 243-246, 1976.
- CRENCIA, R.P. and BRAMLAGE, W.J. Reversibility of chilling injury to corn seedling. *Plant. Physiol.* 47 : 389-392, 1971.
- CHING, T.M. and SCHOOLCRAFT, I. Physiological and chemical differences in aged seeds. *Crop. Sci.* 8 : 407-409, 1968.
- CHRISTIANSEN, M.N. Influence of chilling upon development of cotton. *Plant. Physiol.* 38 : 520-522, 1963.
- _____. Influence of chilling upon subsequent growth and morphology of cotton seedlings. *Crop. Sci.* 4 : 584-586, 1964.
- _____. The physiology of plant tolerance to temperature extremes. In: Jungy A. C. crop tolerance to suboptimal land conditions. ASA special publication No. 32. Madison Wisconsin. pp. 173-191. 1978.
- _____. and LEWIS, O.F. Reciprocal differences in tolerance to seed hydration chilling injury in F1 progeny of *G. hirsutum* L. *Crop. Sci.* 13 : 210-212. 1973.
- DELOWCHE, J.C. y CALDWELL, W.P. Vigor de la semilla y los exámenes de vigor. In: Memoria de cursos sobre tecnología de semillas realizados en América Latina. AID. Bogotá, pp. 554-561, 1969.
- DICKSON, M.N. Breeding beans, *Phaseolus vulgaris* L. for improved germination under unfavorable low temperature conditions. *Crop. Sci.* 11 : 848-850. 1976.
- DUQUE O., H. y JARAMILLO, J.V. Efectos del daño mecánico y tiempo de almacenamiento sobre el contenido de humedad, viabilidad, vigor y estado fitosanitario de semillas de frijol en Santafé de Bogotá. Tesis de grado. Universidad de Caldas, Manizales, 1980.
- GUMISRIZA, G. and KNEWMAN, E.A. Constraints in using seed leachate characteristics to estimate seed vigor of varietal seed keeping quality comparisons in soybeans. *Soybean Genetics News Letter.* 9 : 87-91. 1981.
- HALLION, J.M. Solute loss from deteriorated cotton seed: Relationship between deterioration, seed moisture and solute loss. *Crop. Sci.* 15 : 11-15. 1975.
- HEYDECKER, W. Seed Ecology the better worth grow. London. pp. 311-323. 1973.
- _____. Vigour in : viability of seed. E.H. Roberts Ed. London: Chapman and Hall Ltd., 1974.

- HOBBS, P.R. and OBENDORF, R.L. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. *Crop. Sci.* 12 : 664-667, 1972.
- and WHITEHEAD, P. Factors influencing pre-germination chilling in
- HOVELAND, S.C. and ELKINS, D.M. Germination response of arrowleaf, ball and crimson clover varieties to temperature. *Crop. Sci.* 5 : 244-246, 1965.
- IBAÑEZ, M.L. A reversal of cacao seed sensitivity to cold. *Turrialba*, 13 : 31-32, 1963. *Cell wall rigidity and membranes. Plant. Physiol.* 42 : 47-51, 1962.
- JARAMILLO, P.M. y MORALES, C.M. Relación entre el tamaño de la semilla y el vigor de la misma en 20 variedades de frijol mediante el empleo del medidor de vigor MSS 110. Tesis de grado, Universidad de Caldas, 1979.
- KEMP, G.A. Growth of primary leaves of beans (*Phaseolus vulgaris*) under suboptimal temperatures. *Can. J. Plant. Sci.* 58 : 169-174, 1978.
- KOOISTRA, E. Germinability of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) at low temperature. *Euphytica* 20 : 208-213, 1971.
- LARSON, L.A. The effect of soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedling growth. *Plant. Physiol.* 43 : 255-259, 1968.
- LITTLEJOHNS and TANNER, J.W. Preliminary studies on the cold tolerance of soybeans seedlings. *Can. J. Plant. Sci.* 56 : 371-375, 1976.
- LOEFFLER, T.M. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. Thesis, Master of Science, University of Kentucky, Lexington, 1981.
- PHATAK, S.C., WITTER, S.H. and TEUBNER, F.G. Temperature effects on
- LYONS, J.M. Low Chilling injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24 : 445-466, 1973.
- POLLOCK, D.M. and TOOLE V. K. Inhibition period as the critical factor in cold sensitive, RAISON, J.K. and STEPONKUS, P. L. The plant membrane in response to low temperature : an over view. In: J.M. Lyons, D. Graham and J.K. Raison (Eds). *Low temperature stress in crop plants. The role of the cell membrane.* Academic Press, London, pp. 1-24, 1979.
- and
- MARANI, A. and AMIRAV, A. Effect of delinting and of genetical factors on the germination of cotton seeds at low temperature. *Crop. Sci.* 10 : 509-511, 1970. and
- and
- MATTHEWS, S. and BRADNOCK, W.T. The detection of seed samples of wrinkled-seeded plants (*Pisum sativum*) of potentially low planting value. *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 32 : 553-563, 1967.

- _____. *Über die abnorme Keimfähigkeit der vegetativen Keime (Junk)*
 _____. Relationship between seed exudation and field emergence in peas and french beans. Hort. Res. 8 : 89-93. 1968.
- _____. and WHITBREAD, R. Factors influencing preemergence mortality in peas 1. And association between seed exudates and the incidence of pre-emergence mortality in wrinkle-seeded peas. Pl. Path, 17 : 11-17, 1968.
- _____. The northern sand-field pea. Hort. Res. 10 : 1-10. 1969.
- MURPHY, J.B. and NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. Plant. Physiol. 69 : 428-431. 1982.
- _____, J.H. and TIGHE, C. Inheritance of the temperature tolerance ability in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Hort. Res. 10 : 345. 1969.
- OBENDORF, R.L. and HOBBS, P.R. Effect of seed moisture on temperature sensitivity during imbibition of soybean. Crop. Sci, 10 : 563-566. 1970.
- _____. Factors associated with early germination in corn under cool conditions. Proc. 27th Ann. corn and sorghum. Res. Conf. 27 : 132-137. 1972.
- ORMORD, D.P. and BUNTER, W.A. The evaluation of rice varieties for cold tolerance. Agronomy J. 53 : 133-134. 1961.
- _____, J.C. and OSORIO, B.J. Influencia del tamaño de la semilla en el crecimiento de las plántulas de café. Tesis de grado. Universidad de Caldas, Manizales, 1969.
- PERRY, D.A. The relation of seed vigor to field establishment of garden pea cultivars. Agric. Sci. Camb. 74 : 343-348. 1970.
- PERRY, D.A. and HARRISON, J.G. The deleterious effect of water and low temperature on germination of pea seeds J. expt. Bot. 21 : 504-512. 1970.
- PHATAK, S.C., WITTER, S.H. and TEUBNER, F.G. Top and root temperature on tomato flowering. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88 : 527-531. 1966.
- POLLOCK, B.M. and TOOLE V. K. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima beans seeds. Plant. Physiol. 41 : 221-229. 1966.
- RAMIREZ, F., C.A. y SILVA, J.C. Estudio de la relación existente entre el tamaño de la semilla y varios índices de vigor en cuatro variedades de frijol. Tesis de grado. Universidad de Caldas, Manizales, 1979.
- ROBBINS, W.A. and PORTER, R.H. Germination of sorghum and soybeans seeds exposed to low temperatures, J. Am. Soc. of agronomy. 39 : 905-913. 1946.
- SACHS, J. Crystallebildungen bei Aufthawen Saftiger. Plant Zentheile Mitgtheilt Von w. Hofmeister Phys K1. 12 : 1-50. 1860.

- SACHS, L. Uber die obere temperature-Grenze der vegetation Flora (Jena) 47: 5-39. 1864.
- SCOTT, D.J. and CLOSE, R.C. An assessment of seed factors affecting field emergence of garden pea seed lots. Seed Sci. and Technol. 4 : 287-300. 1976.
- TEKRONY, D.M. The soybean seed-field emergence complex Proc. 3d Soybean Seed Conf. Am. Seed trade Assoc. 3 : 22-38. 1973.
- TIMOTHY, J.N. and TIGCHLAAR, C. Inheritance of low temperature germination ability in tomato, Lycopersicum sculentum Mill. Hort. Sci. 7: 345. 1972
- TULLY, R.E., MUSGRAVE, M.E. and LEOPOLD, A.G. The seed coat as a control of imbibitional chilling injury. Crop. Sci. 21 : 312-316, 1981.
- WYATT, J.E. Seed coat and water absorption properties of seed of near isogenic snap bean lines differing in seed coat color. Jour. of the Am. Soc. for Hort. Sci. 102: 478-480. 1977.
- YAKLICH, R.W. KULIK, M.M. and ANDERSON, J.D. Evaluation of vigor test in soybean seeds: Relationship of ATP, conductivity and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. 19 : 806-810.