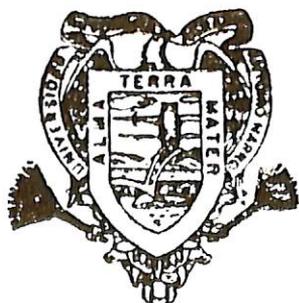


EVALUACION DE PRUEBAS DE CALIDAD PARA
PREDECIR VIABILIDAD Y CALIFICAR VIGOR EN
LOTES DE SEMILLA DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L)
Y SOYA (*Glycine max* (L) Merrill).

JOSE DOLORES ESTRADA VIVAS

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



Universidad Autónoma Agraria

Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

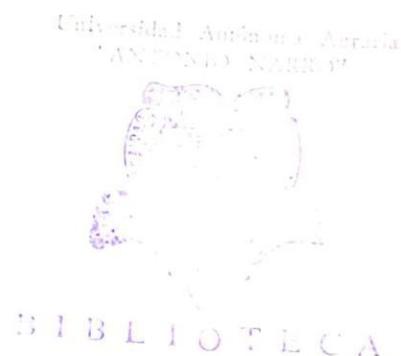
Buenavista, Saltillo, Coah.

OCTUBRE DE 1989

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de :

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

COMITE PARTICULAR



Asesor Principal:

Leticia Bustamante
M. S. Leticia Bustamante García

Asesor:

Rafael Jiménez Salazar
M. S. Rafael Jiménez Salazar

Asesor:

Sathyanaiah Kuruvadi
Dr. Sathyanaianaiah Kuruvadi

Eleuterio López Pérez
Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila,

Octubre de 1989

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) por darme la oportunidad y el apoyo para la realización de mis estudios.

Para la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por haberme brindado la oportunidad de superarme profesionalmente.

A la Ms. Leticia A. Bustamante García, por la orientación recibida, asimismo por su valioso apoyo brindado en la elaboración, conducción y revisión del escrito.

Para el Ms. Rafael Jiménez Salazar, por las sugerencias y revisión del escrito.

Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, por las sugerencias y aportaciones al trabajo.

Al personal docente del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) y en especial al M.C. Alejandro Moreno Núñez, por su ayuda desinteresada

que siempre me brindó.

A mis compañeros de la segunda generación de
Tecnología de Semillas.

A la productora Nacional de Semillas (PRONASE)
por proporcionar el material experimental para este
trabajo.

A la Srta. Rita Elsy Ake Ramirez, por su
calificada mecanografía.

DEDICATORIA

A mis padres:

Héctor Estrada Lizama

Eloisa Vivas Borges

En especial a mi compañera:

Gloria

A mis abuelas:

Juana (+) y Elena (+)

A mis hermanos, en particular para:

José Edgardo y Guillermo Rodolfo

A mis compañeros y Amigos

COMPENDIO

Evaluación de Pruebas de Calidad para Predecir Viabilidad y Calificar Vigor en Lotes de Semilla de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y Soya (*Glycine max* (L) Merril)

POR

JOSE DOLORES ESTRADA VIVAS

MAESTRIA EN
TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. OCTUBRE DE 1989

Ms. Leticia A. Bustamante Garcia -Asesor-

Palabras clave: Frijol, soya, evaluación, pruebas de calidad, germinación estándar, emergencia.

Se evaluaron diferentes pruebas de viabilidad y vigor en lotes de semilla de frijol y soya, con los objetivos de evaluar metodologías recientemente desarrolladas para determinar viabilidad y vigor, así como validar su utilidad en programas de producción de semilla.

Los resultados mostraron que en semillas de frijol la germinación predicha (GP) a través del analizador automático de semillas (ASA-610) evaluó en forma rápida y certera la capacidad germinativa en 79 por ciento de los lotes y el 7 por ciento en soya. Resultando la "partición" de 90 microamperes recomendado por el manual del ASA-610 demasiado alta para ser utilizada en lotes de soya. Siendo la GP generalmente más exacta en la predicción de lotes de semilla de alta calidad.

Se observó que en la prueba de pH de exudados los periodos de remojo de 60 ó 90 minutos fueron los que mejor se comportaron en frijol; sin embargo en soya, aun cuando el mejor tiempo fue de 60 minutos este no estimó ni a la mitad de los lotes.

Al realizar las correlaciones correspondientes se encontró una estrecha relación entre germinación estándar y las pruebas de viabilidad evaluadas, siendo éstas altamente significativas para las dos especies, con excepción de VpH-120 y VpH-30 que no mostraron significancia.

Asimismo, se encontró una estrecha relación entre las pruebas de vigor y la emergencia, siendo la prueba de envejecimiento acelerado (VEA) y su modalidad viabilidad de envejecimiento acelerado (VbEA) las que mostraron el mejor comportamiento y por el contrario la media de conductividad

(CE) y vigor estimado (VE) no presentaron confiabilidad en sus resultados para estimar emergencia en este estudio.

ABSTRACT

Quality Tests for Seed Viability and Seed Vigour Prediction
in Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Soybean (*Glycine max*
(L.) Merrill) Seed Lots

BY

JOSE DOLORES ESTRADA VIVAS

MASTER OF SCIENCE
SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO COAHUILA. OCTOBER 1989

Ms. Leticia A. Bustamante García -Advisor-

Key words: Bean, soybean, quality tests, viability,
vigour.

Samples of bean and soybean seed lots were tested
in different quality tests in order to assess recently
developed techniques to predict seed viability and seed
vigour.

For the bean seed lots the germination capacity was predicted by the automatic seed analyser (ASA-610) for 79 percent of the lots, while in soybean it just predicted for seven percent of the seed lots. The partition of 90 μ A used for soybean was too high and in general the ASA-610 predicted more accurate for high quality seed.

The pH exudates test predicted the viability with soaking period of 60 and 90 minutes for bean, while in soybean the period of 60 minutes did not predicted even half of the seed lots.

The viability test assessed were highly correlated with standard germination for both species, except the viability by pH of exudates at seed soaking periods of 120 and 30 minutes.

At the same time there was a good correlation between the vigour tests here evaluated and seedling emergence, being the accelerated aging and viability after accelerated aging those highly correlated. However in this study the conductivity and the vigour estimation measured by the ASA-610 were not reliable to predict the emergence.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xix
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	6
Calidad de semillas	6
Concepto de Viabilidad	7
-Viabilidad mediante la prueba de tetrazol	9
-Viabilidad mediante conductividad eléctrica	12
-Viabilidad mediante pH de exudados	15
Concepto de Vigor	17
Medición del Vigor	19
-Vigor mediante teñido con tetrazolio.	21
-Vigor mediante conductividad eléctrica.	23
-Vigor a través de envejecimiento acelerado.	26
Factores que Afectan a la Emergencia	29
MATERIALES Y METODOS	31
Localización del Experimento.	31
Material Experimental	31
Pruebas de Calidad	34

-Determinación de humedad	34
-Germinación estándar.	34
-Germinación y vigor predichos en ASA-610.	35
-Viabilidad y vigor con tetrazolio	37
-Viabilidad mediante pH de exudados.	38
-Vigor mediante envejecimiento acelerado	39
Emergencia	40
Análisis Estadístico.	41
RESULTADOS	42
DISCUSION103
CUNCLUSIONES119
RESUMEN.121
LITERATURA CITADA124

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1.	Lotes de semilla de soya utilizados en este estudio.	32
3.2.	Lotes de semilla de frijol utilizados en este estudio.	33
3.3.	Categorías de teñido de la semilla de tetrazol.	38
4.1.	Medias de germinación estándar, viabilidad en la prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha en ASA-610 en lotes de semilla de frijol.	43
4.2.	Medias de germinación predicha obtenida en histogramas para particiones de 90, 105, 115 y 120 μ A en lotes de semilla de frijol.	44
4.3.	Diferencias entre germinación estándar y viabilidad en prueba estándar,	

	viabilidad con tetrazolio, germinación predicha en histograma en distintas particiones en lotes de semilla de frijol.	47
4.4.	Medias de viabilidad obtenidas en la prueba estándar y pH de exudados a diferentes tiempos de remojo en 15 lotes de semilla de frijol.	50
4.5.	Diferencia entre germinación estándar y viabilidad mediante la prueba de pH de exudados a diferentes tiempos en remojo para 15 lotes de semilla de frijol.....	51
4.6.	Diferentes entre germinación predicha y viabilidad mediante la prueba de pH a diferentes tiempos en remojo para 15 lotes de semilla de frijol.	54
4.7.	Coeficientes de correlación, coeficientes de determinación y coeficientes de regresión para comparaciones entre germinación estándar y diferentes pruebas de viabilidad en lotes de semilla de	

	Página
frijol.	55
4.8. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de viabilidad evaluadas en lotes de semilla de frijol.	56
4.9. Medias de emergencia y vigor mediante diferentes pruebas realizadas en lotes de semilla de frijol.	64
4.10. Diferentes entre emergencia y vigor mediante diferentes pruebas realizadas en lotes de semilla de frijol.	66
4.11. Coeficientes de correlación, coeficientes de determinación y coeficientes de regresión para comparaciones entre emergencia y vigor mediante diferentes pruebas en lotes de semilla de frijol.	68
4.12. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de vigor evaluadas en lotes de semilla de frijol.	69

4.13.	Matriz de correlaciones obtenidas entre las pruebas de viabilidad y vigor evaluadas en lotes de semilla de frijol..	76
4.14.	Medias de germinación estándar, viabilidad en la prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha en ASA-610 en lotes de soya.	77
4.15.	Diferencias entre germinación estándar y viabilidad mediante la prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha para lotes de semilla de soya.	79
4.16.	Medias de germinación predicha en histograma para particiones de 50, 70 y 90 μ A y viabilidad mediante pH de exudados en dos tiempos de remojo en lotes de soya.	81
4.17.	Diferencias entre germinación estándar y germinación predicha en histograma para particiones de 50, 70, 90 μ A y viabilidad mediante pH de exudados en	

dos tiempos de remojo para lotes de
semilla de soya. 83

4.18. Coeficientes de correlación,
coeficientes de determinación y
coeficientes de regresión en
comparación con germinación estandar y
distintas pruebas de viabilidad en
lotes de semilla de soya. 86

4.19. Matriz de correlaciones obtenidas entre
pruebas de viabilidad evaluadas en
lotes de semilla de soya. 87

4.20. Medias de emergencia y de resultados de
diferentes pruebas de vigor realizadas
en lotes de semilla de soya 93

4.21. Diferencia entre emergencia y
resultados de diferentes pruebas de
vigor realizadas en lotes de semilla de
soya. 95

4.22. Coeficiente de correlación,
coeficientes de determinación y
coeficientes de regresión para las

relaciones entre emergencia y resultados de diferentes pruebas de vigor en lotes de semilla de soya.. . . 97

4.23. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de vigor evaluadas en lotes de semilla de soya.. 98

4.24. Matriz de correlaciones entre las pruebas de viabilidad y vigor evaluadas en lotes de semilla de soya.. 101

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1.	Relación entre germinación estándar y germinación predicha en ASA-610 en lotes de semilla de frijol.	58
4.2.	Relación entre germinación estándar y germinación predicha en histograma a 115 μ A en lotes de semilla de frijol.	59
4.3.	Relación entre germinación estándar y germinación predicha en histograma a 120 μ A en lotes de semilla de frijol. .	60
4.4.	Relación entre germinación estándar y viabilidad mediante tinsión con tetrazolio en lotes de semilla de frijol.	61
4.5.	Relación entre germinación estándar y viabilidad mediante pH de exudados con 60 minutos de remojo en lotes de semilla de frijol.	62

4.6.	Relación entre emergencia y germinación del primer conteo de germinación estándar para lotes de semilla de frijol.	70
4.7.	Relación entre la emergencia y vigor mediante tinsión con tetrazolio para lotes de semilla de frijol.	71
4.8.	Relación entre la emergencia y germinación después de envejecimiento acelerado para lotes de semilla de frijol.	72
4.9.	Relación entre emergencia y germinación después de envejecimiento acelerado en lotes de semilla de frijol.	73
4.10.	Relación entre emergencia y germinación estándar en lotes de semilla de frijol.	74
4.11.	Relación entre germinación estandar y germinación predicha (ASA-610) en lotes de semilla de soya.	88

	Página
4.12. Relación entre germinación estándar y germinación predicha en histograma a 50 μ A en lotes de semilla de soya.	89
4.13. Relación entre germinación estándar y germinación predicha en histograma a 70 μ A en lotes de semilla de soya.	90
4.14. Relación entre germinación estándar y viabilidad mediante tinsión con tetrázolio en lotes de semilla de soya..	91
4.15. Relación entre emergencia y vigor mediante tinsión con tetrázolio en lotes de semilla de soya.	99
4.16. Relación entre emergencia y germinación después de envejecimiento acelerado para lotes de semilla de soya.	100

INTRODUCCION

Los análisis de germinación y pureza analítica siguen siendo la única garantía de calidad en semilla. Las técnicas para estos análisis han mejorado enormemente, de tal modo que se han establecido normas de calidad para estos dos factores en los programas de producción de semillas y todos aquellos lotes que cumplen con estas normas son considerados de alta calidad. De esta manera en la aplicación de un control de calidad durante las diferentes etapas de producción de semillas, la prueba de germinación estándar de acuerdo a recomendaciones de la Asociación Internacional para Análisis de Semillas (ISTA) es el principal método de conocer la condición de la semilla en cuanto a su calidad fisiológica, al realizarse bajo condiciones controladas de sustrato, temperatura, humedad y luz.

Sin embargo, los períodos de tiempo relativamente largos que se requieren para conocer la capacidad germinativa de la semilla bajo esta prueba (5 a 28 días) traen como consecuencia en ocasiones mejor frecuencia en la aplicación del control de calidad, debido a que los períodos largos que requiere limitan el monitoreo más

continuo de los diferentes lotes de semilla. Por lo que las decisiones respecto al manejo de los mismos desde el momento de recibir la materia prima, hasta la disponibilidad de lotes a la venta, son muchas veces basadas en la intuición, experiencia o bien se posponen por días o semanas hasta tener resultados de la prueba estándar.

De aquí que la necesidad de contar con métodos rápidos y confiables para conocer la capacidad germinativa, es algo que se ha reconocido desde hace mucho tiempo, teniéndose antecedentes de una búsqueda sistemática de métodos rápidos desde finales del siglo pasado, existiendo a la fecha la metodología rápida del tetrazol, para evaluar viabilidad, recomendada por la ISTA y la Asociación de Analistas Oficiales de Semillas (AOSA). No obstante, el grado de desarrollo de la prueba de germinación estándar y la de viabilidad de tetrazol, los resultados que de ellas se obtienen son bajo condiciones controladas de laboratorio, condiciones favorables que muy rara vez son encontradas al momento de la siembra en campo. Observandose con frecuencia una deficiente relación entre resultados de las pruebas de viabilidad y la emergencia en campo, obteniéndose más altos resultados en germinación estándar. Esto ha demostrado que el vigor de la semilla es un factor de calidad de amplia importancia más allá de la capacidad germinativa y que predispone a las semillas a fallas en

emergencia afectando por lo tanto a los establecimientos de plantas y poblaciones óptimas (Matthews y Bradnock, 1968).

De aquí, además la necesidad de metodologías para estimar el vigor en lotes de semilla de tal forma de predecir el potencial de emergencia y de esta manera identificar en el laboratorio diferencias de vigor entre lotes de semilla que reflejen diferencias de establecimiento en el campo. A la fecha se ha desarrollado un número considerable de pruebas de vigor para algunos cultivos; sin embargo, el uso comercial de estas pruebas todavía permanece bajo fuerte discusión.

En los últimos cinco años se han tenido algunos avances en el desarrollo de metodologías para predicción rápida de germinación y calificación de vigor en el laboratorio, tal es el caso de la prueba de pH exudados (Amaral y Peske, 1984) y el analizador automático de semillas (McDonald y Wilson, 1980).

Existiendo la necesidad de metodologías rápidas para evaluar viabilidad y calificar vigor y adoptarlas con confiabilidad, se requiere de la evaluación de métodos recientemente desarrollados, por lo que se plantea este estudio con los objetivos siguientes:

1. Evaluar las metodologías de predicción de germinación mediante Analizador Automático de semillas de frijol y el pH de exudados en semillas de frijol y soya.
2. Validar su utilidad en programas de producción de semillas, al estimar la predicción de germinación.
3. Evaluar diferentes pruebas para calificar niveles de vigor en lotes de semilla de frijol y soya.

Las hipótesis que se generaron son:

1. Los métodos para determinar viabilidad mediante pH de exudados y analizador automático de semillas, probablemente pueden ser de utilidad en programas de producción de semillas al evaluar en forma rápida y certera la capacidad germinativa.
2. Existe una estrecha relación entre los resultados obtenidos en las pruebas rápidas de viabilidad con germinación estándar.

3. Conductividad eléctrica, teñido con tetrazolio, además de evaluar la viabilidad son indicadores de vigor y juntamente con envejecimiento acelerado pueden diferenciar niveles de vigor en lotes de semilla.

REVISION DE LITERATURA

Calidad de Semillas

La palabra calidad en semillas no tiene una definición simple, y se le considera como la suma de todos aquellos atributos los cuales contribuyen al comportamiento de la semilla. Thomson (1979) menciona que es un concepto multiple que comprende varios aspectos que se refieren a la utilidad de la semilla para siembra y que puede tambien expresarse como un nivel o grado de excelencia, el cual es alcanzado por la semilla sólo cuando son comparados con un nivel de calidad aceptable. Garay (1985) la define como un conjunto de características deseables que posee una semilla o un lote de semillas, aumentando el número de características en base al conocimiento y a la tecnología disponible, como consecuencia, nuestro concepto de calidad de semilla seguirá evolucionando; no obstante, esta calidad involucra un número de factores diferentes que estan incluidos en componentes genéticos, fisiológicos, sanitarios y características físicas (Sayers, 1982 y Garay, 1985). Bajo este concepto, la calidad de la semilla y su potencial productivo estará en su máximo potencial cuando en la semilla estén contenidos todos y cada uno de los

componentes a su máximo nivel.

Dentro del componente fisiológico están incluidos dos atributos muy importantes como son la viabilidad y el vigor de la semilla.

Concepto de Viabilidad

Aunque el concepto viabilidad de la semilla es bien conocido, existen considerables discrepancias y confusiones para una exacta definición. La mayoría de los comerciantes de semillas y los tecnólogos de semillas se refieren a la viabilidad de una semilla como su capacidad de germinar y producir una plántula normal, por lo que es usada como sinónimo de capacidad germinativa. En este sentido una semilla es viable o no viable dependiendo de su habilidad germinativa y producir una plántula normal. En otro sentido la viabilidad denota el grado en el cual la semilla está viva, activa metabólicamente y posee enzimas capaces de metabolizar reacciones necesarias para la germinación y el desarrollo de plántulas (Copeland y McDonald, 1985).

La Asociación de Analistas Oficiales de Semillas AOSA (1978) describe la germinación como "la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales del embrión de la semilla, que para la clase de semilla en cuestión son indicativos de la habilidad de producir una plántula normal bajo condiciones favorables". Asimismo,

llamesele viabilidad o capacidad de germinación para el analista, tecnólogo y productor de semillas, así como para el agricultor, la germinación de la semilla es el porcentaje por número de semilla pura que durante una prueba de germinación produce plántulas clasificadas como normales Asociación Internacional para Análisis de semillas (ISTA), 1985).

Para medir la viabilidad de las semillas la prueba estandar es sin duda la más comúnmente usada. Esto ha sido aceptado universalmente y es realizado como una prueba de rutina en la mayoría de las empresas productoras de semilla y utilizando como un estimador universal de calidad de semillas como un índice de calidad. Sin embargo, esta prueba tiene ciertas limitaciones ya reconocidas. Una de estas limitaciones es el tiempo relativamente largo que se requiere para conocer los resultados. Delouche *et al.* (1971) y Mackay (1972) mencionan que el tiempo que una semilla requiere para germinar es de considerable importancia y que algunas semillas requieren cinco días para completar la prueba, mientras que otras como especies de zacates requieren 42 días para completar su ensayo. La reducción del tiempo requerido para las pruebas sería deseable a través del uso de pruebas químicas, aceleración de la germinación y otro medio que nos reporte resultados rápidos y confiables. Asimismo, Amaral y Peske (1984) reportan que en un sistema de producción de semilla, una rápida obtención de la viabilidad de semillas es de

fundamental importancia en la cosecha, recepción y en otras etapas de la producción y beneficio.

La necesidad de métodos rápidos para estimar o predecir la viabilidad de las semillas es admitido desde hace mucho tiempo. La búsqueda sistemática y científica data de las postrimerías del siglo XIX.

En la búsqueda infatigable de un método rápido, confiable y de fácil ejecución, Copeland y McDonald (1985) reportan que en Alemania en los años 40s fue desarrollado por George Lakon el uso de sales de tetrazolio para medir la viabilidad. Actualmente la prueba es usada en todo el mundo como un método preciso de estimar viabilidad de la semilla y es una prueba de rutina en muchos laboratorios de semilla.

Viabilidad Mediante la Prueba con Tetrazol

Delouche et al. (1971) descubrieron que las sales de tetrazol se reducían desde sus formas solubles e incoloras hasta las formazanas insolubles y coloridas en tejido vivo. Lakon (1949) y Perry (1981) en esta misma búsqueda de métodos rápidos, encontraron que cuando las sales de tetrazol se ponían en contacto con el tejido vivo del embrión el reactivo se reducía a un pigmento insoluble y que "manchaba" el tejido, en contraste

el tejido muerto no efectuaba la reacción, encontrando también que el cloruro 2, 3, 5 trifenil tetrazol era la sal mas adecuada y efectiva. Años después, estudiando el mecanismo de reacción de tetrazol en embriones de maíz Smith (1952) encontró que el compuesto es catalizado por enzimas dehidrogenasas ligadas.

De esta manera la prueba de tetrazol es un prueba para la actividad particular de sistemas enzimáticos mediante los que es posible conocer la viabilidad de la semilla.

Esta prueba es considerada uno de los avances mas significativos en tecnología de ensayos de semilla (AOSA, 1970) y la prueba puede ser usada para estimar viabilidad y vigor, teniendo como principal diferencia que ciertas condiciones de la semilla que son críticas en la interpretación de la viabilidad pueden ser de importancia en la evaluación del vigor (AOSA, 1983). Otra de las importancias que posee la prueba del tetrazol es su utilidad en aquellas especies que tienen cierto periodo de latencia y cuando se quiere conocer en forma rápida la condición de un lote de semilla, principalmente en aquellas regiones cuando es necesario conocer si existe, daño o muerte de semillas (Porter *et al.* 1947 y MacKay 1972).

La prueba de tetrazolio además de predecir la viabilidad de semillas también se ha utilizado para determinar daño por heladas en semillas de maíz, obteniéndose una estimación satisfactoria principalmente cuando la prueba fue realizada inmediatamente después de la helada (Bennet y Loomis, 1949). Asimismo, esta prueba ha sido usada para monitorear la calidad de semilla de algodón en el almacenamiento. Lambou (1953) encontró buenos resultados en los cambios de calidad en dichas semillas; sugiriendo que esta prueba se puede utilizar para determinar el deterioro en semillas de algodón.

Con el objetivo de dar con una regla para determinar la viabilidad con tetrazolio en cinco cultivares de soya, Pasha y Das (1982) reportan que el teñido con tetrazolio es un método bioquímico digno de confianza para pruebas inherentes a la capacidad de germinación de lotes de semilla; esto es importante, especialmente en semillas recién cosechadas en las cuales los resultados rápidos son exigidos. Sin embargo, Bennet y Loomis (1949); Parker (1953) y Yaklich y Kulik (1979) mencionan que aun cuando se han encontrado buenas correlaciones entre la germinación de laboratorio y la prueba de tetrazolio expresan que esta última tiende a sobreestimar a la primera; mientras que Delouche *et al* (1971) reportan que el menospreciar o sobreestimar los porcentajes de germinación va a depender en la mayoría de la práctica y la experiencia. La

observación meticulosa de los criterios de interpretación conducirá a resultados razonablemente exactos en la mayoría de los casos. El principiante debe ser cauteloso y evitar deducir conclusiones apresuradas y asimismo, debe conocer el peligro de compensar errores tanto en la prueba de germinación como en la prueba de tetrazolio.

El uso inteligente y efectivo de la prueba con tetrazol requiere cuando menos que el analista tenga conocimiento de algunas de sus limitaciones. Por ejemplo, esta prueba requiere generalmente un total de horas-hombre de trabajo mayor que la prueba de germinación; algunas técnicas y métodos son extremadamente tediosos y requieren tanto paciencia como experiencia; la prueba de tetrazol no establece diferencia entre semillas latentes y no latentes, en este caso los resultados de la prueba con tetrazol son considerablemente mayores que los resultados de la prueba de germinación y por último la prueba con tetrazol no detecta algunos daños que se causan a las semillas por el tratamiento químico (fungicidas, insecticidas, fumigantes). Estas semillas dañadas químicamente se reportan tal como si fueran semillas germinables (Delouche et al., 1971).

Viabilidad Mediante Conductividad Eléctrica

Debido al deterioro progresivo de las membranas celulares de las semillas, éstas presentan una pérdida de

rigidez y son más permeables al agua, dejando las membranas escapar solutos celulares que pueden ser medidos mediante la conductividad eléctrica (McDonald, 1975 y AOSA, 1983).

En los primeros ensayos realizados a través de la resistencia de los solutos a la conductividad eléctrica, la medición de ésta se ha realizado en grupos de 50 a 100 semillas, las cuales se remojan en agua destilada en forma simultánea, obteniéndose los valores medios de conductividad del total de semillas. Sin embargo, se ha considerado desventaja el reportar valores medios de conductividad para cada grupo de semillas. Considerando esta desventaja, McDonald y Wilson (1979) reportan el desarrollo de un instrumento comercial, analizador automático de semillas (ASA-610) que posee la capacidad de monitorear los valores de conductividad de semillas individuales, estos mismos autores reportan mediciones de conductividad de los exudados con un ASA-610, expresando igualmente Abdul-Baki y Anderson (1973) una estrecha correlación entre conductividad y la calidad de la semilla. No obstante, para obtener una buena correlación con germinación, es importante considerar la especie, temperatura y contenido inicial de humedad en la semilla (McDonald y Wilson, 1980 y Miranda, 1981).

McDonald (1975) y Oliviera *et al.* (1984) mencionan que semillas poco vigorosas fueron observadas

frecuentemente infectadas por hongos. Estas infecciones fueron consideradas como el resultado de los incrementos de exudados de azúcar y otros metabolitos, observándose que estas semillas exudan altas cantidades de electrolitos, presentando valores altos de conductividad en sus soluciones de remojo. Buscando darle una utilidad más amplia al ASA-610 McDonald y Wilson (1980) evaluaron este aparato para detectar cambios en calidad en lotes de semilla de soya; para esto las semillas fueron expuestas a diferentes niveles de daño a través de impactos de caídas y variando los períodos de tiempo expuestas además a envejecimiento acelerado, encontrándose que el aparato detectó cambios en la viabilidad así como en porcentaje de germinación concluyendo estos reportes que el ASA-610 evalúa acertada y rápidamente la calidad de semilla de soya expuesta a daño mecánico y envejecimiento acelerado. Siguiendo estos mismos principios pero acondicionando la semilla a diferentes contenidos de humedad, Miranda (1981) concluyó que el ASA-610 fue más exacto en predicción de germinación de lotes de semilla de alta calidad (arriba del 90 por ciento de germinación y la exactitud fue mínima en lotes de semilla con porcentajes de germinación estándar abajo del 80 por ciento. También el aparato permitió con buena exactitud y consistencia de los resultados, detectar los avances del deterioro de las semillas.

Asimismo Steere *et al.* (1981) midiendo la conductividad de los exudados en lotes de semilla de soya, frijol y algodón utilizando el ASA-610 y relacionándola con la germinación estándar de laboratorio, mostraron que rangos más altos de corriente eléctrica fueron encontrados conforme declinó la calidad del lote. Sugiriendo que este método tuvo gran utilidad potencial como un indicador rápido de calidad de lotes comerciales de semillas. Sin embargo, Muller y Lampeter (1985) trabajando con *Vicia faba* y *Phaseolus vulgaris* no encontraron diferencia significativa entre la conductividad eléctrica y la cantidad de exudados en lotes de semilla de *Vicia faba*, no obstante Urbaniak (1985) estudiando estos mismos cultivos reportó que los resultados de conductividad eléctrica estuvieron negativamente correlacionados con la germinación, pero no predijeron con exactitud la calidad de la semilla.

Viabilidad Mediante pH de Exudados

En un sistema de producción de semillas una rápida obtención de la viabilidad es de fundamental importancia en la cosecha, recepción, secado, beneficio, en fin en todo el proceso de producción de semilla. Una prueba desarrollada con este objetivo es la del tetrazolío; sin embargo, esta prueba requiere de cierto tiempo y un nivel aceptable de experiencia del analista (Amaral y Peske, 1984).

Se ha demostrado que los exudados de electrólitos en las semillas se incrementan conforme se incrementa el deterioro en las semillas. Algunos de estos materiales exudados son calcio, magnesio, litio, cloro, ácidos orgánicos y aminoácidos (Simón y Harum, 1972; Subrahmanyam *et al.*, 1983 y Peske y Amaral, 1986) asimismo, reportan que a través del uso de un colorímetro es posible determinar en la solución de remojo de semillas la calidad de éstas. Peske y Amaral (1986) mencionan que a través de la aplicación de un indicador a los exudados se podría detectar la viabilidad de la semilla a través de la intensidad del teñido y comentan que esta prueba es simple, barata y fácil de llevar a cabo.

Peske y Amaral (1986) estudiando la relación entre el pH de los exudados de semillas y su germinación en lotes de semilla de soya de la variedad "Bragg", determinaron el pH de cada semilla en forma individual germinándolas posteriormente entre toallas de papel, las cuales se marcaron manteniendo la identidad de cada semilla; al realizar las evaluaciones correspondientes encontraron una estrecha relación entre el pH de exudados de semilla y su germinación, también reportaron que el punto de partición para semillas viables y no viables fue un pH de 5.80.

Amaral y Peske (1984) trabajando con 25 muestras de semilla de soya, las cuales fueron remojadas en agua

destilada y a una temperatura constante de 20°C y probando diferentes tiempos de remojo, utilizaron fenoftaleína y carbonato de sodio como indicadores, reportando una alta correlación lineal entre los grados de coloración rosa fuerte y el porcentaje de germinación estándar después de un remojo de 30 min.

Concepto de Vigor

Nobbe (1876) y Perry (1972) usó el término "Triebrakft" o "fuerza conductora" para distinguir entre semillas grandes las cuales producían largas raíces en contraste con semillas pequeñas en los mismos lotes, estableciendo que las propiedades de cada semilla tales como velocidad de germinación y crecimiento de plántula varían dentro de cada lote, así como entre lotes diferentes, nombrando a este fenómeno como "Triebrakft", igualmente se le han asignado diversos nombres como energía de germinación, potencial de emergencia en campo o vitalidad (Brandnock y Matthews, 1970). Sin embargo, el término que ha predominado en los últimos años ha sido de "vigor de la semilla".

La gran cantidad de trabajos realizados en el campo de las semillas y las discrepancias que existen entre opiniones al referirse al vigor de semilla, ha propiciado a que se lleven a cabo conclusiones y una definición exacta y

atinada de este concepto o término (Perry, 1972).

Algunos investigadores a través de continuos trabajos de investigación y experiencias acumuladas de diferentes autores han sugerido algunas definiciones del vigor de semilla.

Según Perry (1972) define el vigor como una propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el medio ambiente, el cual determina la habilidad de la semilla para una rápida emergencia en campo y su capacidad para tolerar un amplio rango de condiciones ambientales, asimismo la influencia del vigor de la semilla puede repercutir a través de la vida de la planta y aun afectar el rendimiento. Refiriéndose a estos mismos términos McDonald (1975) describe el vigor como el potencial de las semillas de germinar en forma rápida y uniforme bajo condiciones adversas y óptimas. Este criterio implica que semillas vigorosas se establecen primeramente en el campo las cuales compiten con ventaja contra malezas y microflora, llevando esta ventaja a los altos rendimientos de los cultivos.

Dada la gran diversidad de definiciones existentes sobre el vigor de semilla, la ISTA considerando ciertas discrepancias y confusiones desarrolló una definición refiriéndose al "vigor de las semillas" como la suma de

aquellas propiedades que determinan el nivel potencial de actividad y comportamiento de una semilla o lote de semillas durante la germinación y emergencia de la plántula. Las semillas que se comporten bien serán llamadas "semillas de alto vigor" mientras que las que se comporten pobremente serán llamadas de "bajo vigor" (Perry, 1981).

La AOSA (1978) y Sayers (1982) reportan que el "vigor" en las semillas comprende aquellas propiedades que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia, así como el desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo. Aun cuando esta definición es más corta y directa que la de ISTA, hay similitudes en ambas.

Medición del Vigor

El concepto de vigor de semilla y los beneficios potenciales de su evaluación han sido reconocidas por muchos años. La industria de semillas inició las pruebas de vigor en los finales de los 40s con el desarrollo y uso de la prueba fría para maíz. En años recientes el vigor de la semilla ha recibido una atención especial así como las pruebas para su evaluación a través del desarrollo por los investigadores semillistas. Esto ha resultado en un incremento del uso de las pruebas de vigor por los productores de semillas y los comerciantes que en una forma

indirecta están relacionados con esta actividad, enfocándose especialmente para los cultivos de maíz, soya, algodón y sorgo (Sayers, 1982 y Tekrony, 1982).

Sin embargo, debido al incremento del uso y desarrollo de las pruebas de vigor así como a las discrepancias y criterios diferentes en cada una de las pruebas, el comité de vigor de la AOSA estableció los siguientes objetivos para el desarrollo y aceptación de las pruebas de vigor, primero que éstas midan varios aspectos del vigor de la semilla y estén correlacionadas con emergencia en campo; segundo, uniformizar las pruebas de vigor, dentro y entre laboratorios y por último el desarrollo de un manual de procedimientos de pruebas de vigor en las semillas (Sayers, 1982). Asimismo, para poder aceptarse una prueba de vigor es necesario que cumpla con una serie de criterios que incluyen: reproducibilidad de los resultados, interpretable y correlacionada con emergencia bajo ciertas condiciones, rapidez y objetividad, así como ser simple y práctica económicamente (AOSA, 1983).

Según Woodstock (1973) divide las pruebas de vigor en pruebas fisiológicas y bioquímicas, midiendo las primeras algunos aspectos de germinación o desarrollo de plantula, mientras que las bioquímicas evalúan ciertas reacciones químicas específicas (por ejemplo, actividad enzimática o respiratoria). McDonald (1975) añade un tercer

grupo, las pruebas físicas, las cuales miden ciertas características de la semilla como tamaño, peso y densidad. Sin embargo la AOSA (1983) clasifica las pruebas de vigor siguiendo tres áreas generales, pruebas de evaluación y desarrollo de plántulas, pruebas de estrés y pruebas bioquímicas.

No obstante la gran importancia que se le ha dado al vigor y su evaluación y el número de pruebas que se han desarrollado para diferentes cultivos, son pocos los estudios que se han realizado en algunos de ellos. Así por ejemplo, en semilla de soya son muchas las investigaciones en este respecto mientras que en frijol hay pocos resultados.

Vigor Mediante Teñido con Tetrazolio

Según la AOSA (1970) la prueba de tetrazolio puede ser usada para estimar vigor, teniendo como principal diferencia que ciertas condiciones de la semilla que son críticas en la interpretación de la viabilidad pueden ser de importancia en la evaluación del vigor. Dentro de los cultivos en que se ha encontrado aplicabilidad para medir el vigor están soya, Byrd y Delouche (1971) y AOSA (1983); y chícharo, McDonald (1975).

Johnson y Wax (1978) trabajando con diferentes lotes de semilla en soya, encontraron significancia para la correlación entre la prueba de tetrazolio y la emergencia en campo, así como en el establecimiento final del cultivo. Sin embargo, siguiendo estos mismos principios pero variando el tipo de suelo Yaklich y Kulik (1979) reportan que obtuvieron buenas correlaciones para suelos arenosos, sucediendo lo contrario en suelos de textura pesada; mientras que Vanderlip *et al.* (1973) evaluando 60 lotes de semilla de sorgo y tratadas con NH_4Cl , NaOH y el testigo, observaron que los resultados arrojados por la prueba de tetrazolio y al compararlos con establecimiento en campo, encontraron pobres correlaciones. No obstante Kulik y Yaklich (1982) evaluando ciertos aspectos del vigor de la semilla y algunas pruebas de vigor, encontraron que la prueba de tetrazolio fue una de las que presentaron resultados de coeficiente de regresión más consistentes para la emergencia en campo, sin embargo, ninguna prueba dio resultados precisos para predecir emergencia.

Rice (1954) estudiando el vigor de semillas de maíz con tetrazolio y comparándolo con otros métodos observó que existe una estrecha relación entre la prueba de vigor con tetrazolio y la prueba fría, longitud de raíz, peso seco y emergencia en campo, y que después de condiciones desfavorables de almacenamiento a 55, 75 y 93 por ciento de humedad relativa y temperatura de 30°C , la prueba de

tetrazolio aun reveló lotes con alto y bajo vigor. Siguiendo estos mismos lineamientos Morre y Goodsell (1965) al comparar la prueba de tetrazolio para predecir la prueba fría en lotes de cruza dobles de maiz, obtuvo un coeficiente de correlación de 0.96, mientras que cuando la prueba fría la comparó con porcentaje de germinación presentó una pobre correlación de 0.31. Estos mismos investigadores mencionan que la prueba de tetrazolio es un método rápido y útil cuando se evalúan los embriones con precisión, pudiendo servir y ser utilizado con propósitos de predicción e interpretación de la prueba fría.

Sin embargo, tomando en cuenta que lo ideal sería que los resultados de la prueba de vigor con terazolio sean similares o iguales a las emergencias en campo Yaklich y Kulik (1979) y Kulik y Yaklich (1982) reportan que la prueba de vigor con tetrazolio tiende a sobreestimar la emergencia en campo.

Vigor Mediante Conductividad Electrica

El ASA-610 es actualmente un aparato muy conocido, usado para monitorear los exudados de electrolitos de semillas individuales. Recientes estudios sugieren que este instrumento proporciona una adecuada estimación del vigor en semilla de soya (McDonald y Wilson, 1979, 1980).

Steere *et al.* (1981) utilizando el aparato ASA-610 para medir la conductividad eléctrica de los exudados de lotes de semilla de soya, frijol y algodón y comparandolas con ciertos aspectos del vigor de estas semillas, mostraron que rangos más altos de corriente fueron encontrados conforme declinó la calidad del lote, reportando que el método detectó con buena exactitud y consistentes resultados los progresos del deterioro en las semillas. Estos mismos resultados fueron encontrados en lotes de semilla de soya por (McDonald y Wilson, 1980 y Oliviera *et al.*, 1984).

Asimismo Miles y Copeland (1980) al estudiar diferentes pruebas de vigor y emergencia en semillas de soya en variedades Hodgson y Corsoy en 1978-80, reportaron que la prueba fría y la conductividad eléctrica mostraron la mejor correlación lineal con emergencia en campo en 1979; sin embargo, en 1980 la prueba de conductividad no mostró una buena correlación. Por otro lado, Oliviera *et al.* (1984) estudiando el papel que juega el daño mecánico en la semilla de lotes comerciales de soya y la determinación del vigor en base a las mediciones de conductividad eléctrica, encontró que la conductividad de los exudados de la semilla predijo altamente la emergencia en campo y concluyó también que semillas de bajo vigor imbibieron rápidamente agua, trayendo como

consecuencia daños en las células cotiledonales, resultando en altos exudados de electrolitos (Larson, 1968; Bramlage *et al.*, 1978 y Powell y Matthews, 1979).

Trabajos recientes realizados por Levengood *et al.* (1985) reportan haber hallado que semillas de soya con bajos niveles de corriente eléctrica, presentaron una mayor velocidad de emergencia, crecimiento más uniforme y plántulas vigorosas, mientras que las semillas con altos niveles de corriente presentaron todo lo contrario. No obstante en trabajos realizados en este mismo cultivo Hepburn *et al.* (1984) y Urbaniak (1985) mencionan no haber encontrado diferencias significativas entre la conductividad eléctrica de exudados y la calidad de la semilla, principalmente cuando éstas fueron expresadas en microamperes (μA) de conductividad por gramo de semilla.

Muller y Lampeter (1985) investigando el vigor de semillas en *Vicia faba* L. y frijol en relación a la calidad de semilla, mencionan que la conductividad eléctrica de los exudados difirió significativamente para haba. Sin embargo, se encontró una estrecha correlación negativa entre conductividad de los exudados y el rendimiento para frijol. Sugiriendo que la prueba de conductividad puede por lo tanto ser usada como una medida del vigor en semillas *Phaseolus vulgaris* L. En estudios realizados en los últimos años, Saminy *et al.* (1987) evaluaron cuatro pruebas de

vigor por su habilidad para predecir el potencial de emergencia en campo para lotes de semilla en frijol. Comentan que la prueba de conductividad y la prueba fría fueron más sensitivas en detectar la pérdida de vigor en la semilla inducido por envejecimiento y estuvieron altamente correlacionadas con la emergencia de campo. La alta correlación existente entre la conductividad y la edad de las semillas indica que este método es capaz de detectar el deterioro de semillas de frijol.

Vigor a Través de Envejecimiento Acelerado

Para la evaluación del vigor mediante envejecimiento acelerado las semillas se someten a condiciones de estrés antes de evaluar su capacidad germinativa. Las semillas son expuestas a temperaturas de 40-45°C y cerca de 100 por ciento de humedad relativa, variando los períodos de tiempo de exposición según la especie de que se trate, posteriormente se hace la prueba de germinación estándar en base a las recomendaciones de ISTA (1985). El principio se basa en que las semillas de alto vigor toleran el tratamiento de alta humedad y alta temperatura, y de este modo conservan la capacidad de producir una plántula normal después de la prueba de germinación estándar.

Delouche (1965) fue el que desarrolló la prueba de envejecimiento acelerado para predecir la capacidad de almacenamiento de lotes de semilla, la cual él consideró ser una manifestación del vigor. Posteriormente la prueba fue usada como una prueba de vigor (Tekrony y Egli, 1977). Esta prueba es rápida, de poco costo, simple y puede ser usada para todas las especies (Copeland y McDonald, 1985) y no requiere tratamiento adicional para su correcta evaluación. Considerando la variación existente en el procedimiento de esta prueba Baskin (1977) y AOSA (1983) desarrollaron el método de "vaso cerrado" para muestras individuales como una alternativa al procedimiento de envejecimiento acelerado. A la fecha se ha utilizado la prueba de envejecimiento acelerado para pruebas de vigor en varios cultivos.

En los últimos años se ha incrementado el uso de pruebas de vigor por los productores y tecnólogos de semilla, especialmente para cultivos como maíz, soya, algodón y sorgo (Tekrony, 1982). Este mismo autor reporta que en revisión hecha por la AOSA (1983) y la Sociedad de Tecnólogos de Semilla de Laboratorios Privados (SCST) indican que el 61 por ciento de un total de 102 laboratorios realizaron pruebas de vigor en 1982. Las pruebas de vigor más utilizadas fueron prueba fría, evaluación con tetrazolio y envejecimiento acelerado.

En una búsqueda por mejorar la metodología utilizada para envejecimiento acelerado Tekrony (1985) evaluó tres metodologías (vaso abierto, vaso cerrado y de bandeja) envejeciendo las semillas a diferentes períodos de tiempo y una temperatura constante de 41°C. Concluyendo que el método de bandeja y 72 hr de envejecimiento fue adoptado como el procedimiento recomendado para lotes de semilla de soya. Asimismo, Tekrony y Egli (1977) comparando los resultados de diferentes pruebas de laboratorio y su relación con emergencia encontraron que a través del uso de índices de vigor podría proporcionar una mejor estimación de la emergencia en campo, incrementándose la exactitud aproximadamente en un 25 por ciento que la media de los resultados de pruebas individuales, en este caso el índice de vigor VR-1 (germinación estándar-conteo a los cuatro días y germinación de envejecimiento acelerado) proporcionó una mejor estimación de la emergencia. De esta manera Johnson y Wax (1978) estudiando la relación de los resultados de diferentes pruebas de laboratorio y el comportamiento de lotes de semilla de soya bajo una amplia gama de condiciones ambientales de campo mostraron que la prueba de envejecimiento acelerado y la prueba fría detectaron inicialmente que los lotes de semilla fueron extremadamente de baja calidad; sin embargo, estas pruebas no predijeron en forma consistente la emergencia en campo. En contraste con estos resultados Kulik y Yaklich (1982) mencionan que la prueba de envejecimiento, plántulas

normales y la prueba fría, fueron los métodos que mostraron las más consistentes estimaciones del potencial de emergencia en campo en varios años.

Factores que Afectan la Emergencia

La emergencia en campo y el subsecuente establecimiento son afectados por varios factores entre los que se encuentran algunos de ellos como el peso de la semilla (Trupp y Carlson, 1971), maduración de la semilla (Ferguson y Turner, 1971) el vigor de la semilla (Edje y Burris, 1971), tasa de elongación de plántula (Fehr *et al.* 1973 y Hatfield y Egli, 1974), temperatura del suelo (Black, 1970 y Hatfield y Egli, 1974; Jones y Peterson, 1975); humedad del suelo (Black, 1970) y el genotipo (Fehr *et al.*, 1973), el medio ambiente y el genotipo (Ching *et al.*, 1977).

Con la finalidad de encontrar los factores que están influyendo en una emergencia rápida y establecimiento uniforme de los cultivos en campo, muchos investigadores han realizado estudios al respecto así Yaklich y Garrison (1979) en trabajos realizados en emergencia en diferentes localidades y fechas de siembra para distintos genotipos, reportan que antes que el medio ambiente, el genotipo es el más importante en el comportamiento de un lote de semilla, similares resultados fueron encontrados por Ching *et al.*

(1977). De la misma manera Hatfield y Egli (1974) en ensayos realizados en lotes de soya, mostraron que la tasa de elongación del hipocotilo fue encontrado ser una función del suelo y de la longitud del hipocotilo de cada genotipo, así el tiempo mínimo de emergencia fue cuando el suelo mostró un rango de temperatura de 25-35°C demostrando que otros factores como profundidad de siembra no influyeron en la emergencia, resultados similares fueron encontrados por Fehr *et al.* (1973).

Johnson y Wax (1978) y Yaklich y Kulik (1979) trabajando en lotes de semilla de soya evaluando su emergencia para distintas condiciones de plantación, concluyeron que la emergencia en campo fue marcadamente diferenciada de acuerdo a las condiciones de siembra, así en condiciones de estrés las pruebas tuvieron dificultad para predecir el comportamiento de la semilla; sin embargo, cuando las condiciones de campo fueron las óptimas un gran número de pruebas obtuvieron buenas correlaciones, mostrando que la significancia de ésta tomó un rumbo que fue dependiendo del tipo de suelo y no de la fecha de siembra, de igual forma Yaklich y Kulik (1979) en trabajos similares mostraron que la emergencia y establecimiento de plántulas fueron mejores para el tipo de suelo arenoso que para suelos pesados.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Experimento

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de semilla (CCDTS), de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Material Experimental

42 muestras de semilla de soya (*Glycine max* (L.) Merr.) de cuatro variedades y 33 muestras de semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de seis variedades correspondientes a lotes comerciales de semilla fueron utilizadas en este trabajo. Las muestras fueron proporcionadas por la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) y una compañía particular. Información adicional para cada uno de los lotes se presenta en los Cuadros 3.1 y 3.2.

Las muestras fueron registradas mediante un número de trabajo y seguida de su homogeneización manual, se

Cuadro 3.1. Lotes de semilla de soya utilizadas en este estudio.

No. de lote	Variedad	Origen y producción	Contenido de humedad (%)
1	Santa Rosa	Mante PV-85	11.1
2	Santa Rosa	Mante PV-85	11.1
3	Júpiter	Mante PV-85	11.3
4	Júpiter	Mante PV-85	11.5
5	Júpiter	Mante PV-85	11.5
6	Júpiter	Mante PV-85	11.4
7	Júpiter	Mante PV-85	10.7
8	Júpiter	Mante PV-85	11.4
9	Júpiter	Mante PV-85	11.1
10	ISAEG MB-2	Cocula PV-85	8.6
11	ISAEG MB-2	Cocula PV-85	8.9
12	ISAEG MB-2	Cocula PV-85	9.1
13	ISAEG MB-2	Cocula PV-85	8.5
14	ISAEG MB-2	Cocula PV-85	8.6
15	ISAEG MB-2	Cocula PV-85	8.8
16	Santa Rosa	INIFAP-86	12.4
17	Júpiter	INIFAP-86	13.1
18	Santa Rosa	INIFAP-86	11.9
19	Júpiter	Mante PV-86	11.6
20	Júpiter	Mante PV-86	12.3
21	Júpiter	Mante PV-86	12.0
22	Júpiter	Mante PV-86	12.3
23	Júpiter	Mante PV-86	11.9
24	Júpiter	Mante PV-86	11.8
25	Júpiter	Mante PV-86	11.9
26	Júpiter	Mante PV-86	11.8
27	Júpiter	Mante PV-86	11.8
28	Júpiter	Mante PV-86	11.8
29	Júpiter	Mante PV-86	11.4
30	Júpiter	Mante PV-86	11.8
31	Júpiter	Mante PV-86	11.8
32	Júpiter	Mante PV-86	11.0
33	Júpiter	Mante PV-86	11.5
34	Júpiter	Mante PV-86	11.1
35	Júpiter	Mante PV-86	11.4
36	Júpiter	Mante PV-86	11.5
37	Júpiter	Mante PV-86	11.2
38	UFV-1	Mante PV-86	11.6
39	UFV-1	Mante PV-86	11.3
40	UFV-1	Mante PV-86	11.2
41	UFV-1	Mante PV-86	11.2
42	UFV-1	Mante PV-86	10.9

Cuadro 3.2. Lotes de semilla de frijol utilizados en este estudio.

No. de lote	Variedad	Origen y producción	Contenido de humedad (%)
1	Flor de Mayo	Durango PV-85	5.4
2	Flor de Mayo	Calera PV-86	5.8
3	Pinto Laguna-80	Laguna PV-86	5.0
4	Pinto Americano-114	Río Bravo PV-87	8.1
5	Pinto Laguna-80	Laguna PV-86	5.1
6	Pinto Laguna-80	Laguna PV-87	5.5
7	Pinto Americano-114	Río Bravo PV-87	8.2
8	Negro Jamapa	S.I.N 82/83	--
9	Negro Jamapa	S.I.N 85/86	--
10	Negro Jamapa	S.I.N PV-83	7.2
11	Negro Jamapa	S.I.N PV-83	7.2
12	Negro Jamapa	S.I.N 85/86	7.3
13	Negro Jamapa	S.I.N 85/86	7.9
14	Negro Jamapa	S.I.N 85/86	7.8
15	Negro Huasteco-81	Mante 85/86	--
16	Negro Huasteco-81	Mante 85/86	--
17	Negro Huasteco-81	Mante 85/86	--
18	Negro Huasteco-81	Mante 85/86	--
19	Negro Jamapa	S.I.N 85/86	7.4
20	Negro Jamapa	S.I.N PV-83	7.4
21	Negro Jamapa	S.I.N 85/86	7.3
22	Negro Huasteco-81	Mante 86/87	7.8
23	Negro Huasteco-81	Mante 86/87	7.9
24	Negro Huasteco-81	Mante 86/87	7.7
25	Negro Huasteco-81	Mante 85/86	8.0
26	Flor de Mayo	Calera PV-87	5.3
27	Bayo Zacatecas	Calera PV-86	5.6
28	Flor de Mayo	Calera PV-86	5.4
29	Flor de Mayo	Calera PV-85	6.2
30	Flor de Myo	S.I.N 86/87	5.9
31	Bayo Zacatecas	Calera PV-84	5.4
32	Bayo Zacatecas	Calera PV-85	6.0
33	Bayo Zacatecas	Calera PV-86	5.8

S.I.N = Santiago Ixcuintla Nayarit

obtuvieron muestras de trabajo mediante reducciones igualmente manuales, esto se hizo con la finalidad de evitar golpeteo de la semilla en el homogeneizador tipo Riffle. Las semillas para cada prueba fueron contadas también en forma manual.

Durante el período del experimento las muestras de trabajo se mantuvieron en bolsas de polietileno bajo condiciones de temperatura ambiental $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Pruebas de Calidad

Determinación de Humedad

Después del registro de las muestras se hicieron mediciones del contenido de humedad en submuestras de 250 g en un determinador de humedad eléctrico.

Germinación Estándar

Siguiendo el método propuesto por ISTA (1985) para evaluar la capacidad germinativa de la semilla, se colocaron ocho repeticiones de 50 semillas por muestra entre toallas de papel secante, humedecidas y tratadas con fungicida y enrolladas en forma de "taco" e identificadas, colocándose en una estufa germinadora de baja capacidad a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, se realizaron los conteos de germinación a los

ocho días para soya y cinco y siete días para frijol, período en el cual se tomaron datos de plántulas normales, plántulas anormales, semillas muertas y semillas duras, repitiéndose la prueba cuando la variación entre repeticiones se encontró fuera de tolerancia al ser comparadas en tablas de Miles (1963). El porcentaje de germinación (GE) se obtuvo de la media de las cuatro repeticiones de plántulas normales más las semillas duras. El primer conteo de germinación (PCGE) se obtuvo de la misma forma, a los cinco días.

Germinación y Vigor Predicho en ASA-610

El analizador automático de semillas (ASA-610) es un instrumento desarrollado por Agro-Sciences, Inc. (ASI), Ann Arbor, MI, y diseñado para predecir la germinación de lotes de semilla por medición de corriente eléctrica (μA) en volúmenes uniformes de agua destilada en los cuales se remojan semillas individuales.

El ASA-610 es un modelo que consta de un multielectrodo formado por 100 cabezales, los cuales se ensamblan a una charola que contiene 100 celdas con capacidad de 4 ml cada una.

Para la medición de la germinación predicha (GP) se colocaron dos repeticiones de 100 semillas por muestra en

charolas de 100 celdas individuales, llenándose con agua destilada y dejándose en remojo a temperatura ambiente durante 20-24 hr. Posteriormente se ensambló el multielectrodo a la charola, leyéndose en el tablero del analizador la GP de cada repetición e inmediatamente se activó el botón impresor en donde los valores de conductividad de cada semilla fueron registrados en un tira de papel en secuencia de las semillas de uno al 100.

Los datos de germinación predicha (GP) y de la media de conductividad (CE) se obtuvo de las dos repeticiones de 100 semillas. Se utilizó una "partición" de 90 μ A recomendado en el manual de operación para muestras de soya y una "partición" de 115 μ A para muestras de semilla de frijol (Saminy *et al.* 1987).

Posteriormente con los datos de conductividad de las 100 semillas en cada repetición se determinó la germinación predicha en histograma (GPH) con particiones de 50 y 70 para muestras de soya y 90, 105 y 120 μ A para muestras de frijol, con los mismos histogramas elaborados se clasificó el vigor estimado (VE) de los lotes, de acuerdo a McDonald y Wilson (1980).

Viabilidad y Vigor con Tetrazolio

Se acondicionaron 200 semillas por muestra entre toallas de papel húmedas, con excepción para las variedades de frijol "Flor de Mayo" y "Bayo Zacatecas" las cuales fueron directamente remojadas en agua durante toda la noche (18 hr). Después de estos periodos de humedecimiento las semillas fueron lavadas en agua y colocadas en recipientes de vidrio, conteniendo una solución de 2, 3, 5 cloruro de trifenil tetrazol al uno por ciento y tapando cada recipiente con papel aluminio.

Los recipientes fueron colocados en una estufa oscura a una temperatura entre 35-40°C durante un tiempo de 3 h, después del cual las semillas se lavaron varias veces con agua de la llave para proceder a su evaluación. Se removió la cubierta y separó los cotiledones de la semilla, las cuales se clasificaron de acuerdo al teñido de los cotiledones en ocho categorías (Cuadro 3.3) siguiendo recomendaciones del manual de viabilidad Grabe (1970) modificado por Bustamante (1981).

El porcentaje de viabilidad (VTZ) se obtuvo de la media de las primeras cuatro categorías y el porcentaje de vigor (VGTZ) de la primera categoría, ambas para las dos repeticiones antes mencionadas.

Cuadro 3.3. Categorías de teñido de la semilla con tetrazol.

Categorías	Area abaxial
1	Completamente teñida
2	Manchas muy pequeñas sin teñir
3	Manchas sin teñir distinguibles pero más de 3/4 del área teñida
4	Menos de 3/4 del área teñida pero más de 1/2 teñida
5	Menos de 1/2 del área pero más de 1/4 teñida
6	Menos de 1/4 del área teñida
7	Sin teñir
8	Semillas con radícula sin teñir

Viabilidad Mediante pH de Exudados

El principio de esta prueba para determinar viabilidad se basa en que mediante el cambio de color de la solución donde se remojan semillas individuales y de acuerdo al pH de esta y el cambio de tonalidad que presenta se determina la viabilidad de la semilla.

Se colocaron dos repeticiones de 100 semillas por muestra en charolas de 100 celdas individuales de 4 ml las que se llenaron con agua destilada a un pH de 7.0 ± 0.05

en los cuales se remojaron las semillas a diferentes tiempo, 30 minutos (VpH-30), 60 minutos (VpH-60), 90 minutos (VpH-90) y 120 minutos (VpH-120) para frijol y los primeros dos tiempos para soya.

Cabe hacer la aclaración que fue necesario neutralizar el pH del agua mediante la adición de dos gotas por litro de KHO al 0.02 por ciento normal para los ensayos realizados en semilla de frijol, para lotes de soya se utilizó agua destilada sin neutralizar con un pH de $70^{\pm} 2$ unidades. Posteriormente a cada periodo de remojo se aplicó a cada celda una gota de solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 0.16 por ciento y una gota de solución de fenoftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) al 0.5 por ciento inmediatamente se agitó evaluando la viabilidad en base a las siguientes tonalidades, rosa fuerte para semillas viables, rosa pálido plantulas anormales y sin coloración semillas muertas (Amaral y Peske, 1984).

Vigor Mediante Envejecimiento Acelerado

Se utilizó una cámara externa con un elemento de calefacción tipo inmersión, conteniendo en el fondo una lámina de agua de aproximadamente 5 cm presentando un sensor que controla la temperatura. La cámara interna consta de un vaso precipitado de 600 ml conteniendo 100 ml de agua en donde se colocaron 100 semillas en una malla de

alambre, sostenidas por un soporte en el interior y tapandose con papel aluminio.

Los vasos fueron colocados sobre un bastidor en la camara externa cerrándose esta inmediatamente. Se estableció un control de temperatura de $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y alrededor de 100 por ciento de humedad relativa durante 64 h para semillas de soya y 72 para semillas de frijol segun AOSA (1983). Cuando finalizó el periodo de envejecimiento se sacaron las semillas y se efectuó un ensayo de germinación estandar según recomendaciones de ISTA (1985) en cuatro repeticiones de 50 semillas, determinándose el vigor en base a plántulas normales después de envejecimiento acelerado (VGEA) y la viabilidad después de envejecimiento (VbEA).

Emergencia

La siembra se realizó en invernadero de esta Universidad, en condiciones de suelo tipo arcilloso. Para esto se sembraron cuatro repeticiones de 100 semillas por muestra en lotes de semilla de soya y dos repeticiones de 100 semillas para muestras de frijol, efectuándose esta a "chorrillo" y a una profundidad de 4 a 5 cm en un arreglo completamente al azar. La evaluación de la emergencia fue realizada a los siete días para muestras de semilla de frijol y 10 días para muestras de soya; tiempo después se

determinó el porcentaje de emergencia (E).

Análisis Estadístico

Se determinaron los coeficientes de correlación simple (r), el coeficiente de determinación (r^2) y los coeficientes de regresión entre la prueba de germinación estandar y las pruebas de vigor. Para el cálculo de las ecuaciones de predicción para las mejores relaciones y su R^2 fue necesario transformar los datos a arco seno.

U.A.A.A.N.

RESULTADOS

Lotes de Semilla de Frijol

Resultados de Viabilidad

Treinta y tres lotes de semilla de frijol fueron utilizados para una serie de evaluaciones. Porcentajes de germinación estandar (GE) fueron comparados con porcentaje de viabilidad en la prueba estandar (VGE), viabilidad con tetrazolio (VTZ), germinación predicha (GP) en ASA-610 así como con germinación predicha en histograma a 90 μ A (GPH-90), germinación predicha en histograma 105 μ A (GPH-105), germinación predicha en histograma a 115 μ A (GPH-115) y germinación predicha en histograma a 120 μ A (GPH-120), los cuales se muestran en los cuadros 4.1 y 4.2.

Los porcentajes de GE se presentaron en un rango de 56 a 97 por ciento entre los 33 lotes evaluados, observándose 22 lotes con porcentajes arriba de 80 por ciento, nueve lotes con porcentajes entre 60 y 80 por ciento y únicamente dos lotes estuvieron abajo de 60 por ciento. En cuanto a los porcentajes de VGE presentan un rango de 68 a 100 por ciento observándose 29 lotes con

Cuadro 4.1. Medias de germinación estándar, viabilidad en la prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha en ASA-610 en lotes de semilla de frijol.

No. de lote	GE (%)	VGE (%)	VT2 (%)	GP (%)
1	92	100	85	90
2	90	100	88	78
3	77	86	83	56
4	87	91	65	96
5	76	88	80	58
6	75	84	76	60
7	93	98	90	94
8	71	78	67	72
9	90	95	83	94
10	63	73	78	70
11	56	68	64	68
12	84	91	82	88
13	92	98	80	91
14	87	94	82	93
15	75	81	57	80
16	71	84	58	67
17	87	95	88	96
18	88	97	89	98
19	92	96	78	86
20	59	72	75	64
21	90	96	89	90
22	79	89	84	76
23	86	95	75	92
24	88	96	85	90
25	74	90	81	97
26	88	97	94	88
27	92	97	94	88
28	97	100	98	99
29	91	95	92	90
30	88	96	88	87
31	93	99	98	98
32	90	94	90	97
33	90	97	100	96

Cuadro 4.2. Medias de germinación predicha obtenida en histograma para particiones de 90, 105, 115 y 120 μA en lotes de semilla de frijol.

No. de lote	GPH-90 (%)	GPH-105 (%)	GPH-115 (%)	GPH-120 (%)
1	76	89	94	95
2	59	80	91	93
3	38	58	74	79
4	82	97	99	99
5	32	56	72	80
6	42	63	76	81
7	78	94	96	97
8	53	72	81	84
9	84	95	98	99
10	47	72	80	84
11	48	70	74	79
12	68	87	91	94
13	75	92	96	97
14	81	93	95	97
15	57	85	92	94
16	37	67	81	87
17	82	94	97	98
18	89	99	99	99
19	64	87	91	95
20	42	63	71	74
21	89	90	94	96
22	39	76	86	89
23	75	92	96	96
24	72	89	95	96
25	91	98	99	99
26	68	87	95	95
27	74	89	92	95
28	97	99	99	99
29	66	90	95	95
30	64	86	91	93
31	89	98	99	100
32	91	98	100	100
33	87	96	99	99

porcentajes de VGE arriba de 80 por ciento y sólo cuatro lotes reportaron porcentajes entre 60 y 80 por ciento. El rango obtenido en VTZ fue de 57 y 99 por ciento, encontrándose 23 lotes con porcentajes arriba de 80 por ciento, ocho lotes entre 60 y 80 por ciento y únicamente dos lotes con porcentajes abajo de 60 por ciento.

Los valores de GP se encuentran en el rango de 56 y 99 por ciento, observándose 23 lotes con GP arriba de 80 por ciento, ocho lotes entre 60 y 80 por ciento y sólo dos lotes tuvieron porcentajes abajo de 60 por ciento.

Considerando que las "particiones" recomendadas en el manual de operación del ASA-610 son altos (Miranda, 1981) se procedió a evaluar diferentes "particiones" mediante la distribución de las semillas de la muestra en histograma. Estos resultados se presentan en el Cuadro 4.2. Los porcentajes para GPH-90 estuvieron dentro del rango de 32 y 97, observándose 11 lotes con porcentajes arriba de 80, entre 60 y 80 por ciento, también 11 lotes e igual número con porcentajes abajo de 60 por ciento. Para el caso de GPH-105 estos presentaron rangos de 56 a 99 por ciento. Del total de lotes, 24 presentaron porcentajes arriba de 80, siete lotes estuvieron entre 60 y 80 por ciento y dos lotes estuvieron abajo de 60 por ciento. Los valores de GPH-115 se encontraron en un rango de 72 y 100 por ciento, de los cuales la gran mayoría, 27 lotes presentaron

porcentajes arriba de 80 por ciento, no reportándose lotes por abajo de 60 por ciento. Sin embargo, cuando la "partición" se incrementó a 120 (GPH-120) se obtuvo un rango de 79 y 100 por ciento, observándose únicamente dos lotes con porcentajes de 60 y 80, presentando la gran mayoría de ellos (31 lotes), porcentajes arriba de 80.

Con la finalidad de obtener las desviaciones entre la germinación estándar y las diferentes pruebas de viabilidad, se procedió a obtener las diferencias en porcentaje entre GE y VGE, GP, GPH-90, GPH-105, GPH-115 y GPH-120, estos resultados se presentan en el Cuadro 4.3. Las diferencias entre GE y VGE fueron de ± 5 por ciento o menos para cinco lotes y ± 10 por ciento o menos para 26 lotes. Las diferencias entre GE y VTZ fueron de ± 5 por ciento o menos para 15 lotes, ± 10 por ciento o menos para 24 lotes y ± 20 por ciento o menos se encontraron en 32 lotes. Aun cuando la desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo es aceptable en la GP en ASA-610 con respecto a GE, para el caso de VTZ no se encontró información que indique la desviación máxima aceptable, tomándose como criterio la desviación aceptable para GP con ASA-610. En este caso VIZ predijo la GE en un 73 por ciento, sobreestimando a la mitad de los lotes. Las diferencias entre GE y GP fueron de ± 5 por ciento o menos para 15 lotes, ± 10 por ciento o menos para 26 lotes y ± 20 por ciento o menos para 31 lotes. Del total de los lotes

Cuadro 4.3. Diferencias entre germinación estándar y viabilidad en prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha, germinación predicha en histograme en distintas particiones en lotes de semilla de frijol.

No. de lote	Diferencias (%)									
	+6E-V5E	+6E-VT2	+6E-GP	+6E-GPH-90	+6E-GPH-105	+6E-GPH-115	+6E-GPH-120			
1	-8	+7	+2	+16	+3	-2	-3			
2	-16	+2	+12	+31	+10	-1	-3			
3	-9	-6	+21	+39	+19	+3	-2			
4	-4	+22	-9	+5	+10	-11	-12			
5	-8	-4	+18	+44	+20	+4	-4			
6	-5	+3	-1	+15	-1	-3	-4			
7	-7	+4	-1	+15	-1	-3	-4			
8	-5	+7	-4	+18	-1	-10	-13			
9	-10	-15	-7	+6	-5	-8	-9			
10	-12	-8	-12	+8	-9	-17	-21			
11	-7	+2	-4	+16	-3	-7	-10			
12	-6	+12	+1	+17	-0	-4	-5			
13	-7	+5	-6	+6	-6	-8	-10			
14	-6	+18	-5	+18	-10	-17	-19			
15	-13	+15	+4	+34	+4	-10	-1			
16	-8	-1	-9	+5	-7	-10	-11			
17	-9	-1	-10	+1	-11	-11	-11			
18	-4	+14	+6	+28	+5	+1	-3			
19	-13	-16	-5	+5	+17	-4	-12			
20	-6	+1	0	+1	0	-4	-6			
21	-10	-5	+3	+40	+3	-7	-10			
22	-9	+11	-6	+11	-6	-10	-10			
23	-8	+3	-2	+16	-1	-7	-8			
24	-16	-7	-23	+17	-24	-25	-25			
25	-9	-6	0	+20	+1	-7	-7			
26	-5	-2	+4	+18	+3	0	-3			
27	-3	-1	-2	0	-2	-2	-2			
28	-4	-1	+1	+25	+1	-4	-4			
29	-8	0	+1	+24	+2	-3	-5			
30	-4	-5	-5	+4	-5	-6	-7			
31	-4	0	-7	-1	-8	-10	-10			
32	-7	-10	-6	+3	-6	-9	-9			

evaluados en este estudio la GP sobreestimó 19 lotes representando éste el 58 por ciento y si consideramos una desviación de ± 10 por ciento o menor de ocurrencia de GP en relación con la GE como máximo aceptable por la industria semillera (Miranda, 1981) encontramos que el ASA-610 predijo la germinación para un 79 por ciento de lotes.

Las diferencias entre GE y GPH-90 fueron de ± 5 por ciento o menos para seis lotes, ± 10 por ciento o menos para 11 lotes y ± 20 por ciento o menos para 23 lotes; y considerando una desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo aceptable, GPH-90 predijo en un 33 por ciento al total de lotes evaluados subestimando a la mayoría de éstos. Sin embargo, las diferencias obtenidas entre GE y GPH-105 fueron de ± 5 por ciento o menos para 15 lotes, ± 10 por ciento o menos para 24 lotes y ± 20 por ciento o menos para 31 lotes. Considerando la desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo aceptable, GPH-105 predijo la germinación en un 73 por ciento. Asimismo diferencias entre GE y GPH-115 fueron de ± 5 por ciento o menos para 13 lotes, ± 10 por ciento o menos para 22 lotes, y ± 20 por ciento o menos para 32 lotes, prediciendo esta partición la germinación en un 70 por ciento. No obstante, cuando la "partición" se incremento a 120 μ A (GPH-120) las diferencias con GE mostraron ± 5 por ciento o menos para nueve lotes, ± 10 por ciento o menos para 18 lotes y ± 20

por ciento o menos para 30 lotes, y tomando la desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo aceptable, la partición de 120 μ A predijo la germinación en un 55 por ciento, sobreestimando a la totalidad de los lotes evaluados.

En otra serie de experimentos se evaluaron 15 lotes de semilla de frijol en germinación estándar (GE) y viabilidad mediante pH de los exudados a diferente tiempo de remojo, 30 min (VpH-30), 60 min (VpH-60), 90 min (VpH-90) y 120 min (VpH-120). Las medias de viabilidad para cada tiempo se muestran en el Cuadro 4.4.

Los porcentajes de GE se presentaron en un rango de 56 y 93 por ciento para los 15 lotes evaluados, mostrando 10 lotes porcentajes arriba de 80, tres lotes porcentajes entre 60 y 80, y dos lotes porcentajes por abajo de 60. Los rangos obtenidos para VpH-30 fueron entre 86 y 98 por ciento, presentando 12 lotes arriba de 90 por ciento de viabilidad y tres lotes entre 80 y 90 por ciento. Asimismo el rango presentado para VpH-60 fue entre 72 y 99 por ciento, encontrándose que seis lotes estuvieron por arriba de 90 por ciento, siete lotes entre 80 y 90 por ciento y dos lotes presentaron porcentajes de viabilidad abajo de 80 por ciento. Por otro lado el rango de VPH-90 fue de 64 y 96 por ciento, encontrándose cuatro lotes con porcentajes arriba de 90, porcentajes entre 60 y 80 para 10 lotes y

abajo de 60 por ciento un solo lote. En contraste un rango de 60 y 93 por ciento se encontró para VpH-120. Presentando tres lotes porcentajes arriba o igual a 90 por ciento, un lote se encontró entre 80 y 90, y abajo de 80 por ciento 11 lotes.

Cuadro 4.4. Medias de viabilidad obtenidas en la prueba estándar y pH de exudados a diferentes tiempos de remojo en 15 lotes de semilla de frijol.

No. de lote	GE %	VpH-30 %	VpH-60 %	VpH-90 %	VpH-120 %
7	93	98	94	94	93
8	71	86	81	64	61
9	90	96	90	82	74
11	56	91	72	70	63
12	84	95	89	80	75
13	92	95	92	80	75
14	87	92	84	81	73
15	75	96	89	78	74
18	88	95	85	75	60
20	59	86	74	75	75
21	90	90	91	88	70
25	74	94	90	84	77
31	93	96	95	96	90
32	90	98	99	92	91
33	90	96	95	94	87

Las diferencias entre GE y viabilidad mediante la prueba de pH de exudados a diferentes tiempos en remojo se presentan en el Cuadro 4.5. Al comparar los porcentajes de GE y VpH-30 se encontró que estas fueron de ± 5 por ciento o menos para tres lotes; ± 10 por ciento o menos para nueve lotes y ± 20 por ciento o menos para 12 lotes y utilizando la desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo

Cuadro 4.5. Diferencia entre germinación estándar y viabilidad mediante la prueba de pH de exudados a diferentes tiempos en remojo para 15 lotes de semilla de frijol.

No. de lote	Diferencias (%)			
	+GE-VpH-30	+GE-VpH-60	+GE-VpH-90	+GE-VpH-120
7	- 5	- 1	- 1	0
8	-15	9	+ 5	+10
9	- 6	0	+ 8	+16
11	-35	-16	-14	- 7
12	-11	- 5	+ 4	+ 9
13	- 3	0	+12	+17
14	- 5	+ 3	+ 6	+16
15	-21	-14	- 3	+ 1
18	- 7	+ 3	+13	+28
20	-27	-15	-16	-16
21	0	+ 1	+ 2	+20
25	-20	-16	- 9	- 3
31	- 3	- 2	- 1	+ 3
32	- 8	- 9	- 2	- 1
33	- 6	- 5	- 4	+ 3

aceptable, la VpH 30 únicamente predijo en forma aceptable en nueve lotes del total de 15, representado el 60 por ciento y sobreestimando con respecto al número de lotes a GE en un 93 por ciento. Al analizar los resultados obtenidos entre GE y VpH-60 presentaron un ± 5 por ciento o menos siete lotes, ± 10 por ciento o menos 11 lotes y ± 20 por ciento o menos la totalidad de lotes. Utilizando la ocurrencia de ± 10 por ciento o menos como aceptable, la VpH-60 predijo en 11 lotes de 15 representando el 73 por ciento; asimismo, este tiempo sobreestimó a GE en igual porcentaje. Resultados similares se muestran entre GE y VpH-90 con desviaciones de ± 5 por ciento o menos para siete lotes, ± 10 por ciento o menos para 11 lotes y ± 20 por ciento o menos para la totalidad de lotes, prediciendo la VpH-90 en 73 por ciento de los lotes y sobreestimando en un 53 de éstos. En contraste con estos resultados las diferencias entre GE y VpH-120 fueron ± 5 por ciento o menos para seis lotes, ± 10 por ciento o menos para ocho lotes y ± 20 por ciento para 13 lotes. Asimismo VpH-120 predijo en ocho lotes de 15, representando el 53 por ciento y subestimando la viabilidad en un 73 por ciento con respecto al total de lotes.

Considerando la estrecha relación existente entre la conductividad de los exudados de semillas y el pH de las mismas, se compararon los resultados obtenidos en estas dos pruebas de viabilidad. Las diferencias entre GP y VpH a

diferentes tiempos de remojo se presenta en el Cuadro 4.6. Al realizar las comparaciones entre GP y VpH-30 se encontraron desviaciones de ± 10 por ciento o menos para 11 lotes de un total de 15, prediciendo este tiempo la GP en ASA-610 en un 73 por ciento. Sin embargo, cuando se observan las diferencias entre GP y VpH-60 se tienen desviaciones de ± 10 por ciento o menos para 14 lotes, prediciendo el tiempo de 60 la GP en forma correcta en el 93 por ciento del total de lotes, en contraste el tiempo de 90 únicamente predijo el 60 por ciento de lotes, mientras que al observar las diferencias entre GP y VpH-120 el pH de semillas remojadas en un período de tiempo de 120 min, estimó en forma correcta la GP en sólo seis lotes, siendo éste el 40 por ciento y sobreestimando la GP con respecto al número de lotes en un 93 por ciento. °

Para conocer el grado de asociación y la naturaleza de la relación entre las diferentes pruebas de viabilidad, se realizaron análisis de correlación múltiple; asimismo, se obtuvieron coeficientes de correlación (r), coeficientes de determinación (r^2) así como coeficientes de regresión, los cuales se muestran en los Cuadros 4.7 y 4.8. En general se puede apreciar que las diferentes pruebas de viabilidad al asociarlas con GE presentaron correlaciones altamente significativas con excepción de VpH-120 que no presentó significancia. Aún cuando se encontraron correlaciones altamente significativas para la gran mayoría

Cuadro 4.6. Diferencias entre germinación predicha y viabilidad mediante la prueba de pH a diferentes tiempos en remojo para 15 lotes de semilla de frijol.

No. de lote	GP-VpH-30 (%)	GP-VpH-60 (%)	GP-VpH-90 (%)	GP-VpH-120 (%)
7	- 4	0	0	+ 1
8	-14	- 9	+ 8	+11
9	- 2	+ 4	+12	+20
11	-23	- 4	- 2	+ 5
12	- 7	- 1	+ 8	+13
13	- 4	- 1	+11	+16
14	+ 1	+ 9	+12	+20
15	-16	- 9	+ 2	+ 6
18	+ 3	+ 9	+23	+38
20	-22	-10	-11	-11
21	0	- 1	+ 2	+20
25	+ 3	+ 7	+13	+20
31	+ 2	+ 3	+ 2	+ 8
32	- 1	- 1	+ 5	+ 6
33	0	+ 1	+ 2	+ 9

Cuadro 4.7. Coeficientes de correlación, coeficientes de determinación y coeficientes de regresión para comparaciones entre germinación estándar y diferentes pruebas de viabilidad en lotes de semillas de frijol.

Comparaciones	Diferencias en medias (%)	Coeficiente de correlación (r)	Coeficiente de determinación (r^2)	Coeficiente de regresión
GE Vs GP	- 1	0.7397	0.5472	0.5930
GE Vs GpH-90	+16	0.5801	0.3365	0.3895
GE Vs GpH-105	- 1	0.7315**	0.5350	0.5980
GE Vs GpH-115	- 7	0.7988**	0.6381	0.9227
GE Vs GpH-120	- 9	0.8232**	0.6776	1.1760
GE Vs VTZ	+ 1	0.6718**	0.4513	0.6454
GE Vs VpH-30	-11	0.6714**	0.4507	2.1534
GE Vs VpH-60	- 6	0.8579**	0.7360	1.3811
GE Vs VpH-90	0	0.7051**	0.4972	0.9305
GE Vs VpH-120	+ 7	0.5010NS	0.2510	0.5875

* Significativo al nivel de 5%

**Significativo al nivel de 1%

NS Significancia al nivel del 1%

Cuadro 4.8. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de viabilidad evaluadas en lotes de semilla de frijol.

GE	GP	GPH-90	GPH-105	GPH-115	GPH-120	VIZ	VpH-30	VpH-60	VpH-90	VpH-120
1.0000	0.7397**	0.5801**	0.7315**	0.8772**	0.8232**	0.6762**	0.6714**	0.8560**	0.7051**	0.5010NS
1.0000	0.7392**	0.9944**	0.9739**	0.9596**	0.4663*	0.7642**	0.8282**	0.7185**	0.4820NS	
1.0000	0.7342**	0.9258**	0.6378**	0.6362**	0.6242*	0.7825**	0.7106**	0.4136NS		
	1.0000	0.9872**	0.9596**	0.4671*	0.7983**	0.8405**	0.7083**	0.4733NS		
		1.0000	0.9951**	0.6508**	0.7876**	0.8825**	0.8866**	0.4677NS		
			1.0000	0.4708**	0.7868**	0.8690**	0.6652**	0.4357NS		
				1.0000	0.4533NS	0.6496**	0.7935**	0.5892*		
					1.0000	0.5800*	0.6728**	0.6192*		
						1.0000	0.8167**	0.7160**		
							1.0000	0.8843**		
								1.0000		

* Significativo al nivel de 5%

** Significativo al nivel de 1%

NS No significativo

de las pruebas, para algunas de ellas se debió a que conforme se incrementa el número de lotes evaluados paralelamente aumentan los grados de libertad para la correlación, incrementándose la probabilidad de encontrar significancia entre las variables estudiadas.

Diagramas de dispersión, líneas de regresión, así como las ecuaciones de predicción entre GE y GP, GPH-115, GPH-120, VTZ y VpH-60 se muestran en las Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5. Al analizar cada uno de estos diagramas se observó que la relación entre GE y las pruebas GPH-115, GPH-120 y VpH-60 presentaron las R^2 más altas con 0.64, 0.68 y 0.74 respectivamente. Indicando la R^2 en que porcentaje los resultados son explicables, debido a la variación de la regresión, representando el complemento para la unidad atribuible a otros factores.

Resultados de Vigor

Para conocer la relación que existe entre los resultados de las pruebas de vigor y la emergencia se evaluaron 33 lotes de semilla de frijol para emergencia (E), primer conteo en germinación estándar (PCGE), vigor mediante la prueba de tetrazolio (VGTZ), viabilidad después de envejecimiento acelerado (VbEA) vigor a través de envejecimiento acelerado (VEA), media de conductividad eléctrica (CE) y vigor estimado en ASA-610 (VE). Las medias

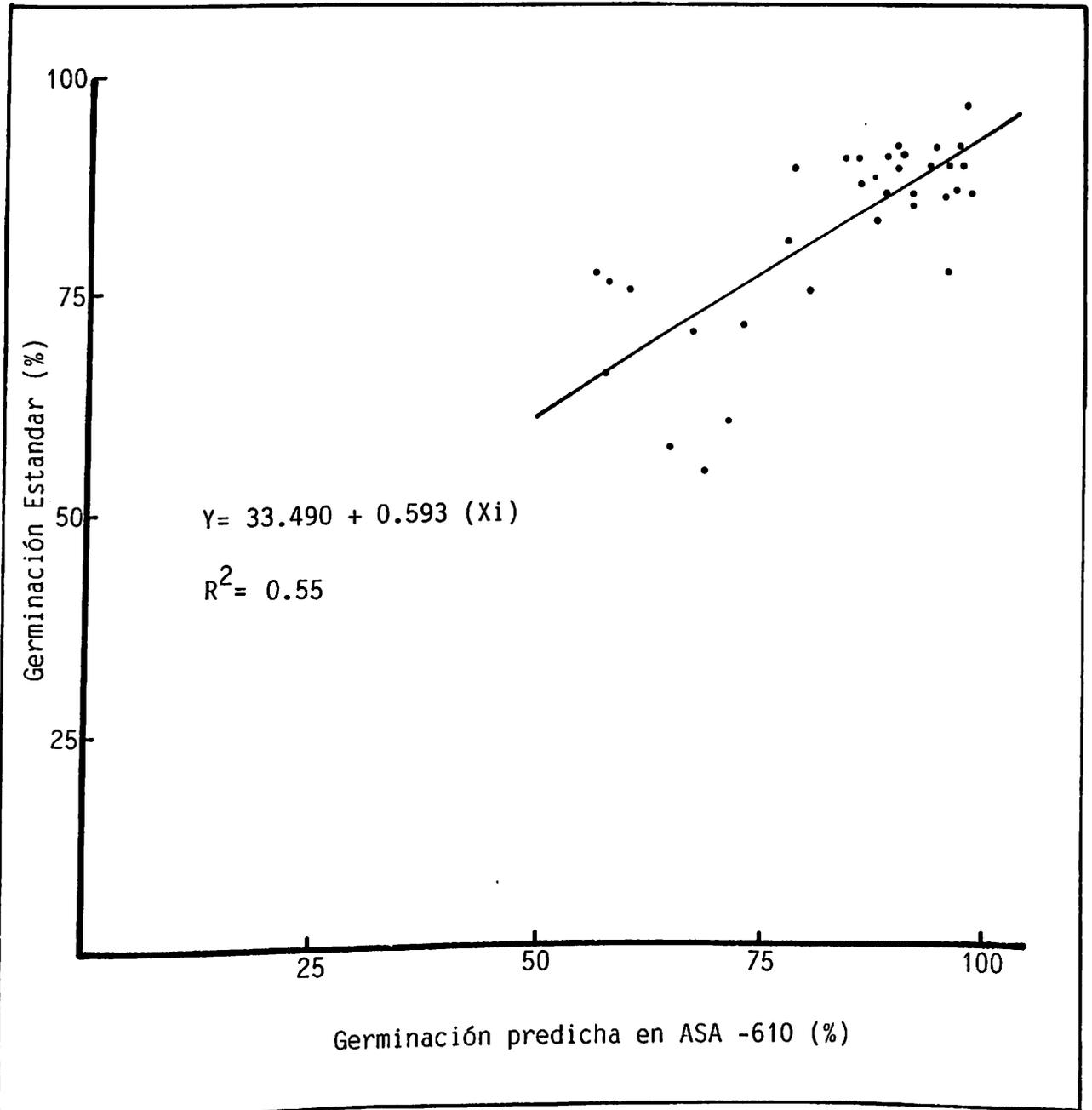


Figura 4.1. Relación entre germinación estandar y germinación predicha en ASA-610 en lotes de semilla de frijol.

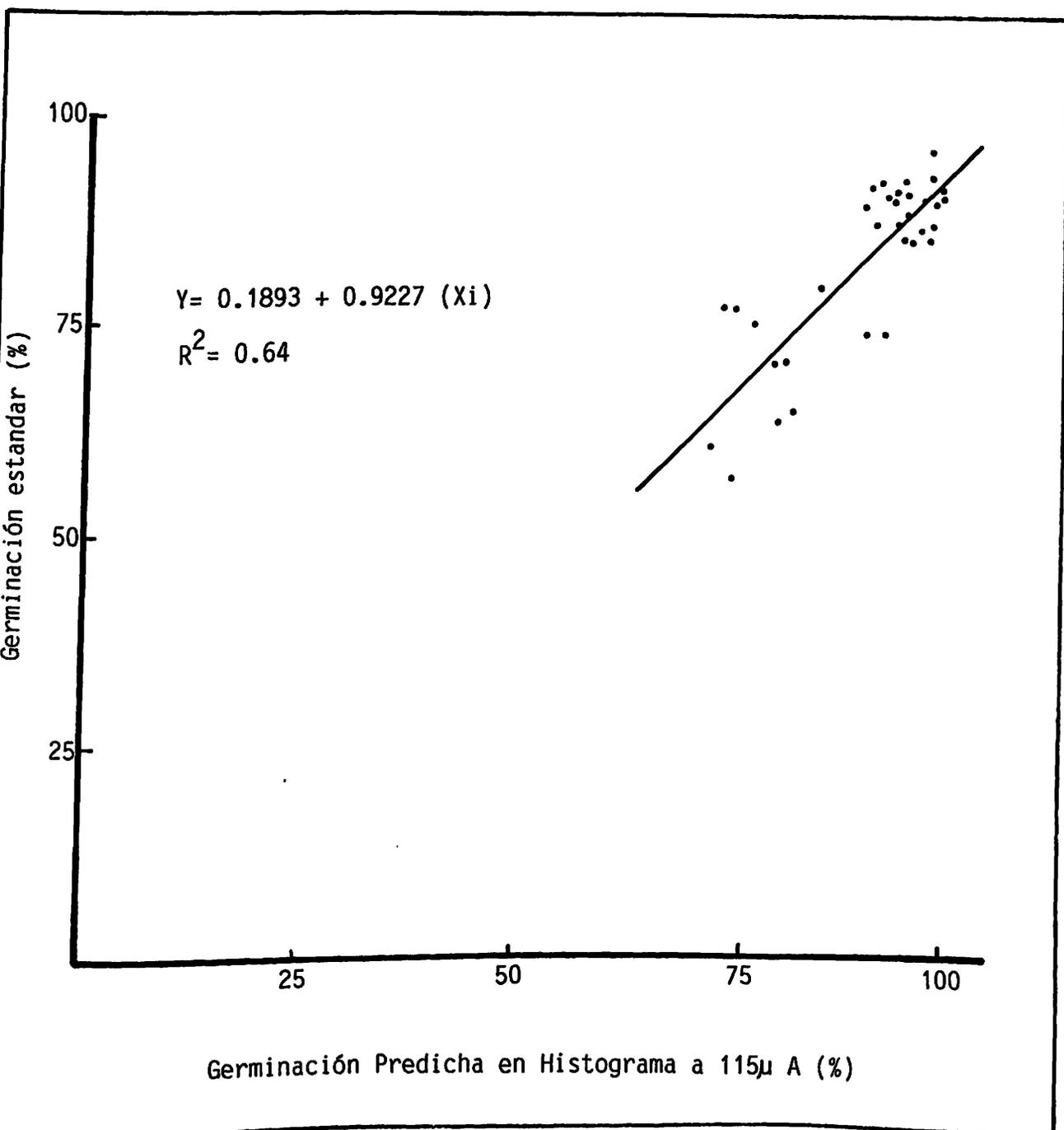


Figura 4.2. Relación entre germinación estandar y germinación predicha en Histograma a 115 uA en lotes de semilla de frijol.

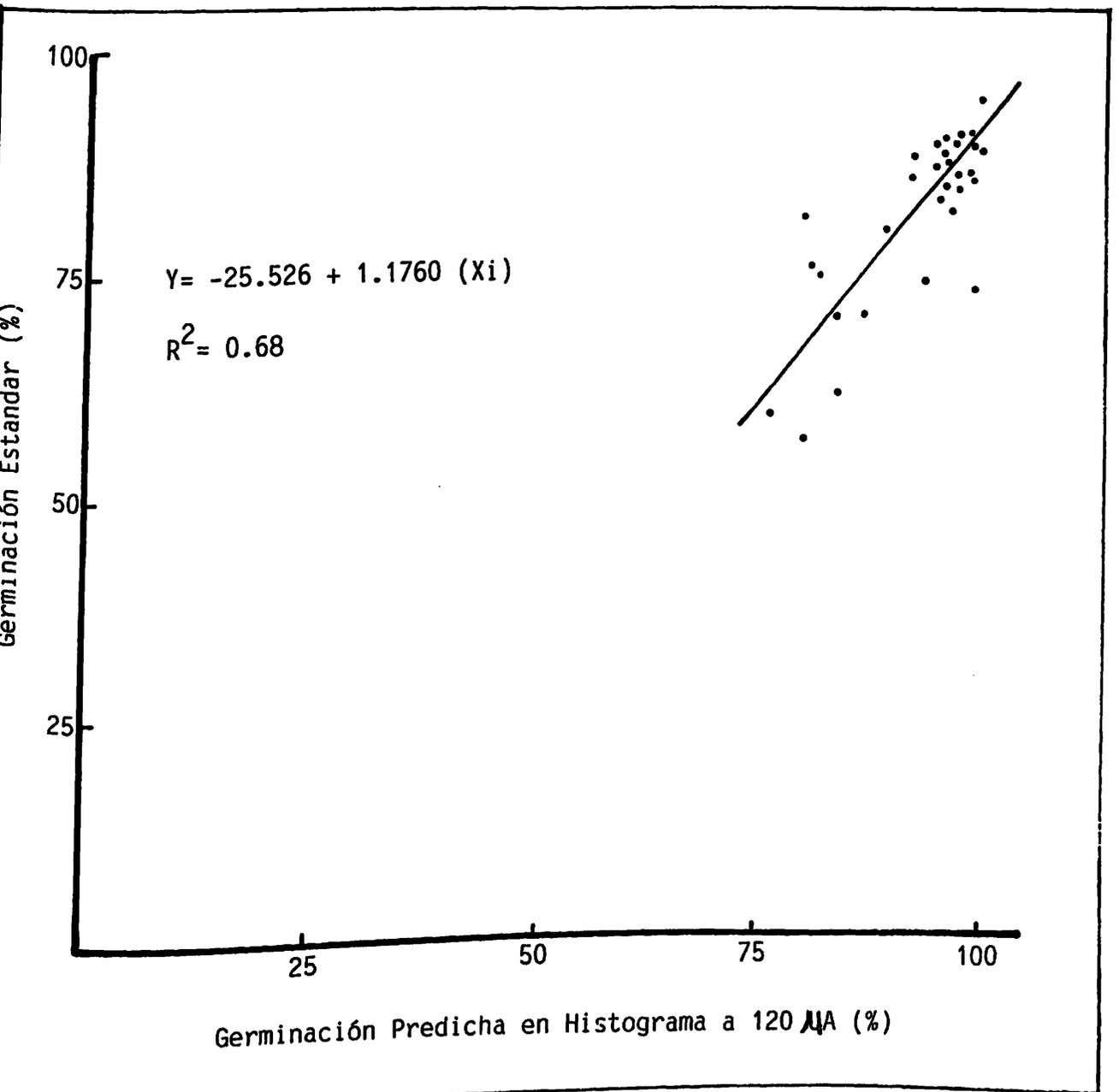


Figura 4.3. Relación entre germinación estandar y germinación predicha en Histograma a 120 μA en lotes de semilla de frijol.

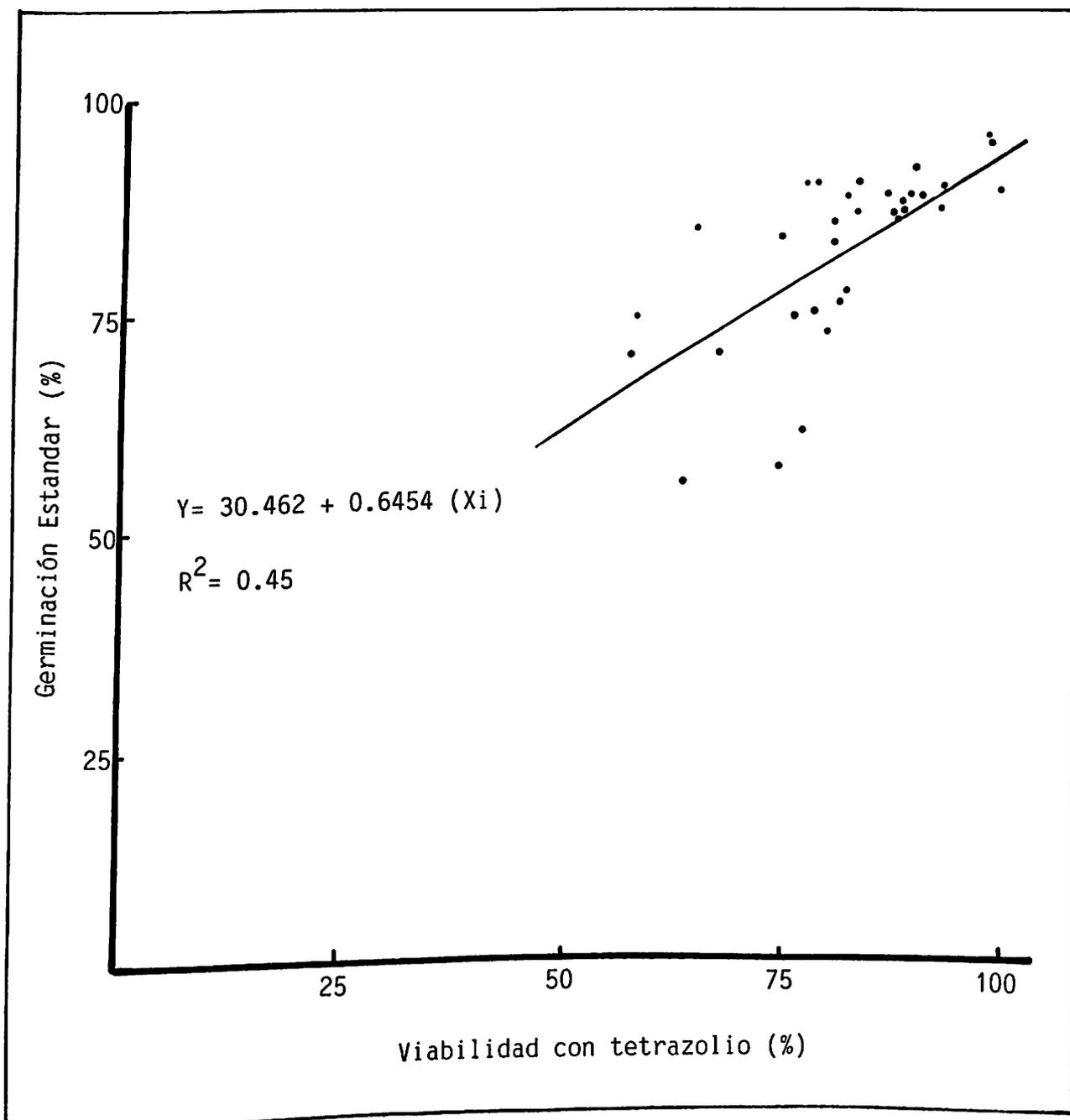


Figura 4.4. Relación entre germinación estándar y viabilidad mediante tinción con tetrazolio en lotes de semilla de frijol.

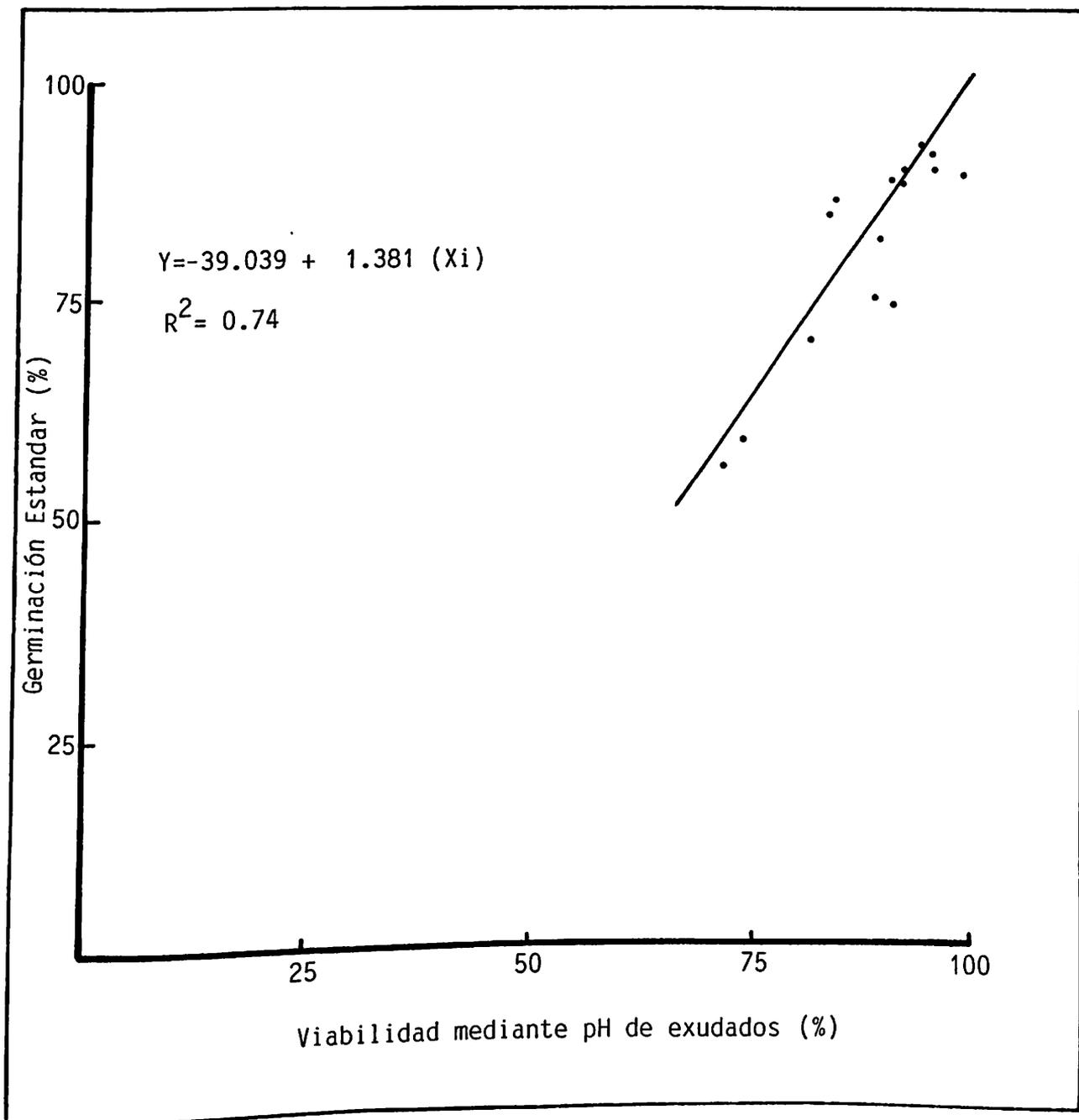


Figura 4.5. Relación entre germinación estandar y viabilidad mediante pH de exudados con 60 min. de remojo en lotes de semilla de frijol.

para cada una de estas pruebas se muestran en el Cuadro 4.9.

Los rangos para E se presentaron en 6 y 96 por ciento para los 33 lotes, mostrando seis lotes porcentajes arriba o igual a 90 por ciento de E, 18 lotes entre 70 y 90 por ciento y abajo de 70 por ciento fueron encontrados nueve lotes. El rango para PCGE fue de 41 y 94 por ciento, mostrando un solo lote por arriba de 90 por ciento, 19 lotes entre 70 y 90 por ciento y 13 lotes se encontraron por abajo de 70 por ciento. Cuando se obtuvo el rango para VGTZ éste fue de 35 y 98 por ciento, encontrándose a dos lotes por arriba de 90 por ciento, entre 70 y 90 por ciento a 12 lotes y presentándose una gran parte de lotes, 12 con porcentajes abajo de 60. No obstante los rangos de VbEA fueron bastante amplios de 0 y 99 por ciento, siete lotes mostraron porcentajes entre 70 y 90 por ciento y por abajo de 50 por ciento 17 lotes. Resultados similares fueron encontrados por VEA con un rango de 0 y 86 por ciento, mostrando porcentajes de VEA por abajo de 70 para más de la mitad de lotes. Por otro lado, al analizar las medias de conductividad eléctricas estos se muestran en un rango entre 64.8 y 100.9 μA , mostrando abajo de 70 μA cuatro lotes, entre 70 y 80 nueve lotes, 11 lotes se presentaron entre los rangos de 80 y 90 y por arriba de 90 μA nueve lotes. Para el caso de VE nueve lotes se estimaron en 35 que indica un vigor bajo, cuatro lotes con estimaciones de

Cuadro 4.9. Medias de emergencia y vigor mediante diferentes pruebas realizadas en lotes de semilla de frijol.

No. de muestra	E (%)	PCGE (%)	VGTZ (%)	VbEA (%)	VEA (%)	CE (x)	VE (%)
1	77	88	70	87	70	78.6	55
2	88	85	72	95	84	87.3	55
3	80	60	67	79	61	100.9	35
4	86	68	35	81	62	80.3	75
5	86	56	59	94	86	101.7	35
6	83	68	53	90	80	95.9	35
7	77	81	86	83	67	81.2	75
8	19	60	45	8	3	93.8	35
9	77	88	65	47	30	77.0	75
10	14	45	53	2	1	96.7	35
11	6	41	43	0	0	98.4	35
12	85	76	65	55	46	83.8	55
13	85	88	62	29	25	83.4	75
14	78	79	59	47	40	76.9	75
15	23	63	38	5	1	88.9	35
16	16	51	36	3	1	100.1	35
17	72	75	76	32	15	78.0	75
18	66	79	75	49	34	73.2	75
19	80	86	63	57	46	86.3	75
20	12	40	56	4	2	101.2	35
21	77	87	76	55	45	77.4	75
22	41	76	68	11	7	94.5	55
23	76	69	50	74	62	80.5	75
24	76	78	74	79	61	81.9	75
25	61	54	57	22	4	73.1	75
26	91	78	86	92	84	79.8	85
27	90	87	80	90	84	79.0	75
28	96	94	98	91	86	65.8	75
29	90	84	88	84	75	83.8	75
30	88	86	82	94	87	86.3	75
31	90	85	88	97	78	65.5	75
32	85	65	85	98	73	65.4	75
33	92	79	95	99	84	64.8	75

55, vigor medio y la mayoría de lotes, 22 mostraron una estimación de vigor alto 75 por ciento.

Las desviaciones de porcentajes entre E y las distintas pruebas de vigor se muestran en el Cuadro 4.10. Las diferencias entre E y PCGE fueron ± 10 por ciento o menos para 15 lotes, ± 20 por ciento o menos para 23 lotes y ± 30 por ciento o menos para 26 lotes. De la misma manera diferencias entre E y VGTZ fueron de ± 10 por ciento o menos para 14 lotes, ± 20 por ciento o menos para 21 lotes y ± 30 por ciento o menos para 28 lotes. Del mismo modo las diferencias entre E y VbEA mostraron ± 10 por ciento para 17 lotes, ± 20 por ciento o menos para 24 lotes y ± 30 por ciento o menos para 26 lotes, resultados similares fueron reportados por las desviaciones entre E y VEA, ± 10 por ciento o menos para 10 lotes, ± 20 por ciento o menos para 21 lotes y desviaciones de ± 30 por ciento o menos para 23 lotes; sin embargo, las diferencias con VE indican que la mayoría de lotes presentaron desviaciones grandes con respecto a E.

Con el objeto de analizar el grado de asociación y la naturaleza de la misma entre las pruebas de vigor, así como en relación a emergencia, se realizaron análisis de correlación múltiple; así mismo, se sacaron coeficientes de determinación y coeficientes de regresión, entre la emergencia y los resultados de vigor aquí obtenidos, éstos

Cuadro 4.10. Diferencias entre emergencia y vigor mediante diferentes pruebas realizadas en lotes de semillas de frijol.

No. de lote	Diferencias (%)				
	+E-PCGE	+E-VGTZ	+E-VbEA	+E-VEA	+E-VE
1	-11	+ 7	-10	+ 7	+22
2	+ 3	+16	- 7	+ 4	+33
3	+20	+13	+ 1	+19	+45
4	+18	+51	+ 5	+24	+11
5	+30	+27	- 8	+ 0	+51
6	+15	+30	- 7	+ 3	+48
7	- 4	- 9	- 6	+10	+ 2
8	-41	-26	+11	+16	-16
9	-11	+12	+30	+47	+ 2
10	-31	-39	+12	+13	-21
11	-35	-37	+ 6	+ 6	-29
12	+ 9	+20	+30	+39	+30
13	- 3	+23	+56	+60	+10
14	- 1	+19	+31	+38	+ 3
15	-40	-15	+18	+22	-12
16	-35	-20	+13	+15	-19
17	- 3	- 4	+40	+57	- 3
18	-13	- 9	+17	+32	+ 9
19	- 6	+17	+23	+34	+ 5
20	-28	-44	+ 8	+10	-23
21	-10	+ 1	+22	+32	+ 2
22	-35	-27	+30	+34	-14
23	+ 7	+26	+ 2	+14	+ 1
24	- 2	+ 2	+ 3	+15	+ 1
25	+ 7	+ 4	+39	+57	-14
26	+13	+ 5	- 1	+ 7	+16
27	+ 3	+10	0	+ 6	+15
28	+ 2	- 2	+ 5	+10	+21
29	+ 6	+ 2	+ 6	+15	+15
30	+ 2	+ 6	- 6	+ 1	+13
31	+ 5	+ 2	- 7	+12	+15
32	+20	+ 0	-13	+12	+10
33	+13	- 3	- 7	+ 8	+17

se muestran en los Cuadros 4.11 y 4.12.

En general, se observa que todas las pruebas de vigor evaluadas en este estudio sin excepción presentaron alta significancia para la correlación al ser comparadas con E. Las pruebas de vigor que mostraron los coeficientes de correlación más grandes con respecto a E fueron PCGE, VEA y VbEA con valores de 0.7603, 0.8508 y 0.8787 respectivamente, resultados similares fueron mostrados por GE con una $r=0.8510$. Asimismo, se observa que coeficientes de correlación entre CE y VbEA y VEA no mostraron valores significativos. A través del uso de ecuaciones de predicción y de R^2 se observa una mejor comprensión de la naturaleza de la asociación entre la E y las diferentes pruebas de vigor, resultados para las mejores asociaciones así como las líneas de regresión se muestran en las Figuras 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10. En estas figuras se puede observar que las relaciones entre E y VbEA y VEA presentaron una distribución de tipo cuadrática en los cuales se puede observar que estas dos pruebas mostraron resultados similares de germinación con respecto a E en lotes de alta calidad y subestimando a E en lotes de calidad intermedia, de igual manera en lotes de muy baja calidad la emergencia fue predicha en forma atinada. Las relaciones entre E y PCGE, VGTZ y GE presentaron una distribución lineal simple.

Cuadro 4.11. Coeficientes de correlación, coeficientes de determinación y coeficiente de regresión para comparaciones entre emergencia y diferentes pruebas en lotes de semillas de frijol.

Comparaciones	Diferencia en medias (%)	Coeficiente correlación (r)	Coeficiente determinación (r^2)	Coeficiente regresión
E Vs PCGE	- 5	0.7603**	0.5780	1.4149
E Vs VGTZ	+ 2	0.6449**	0.4158	1.0474
E Vs VbEA	+10	0.8787**	0.7721	0.6899
E Vs VEA	+20	0.8508**	0.7239	0.7298
E Vs CE	--	-0.5937**	0.3525	-1.5032
E Vs VE	+ 7	0.6845**	0.4685	1.0651
E Vs GE	-16	0.8510**	0.7242	2.2800

Cuadro 4.12. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de vigor evaluadas en lotes de semilla de frijol.

E	PCGE	VGTZ	VbEA	VEA	CE	VE
1.0000	0.7603**	0.6449**	0.8787**	0.8509**	-0.5937**	0.6845**
	1.0000	0.6498**	0.5748**	0.5701**	-0.6209**	0.7525**
		1.0000	0.6360**	0.6268**	-0.6230**	0.6067**
			1.0000	0.9863**	0.1546NS	0.4677**
				1.0000	-0.3932NS	0.4123*
					1.0000	-0.8423**
						1.0000

* Significativo al nivel de 5%
 **Significativo al nivel de 1%
 NS No significativo

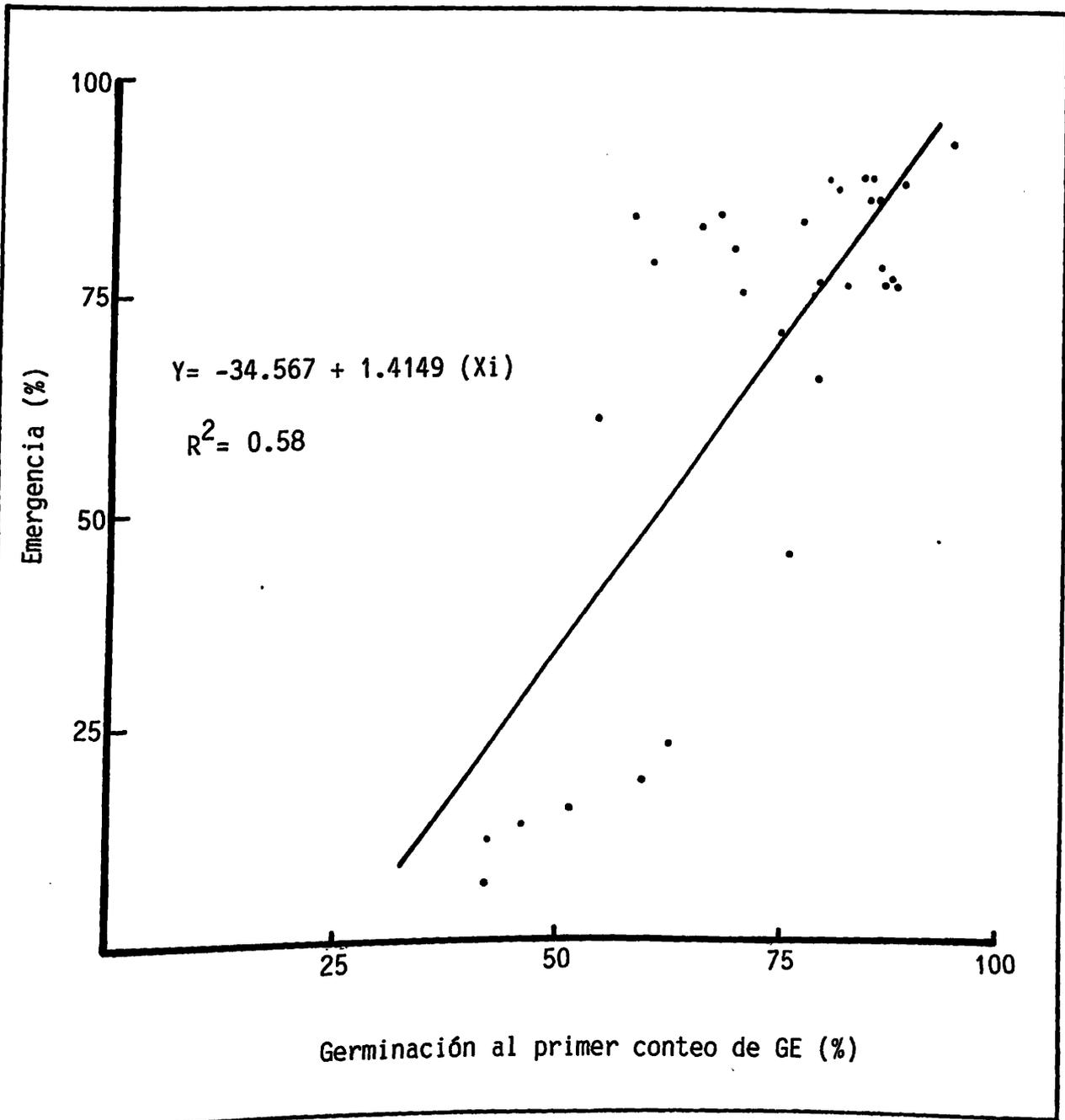


Figura 4.6. Relación entre emergencia y germinación del primer conteo de germinación estandar para lotes de semilla de frijol.

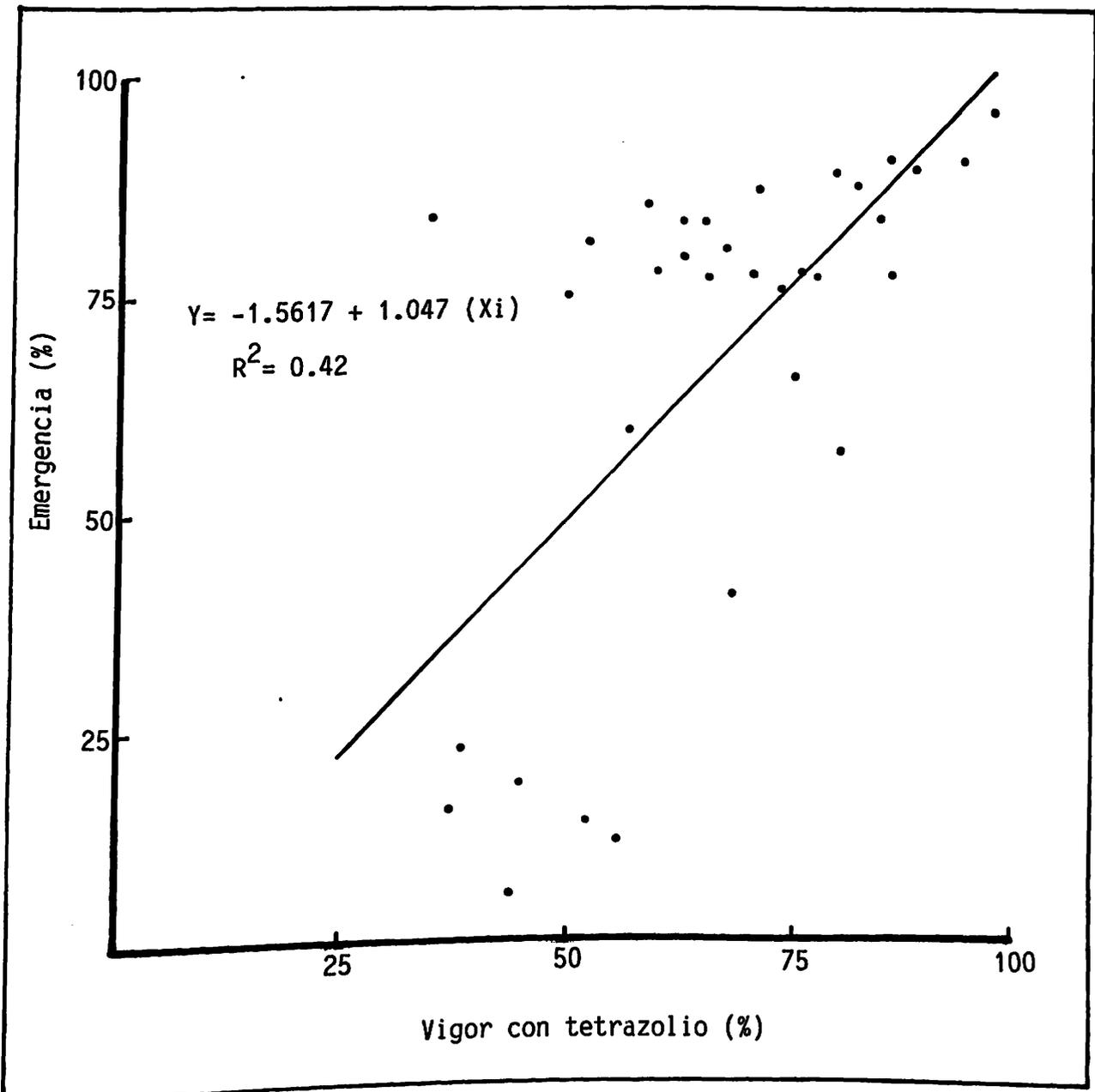
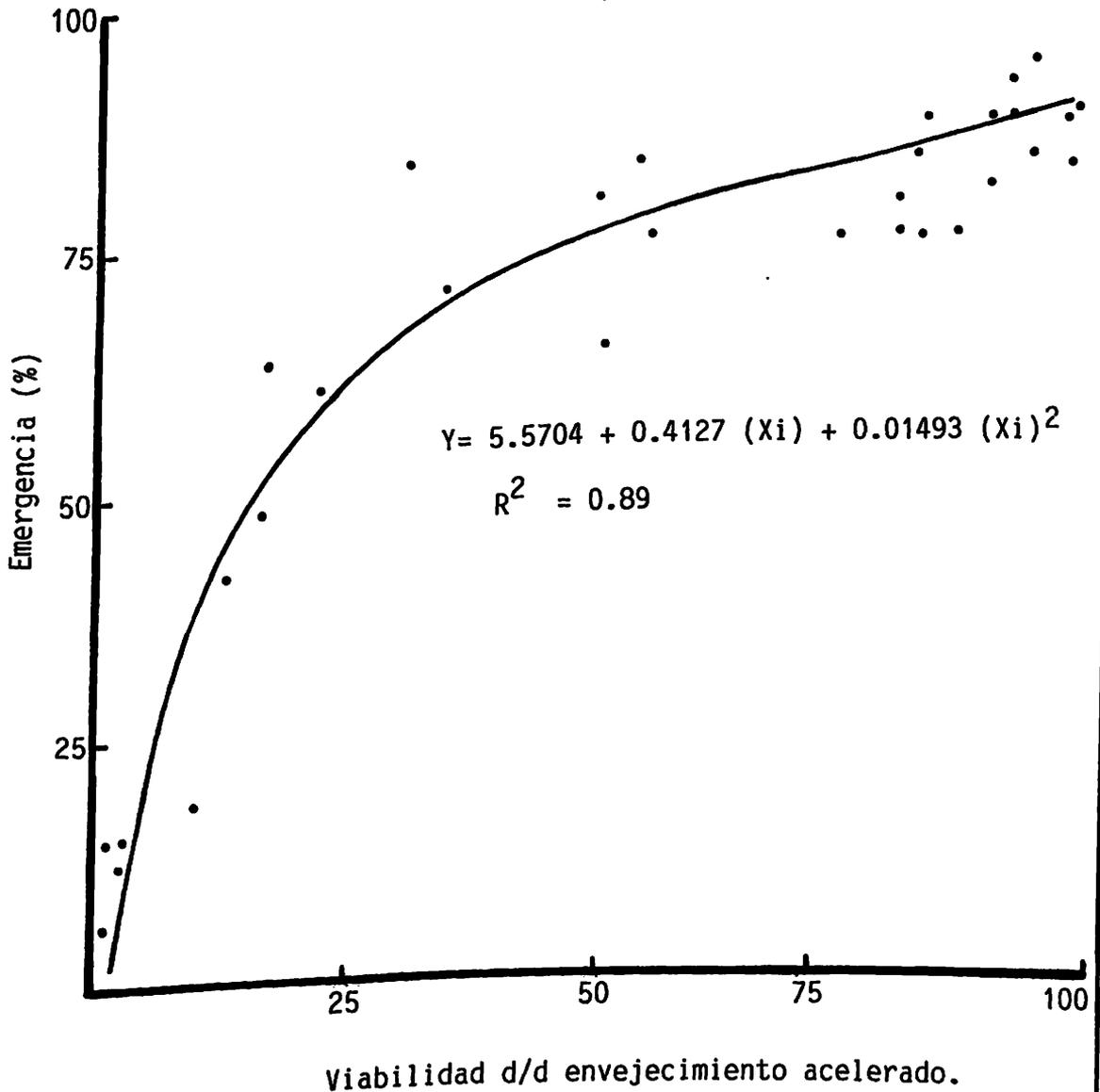


Figura 4.7 Relación entre la emergencia y vigor mediante tinsion con tetrazolio para lotes de semilla de frijol.



Cuadro 4.8. Relación entre la emergencia y viabilidad después de envejecimiento acelerado para lotes de semilla de frijol.

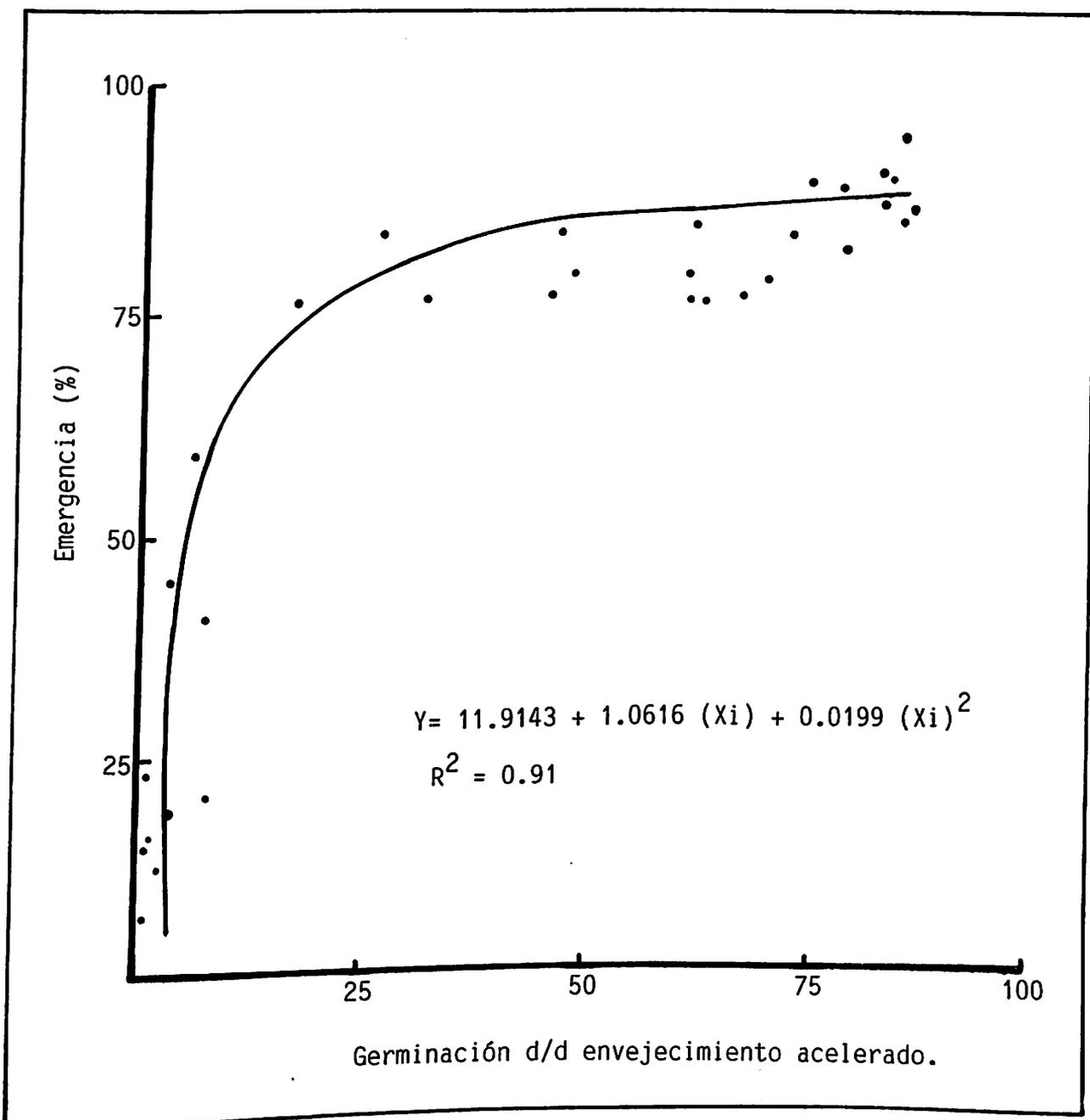
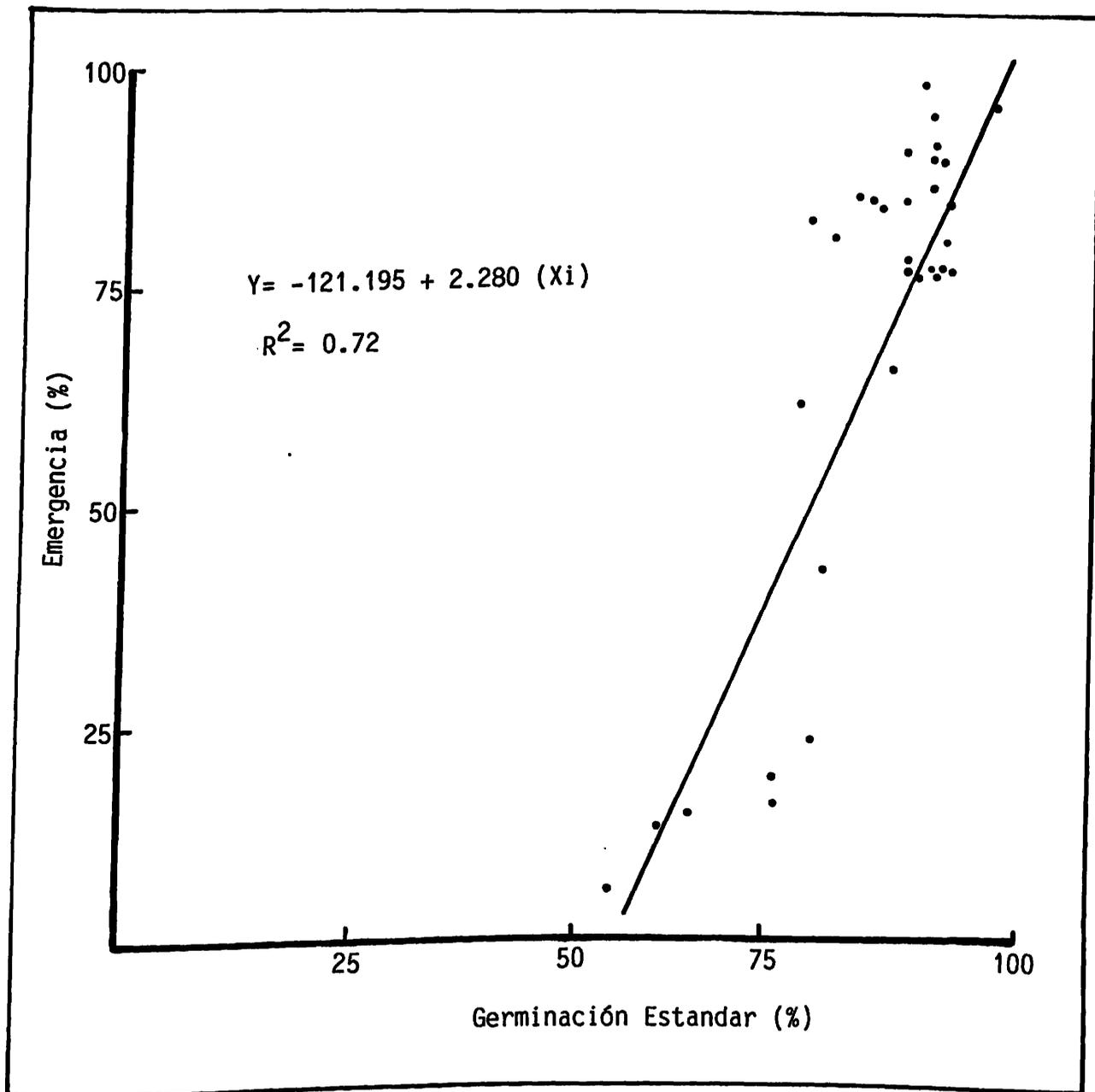


Figura 4.9. Relación entre emergencia y germinación después de envejecimiento acelerado en lotes de semilla de frijol.



Cuadro 4.10. Relación entre emergencia y germinación estándar en lotes de semilla de frijol.

Finalmente se muestran los resultados de correlación en forma conjunta para pruebas de viabilidad y vigor. Los coeficientes de correlación entre todas las pruebas se muestran en el Cuadro 4.13.

Lotes de Semilla de Soya

Resultados de Viabilidad

42 lotes de semilla de soya fueron evaluados en diferentes pruebas de viabilidad. Porcentajes de germinación estándar (GE), viabilidad en la prueba estándar (VGE), viabilidad con tetrazolio (VTZ) y germinación predicha en ASA-610 (GP), se presentan en el Cuadro 4.14.

Los porcentajes de GE oscilaron en un rango de 1 a 92 por ciento, mostrando 12 lotes arriba de 80 por ciento, en tanto que rangos de 60 y 80 por ciento mostraron 20 lotes y por abajo de 60 por ciento 10 lotes. Los rangos para VGE fueron de 2 y 100 por ciento presentando la gran mayoría de lotes (30 en total) arriba de 80 por ciento; sin embargo, la minoría de lotes se situó entre los rangos de 60 y 80 por ciento. Los resultados de VTZ estuvieron en el rango de 30 y 97 por ciento, mostrando 21 lotes porcentajes arriba de 80 por ciento, 13 lotes estuvieron entre los rangos de 60 y 80 por ciento y ocho lotes presentaron porcentajes abajo de 60 por ciento. En contraste con los resultados

Cuadro 4.13. Matriz de correlaciones entre las pruebas de viabilidad y vigor evaluadas en lotes de semilla de frijol.

PCBE	GE	VGE	VTZ	GP	CE	GF-90	GF-105	GF-120	VER	VER	E	PH-30	PH-60	PH-90	PH-120	
1.000	0.9299	0.8981	0.6498	0.6384	-0.6196	0.5603	0.6340	0.7167	0.5701	0.5748	0.7603	0.2604	0.6796	0.5176	0.2607	
	1.0000	0.9657	0.6762	0.7397	-0.7400	0.5801	0.7315	0.8232	0.6621	0.6974	0.8510	0.6714	0.8580	0.7051	0.5010	
		1.0000	0.6720	0.7092	-0.7163	0.5940	0.6925	0.7989	0.6624	0.7010	0.8652	0.6610	0.8368	0.7217	0.4862	
			1.0000	0.9573	0.4965	-0.6214	0.6335	0.4674	0.4671	0.6286	0.6360	0.6449	0.5293	0.7061	0.8401	
				1.0000	0.4963	-0.6362	0.6362	0.4708	0.6467	0.6630	0.7096	0.4533	0.6496	0.7935	0.5892	
					1.0000	-0.9207	0.7392	0.9944	0.9526	0.2380	0.3042	0.5093	0.7642	0.8282	0.7135	
						1.0000	-0.8118	-0.9228	-0.894	-0.3970	-0.4647	-0.5949	-0.6764	-0.8224	-0.7754	
							1.0000	0.7342	0.6878	0.1971	0.2420	0.6242	0.7825	0.7106	0.4136	
								1.0000	0.9595	0.2249	0.2926	0.4954	0.7983	0.8405	0.7093	
									1.0000	0.3059	0.3734	0.5908	0.7868	0.8690	0.6652	
										1.0000	0.9863	0.8508	0.6014	0.7418	0.8480	
											1.0000	0.8787	0.6441	0.7862	0.8766	
												1.0000	0.8294	0.7677	0.5511	
													1.0000	0.5800	0.6728	
														1.0000	0.8167	
															1.0000	
																1.0000

ns = No significativo * = Significativo al nivel de 5% ** = Significativo al nivel de 1%

Cuadro 4.14. Medias de germinación estándar, viabilidad en la prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha en ASA-610 en lotes de semilla de soya.

No. de lote	GE (%)	VGE (%)	VTZ (%)	GP (%)
1	1	7	36	33
2	1	2	30	45
3	75	87	72	96
4	24	54	40	98
5	70	86	66	98
6	78	92	76	99
7	77	89	81	96
8	53	75	43	95
9	53	66	69	78
10	71	88	86	74
11	51	67	79	89
12	72	84	69	96
13	77	87	89	99
14	25	39	75	70
15	46	74	60	74
16	44	78	75	93
17	74	86	55	92
18	59	72	71	97
19	89	98	88	100
20	85	96	92	99
21	90	98	94	100
22	77	92	88	99
23	92	96	97	99
24	82	96	86	98
25	65	80	93	99
26	70	93	76	99
27	82	98	63	99
28	72	91	83	100
29	79	94	87	100
30	77	93	91	100
31	75	100	87	99
32	81	98	85	99
33	87	93	92	99
34	68	94	84	99
35	86	97	94	100
36	79	97	77	97
37	60	87	73	93
38	90	93	91	99
39	84	97	91	100
40	84	100	92	100
41	62	79	90	87
42	75	90	80	97

presentados anteriormente, al concentrar los datos para GP éstos oscilaron dentro de un rango de 33 y 100 por ciento, presentando la gran mayoría de lotes arriba de 90 por ciento, entre 70 y 90 por ciento oscilaron cinco lotes y abajo de 70 por ciento se encontraron únicamente cuatro lotes. Aquí mismo se puede observar que los porcentajes más altos para la mayor cantidad de lotes fueron reportados por la prueba de conductividad (GP).

Las desviaciones entre GE y VGE, VTZ y GP se obtuvieron con la finalidad de tener una mejor visión del grado de desviación de cada prueba de viabilidad con respecto a GE. Las diferencias son concentradas en el Cuadro 4.15.

Las diferencias entre GE y VGE fueron de ± 5 por ciento o menos para tres lotes, ± 10 por ciento o menos para seis lotes, ± 20 por ciento o menos para 34 lotes. De la misma manera diferencias entre GE y VTZ fueron de ± 5 por ciento o menos para 11 lotes, ± 10 por ciento o menos para 20 lotes y diferencias de ± 20 por ciento o menos para 35 lotes y si consideramos una desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo aceptable la VTZ predijo la GE con respecto al número de lotes en un 48 por ciento, sobreestimando con respecto a lotes en un 80 por ciento. Resultados un tanto contradictorios se observaron para las desviaciones entre GE y GP, diferencias de ± 5 por ciento o

Cuadro 4.15. Diferencias entre germinación estandar y viabilidad mediante la prueba estándar, viabilidad con tetrazolio y germinación predicha para lotes de semilla de soya.

No de lote	+GE-VGE (%)	+GE-VT2 (%)	+GE-GP (%)
1	- 6	-35	-32
2	- 1	-29	-46
3	-12	- 3	-21
4	-30	-16	-74
5	-16	+ 4	-28
6	-14	+ 2	-21
7	-12	- 4	-22
8	-22	+10	-42
9	-13	-16	-25
10	-17	-15	- 3
11	-16	-28	-38
12	-12	+ 3	-24
13	-10	-12	-22
14	-14	-50	-45
15	-28	-14	-28
16	-34	-31	-49
17	-12	-10	-18
18	-13	-12	-38
19	- 9	+ 1	-11
20	-11	- 7	-14
21	- 8	- 4	-10
22	-15	-11	-23
23	- 4	- 5	- 7
24	-14	- 4	-16
25	-15	-28	-34
26	-23	- 6	-29
27	-16	+19	-17
28	-19	-11	-28
29	-15	- 8	-21
30	-16	-14	-23
31	-25	-12	-24
32	-17	- 4	-18
33	- 6	- 5	-12
34	-26	-16	-31
35	-11	- 8	-14
36	-18	+ 2	-18
37	-27	-13	-33
38	- 3	- 1	- 9
39	-13	- 7	-16
40	-16	- 8	-16
41	-17	-28	-25
42	-15	- 5	-22

menos mostraron sólo dos lotes; desviaciones de ± 10 por ciento o menos presentaron tres lotes y de ± 20 por ciento o menos mostraron 15 lotes, y tomando la desviación de ± 10 por ciento o menos como la máxima aceptable tenemos que la GP estimó en forma correcta sólo tres lotes del total de 42, representando esto el 7 por ciento de lotes. Al analizar las desviaciones para este grupo de pruebas podemos indicar que estas fueron grandes, siendo las desviaciones más altas las reportadas entre GE y GP. Los resultados de GP mediante la distribución de las semillas en histogramas y a diferentes "particiones" de 50 μA (GPH-50), 70 μA (GPH-70) y 90 μA (GPH-90), así como los resultados de viabilidad mediante la prueba de pH de exudados a dos diferentes tiempos de remojo, 30 min (VpH-30) y 60 minutos (VpH-60), se muestran en el Cuadro 4.16.

Los valores para GPH-50 oscilaron en rangos de 7 y 93 por ciento, los resultados de 11 lotes se encontraron por arriba de 80 por ciento, entre 70 y 80 por ciento se reportaron ocho lotes y la gran mayoría 23 lotes, mostraron porcentajes por abajo de 70. De igual manera los rangos para GPH-70 oscilaron entre 19 y 100 por ciento, encontrándose 23 lotes por arriba o igual a 90 por ciento, 11 lotes oscilaron en un rango de 70 y 80 por ciento y el resto ocho lotes se encontraron abajo de 70 por ciento. En contraste con estos datos los porcentajes para VpH-30

Cuadro 4.16. Medias de germinación predicha en histograma para particiones de 50, 70 y 90 μ A y viabilidad mediante pH de exudados en dos tiempos de remojo en lotes de semilla de soya.

No. de lote	GPH 50 (%)	GPH 70 (%)	GPH 90 (%)	VpH 30 (%)	VpH 60 (%)
1	9	19	33	89	57
2	7	22	46	88	72
3	57	84	97	--	--
4	51	89	98	94	88
5	64	89	99	95	87
6	63	90	100	93	89
7	65	84	96	88	78
8	49	86	96	--	--
9	30	60	78	--	--
10	28	58	73	93	76
11	17	68	89	--	--
12	43	88	96	--	--
13	49	90	99	--	--
14	12	41	70	--	--
15	9	47	73	78	66
16	47	78	93	95	84
17	40	75	92	--	--
18	65	87	95	93	74
19	85	98	99	94	88
20	88	98	99	--	--
21	92	99	99	--	--
22	90	95	99	--	--
23	93	98	99	--	--
24	69	91	98	91	91
25	77	94	99	95	87
26	63	91	99	81	81
27	70	91	99	92	72
28	67	92	99	98	94
29	89	98	100	94	83
30	91	97	99	95	89
31	90	95	98	92	89
32	75	94	100	--	--
33	69	92	98	93	85
34	78	95	99	--	--
35	62	94	100	--	--
36	64	89	96	--	--
37	59	78	92	--	--
38	83	98	99	97	94
39	89	96	100	97	86
40	90	100	100	91	87
41	29	68	82	89	73
42	73	92	97	96	90

presentaron rangos de 75 y 97 por ciento, situándose la mayoría, 19 lotes por arriba de 90 por ciento y un solo lote se encontró por abajo de 70 por ciento. Cuando se incrementó el periodo de tiempo de remojo a 60 min, la viabilidad se estimó en un rango de 57 y 94 por ciento, en tanto que únicamente cuatro lotes superaron o igualaron a 90 por ciento e incluyéndose la gran mayoría 19 lotes en los rangos de 70 y 80 por ciento. Si analizamos los porcentajes para cada una de las pruebas, se observa que la GPH-90 y VpH-30, así como VpH-70 presentaron la mayor cantidad de lotes por arriba de 90 por ciento a diferencia de GPH-50 que situó a la mayoría de los lotes por abajo de 70 por ciento.

Las diferencias entre GE y GPH-50, GPH-70, GPH-90, VpH-30 y VpH-60 se concentran en el Cuadro 4.17. Las diferencias entre GE y GPH-50 muestran desviaciones de ± 10 por ciento para 18 lotes, ± 20 por ciento o menos para 32 lotes y asumiendo una desviación de ± 10 por ciento o menos como máximo aceptable por la industria semilla para germinación predicha a través del ASA-610, la GPH-50 fue aceptable para 18 lotes de un total de 42, representando esto un 43 por ciento. Las comparaciones entre GE y GPH-70 presentaron una desviación de ± 10 por ciento o menos para 15 lotes y una diferencia de ± 20 por ciento o menos para 34 lotes

Cuadro 4.17. Diferencia entre germinación estandar y germinación predicha en histograma para "particiones" de 50, 70, 90 μ a y viabilidad mediante pH en exudados en dos tiempos de remojo para lotes de semilla de soya.

No. de lote	+GE-GpH-50 (%)	+GE-GPH-70 (%)	+GE+GPH-90 (%)	+GE-VpH-30 (%)	+GE-VpH-60 (%)
1	- 8	-17	-32	-88	-56
2	- 6	-21	-45	-89	-71
3	+18	- 9	-22	--	--
4	-27	-65	-74	-70	-64
5	+ 6	-19	-29	-25	-17
6	+15	-12	-22	-15	-11
7	+12	- 7	-19	-11	- 1
8	+ 4	-33	-43	--	--
9	+23	- 7	-25	--	--
10	+43	+13	- 2	-22	- 5
11	+34	-17	-38	--	--
12	+29	-16	-24	--	--
13	+28	-13	-22	--	--
14	+13	-16	-45	--	--
15	+37	- 1	-27	-32	-20
16	- 3	-34	-49	-51	-40
17	+34	- 1	-18	--	--
18	- 6	-28	-36	-34	-15
19	+ 4	- 9	-10	- 5	+ 1
20	- 3	-13	-14	--	--
21	- 2	- 9	- 9	--	--
22	-13	-18	-22	--	--
23	- 1	- 6	- 7	--	--
24	+13	- 9	-16	- 9	- 9
25	-12	-29	-34	-30	-22
26	+ 7	-21	-29	-11	-11
27	+12	- 9	-17	-10	+10
28	+ 5	-20	-27	-26	-22
29	-10	-19	-21	-15	- 4
30	-14	-20	-22	-18	-12
31	-15	-20	-23	-17	-14
32	+ 6	-13	-19	--	--
33	+18	- 5	-11	-6	+ 2
34	-10	-27	-31	--	--
35	+24	- 8	-14	--	--
36	+15	-10	-17	--	--
37	+ 1	-18	-32	--	--
38	+ 7	- 8	- 9	- 7	- 4
39	- 5	-12	-16	-13	- 2
40	- 6	-16	-16	- 7	- 3
41	+33	- 6	-20	-27	-11
42	+2	-17	-22	-21	-15

utilizando una desviación de ± 10 por ciento como máximo aceptable, la GPH-70 predijo la GE en forma aceptable en el 36 por ciento de los lotes. Sin embargo, a través del incremento de partición a $90 \mu\text{A}$ en histograma, las desviaciones con respecto a GE se hicieron más grandes, diferencias de ± 10 por ciento o menos fueron mostradas en sólo cinco lotes, ± 20 por ciento o menos para 16 lotes. Por otro lado al comparar los resultados de GE y viabilidad mediante el pH de exudados con un tiempo de remojo de 30 min los valores de VpH-30 mostraron desviaciones muy grandes, presentando exclusivamente dos lotes, diferencias de ± 5 por ciento o menos, y 7 lotes tuvieron porcentajes de ± 30 por ciento o más. A través del incremento del tiempo de remojo a 60 min proporcionalmente se redujeron las desviaciones en comparación con GE, diferencias de ± 10 por ciento o menos se tuvieron en 10 lotes, a falta de información pertinente para VpH que nos indique la desviación máxima aceptable se tomó también ± 10 por ciento o menos como rango aceptable, y en este caso en particular la viabilidad a un tiempo de 60 min VpH-60 fue estimada acertadamente en el 40 por ciento de lotes. Haciendo un resumen de resultados de desviación de cada prueba en comparación con GE se observa que ninguna prueba estimó en forma atinada más del 50 por ciento de lotes.

Los coeficientes de correlación, coeficiente de determinación y coeficientes de regresión entre germinación

estándar y las distintas pruebas de viabilidad se muestran en el Cuadro 4.18 e igualmente se presentan resultados de correlación múltiples en el Cuadro 4.19. En forma global se pueden apreciar correlaciones altamente significativas y positivas para las asociaciones entre GE y GP, GPH-50, GPH-70, GPH-90, VTZ y VpH-60, con excepción de VpH-30 que no mostró significancia con ninguna prueba de viabilidad, en tanto, que los coeficientes de correlación más altos se tuvieron entre GE y GP, GPH-70 y VTZ con $r=0.8152$, $r=0.8418$ y $r=0.9155$ respectivamente.

Los diagramas de dispersión, líneas de regresión, así como las ecuaciones de predicción entre GE y GP, GPH-50, GPH-70 y VTZ se muestran en las Figuras 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14. Aquí mismo se observa que la relación entre germinación estándar y viabilidad con tetrazolio mostró la regresión múltiple más grande con una $R^2 = 0.83$ el cual indica que el 83 por ciento de los resultados es explicable, debido a la variación de la regresión, representando el 17 por ciento restante atribuible a otros factores.

Resultados de Vigor

Con la finalidad de conocer la relación entre la emergencia y resultados en diferentes pruebas de vigor se ensayaron 42 lotes de semilla de soya. Porcentajes de

Cuadro 4.18. Coeficientes de correlación, coeficientes de determinación y coeficientes de regresión en comparación de germinación estándar y distintas pruebas de viabilidad en lotes de semilla de soya.

Comparaciones	Diferencias en medias (%)	Coeficiente de correlación (r)	Coeficiente de determinación (r^2)	Coeficiente de regresión
GE Vs GP	-25	0.8152**	0.6646	1.2422
GE Vs GPH-50	+ 6	0.7739**	0.5989	0.6601
GE Vs GPH-50	-15	0.8420**	0.7090	0.9303
GE Vs GPH-90	-24	0.8093**	0.6550	1.2354
GE Vs VTZ	-12	0.9155**	0.8381	1.2627
GE Vs VpH-30	-23	0.1330NS	0.0176	0.5799
GE Vs VpH-60	-14	0.5820**	0.3387	1.5690

* Significativo al nivel de 5%
 **Significativo al nivel de 1%
 NS No significativo

CUADRO 4.19. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de viabilidad evaluadas en lotes de semilla de soya.

GE	GP	GPH-50	GPH-70	GPH-90	VTZ	VPH-30	VPH-60
1.0000	0.8152**	0.7733**	0.8418**	0.8093**	0.9155**	0.1330NS	0.5820**
	1.0000	0.7712**	0.9608**	0.9975**	0.6187**	0.2514NS	0.7615**
		1.0000	0.8947**	0.7781**	0.6429**	0.3413NS	0.7549**
			1.0000	0.9642**	0.6405**	0.3144NS	0.8027**
				1.0000	0.6010**	0.4083	0.7811**
					1.0000	0.2165NS	0.5026**
						1.0000	0.3120NS
							1.0000

* Significativo al nivel 5%
 **Significativo al nivel de 1%
 NS NO significativo

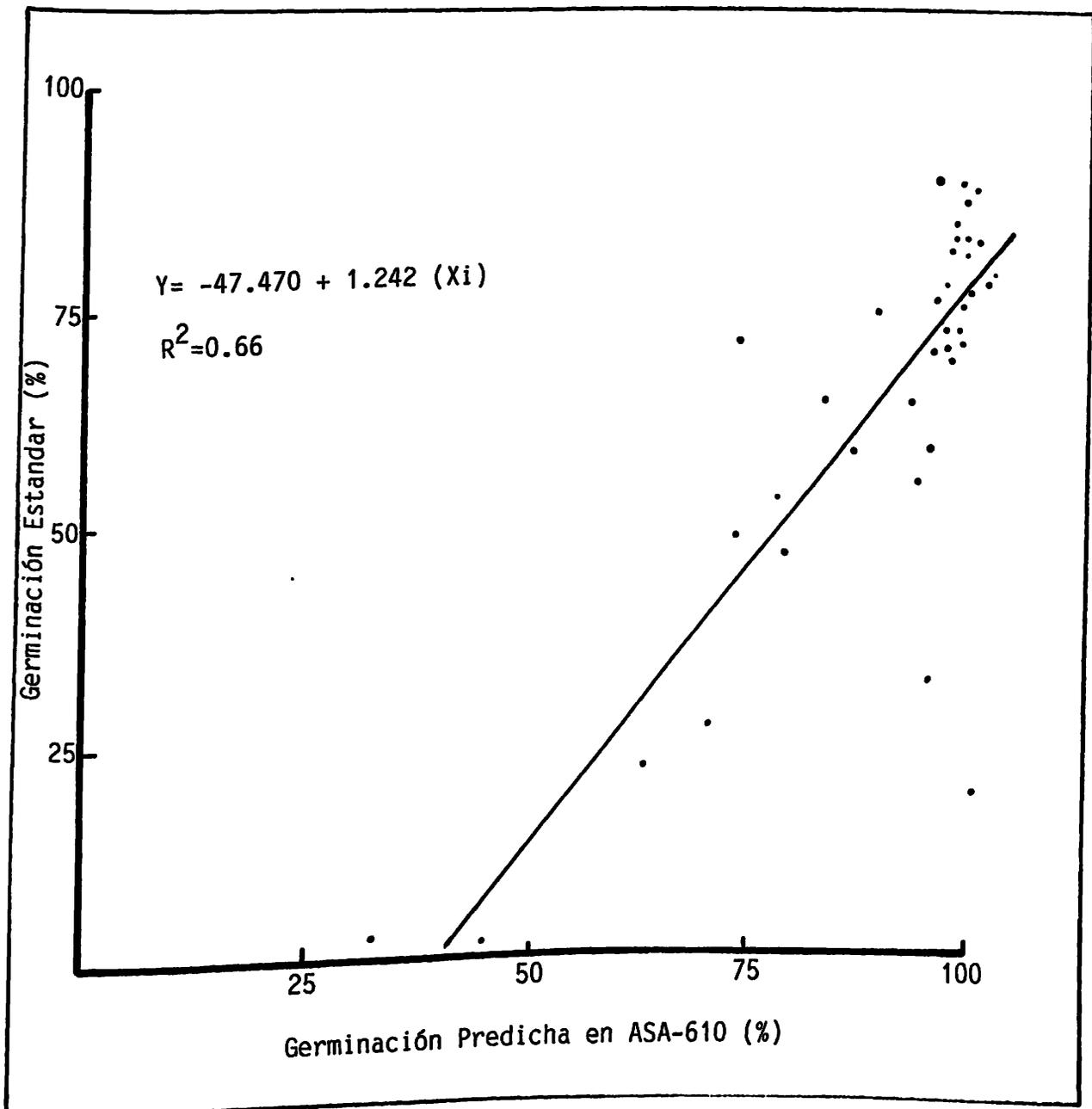
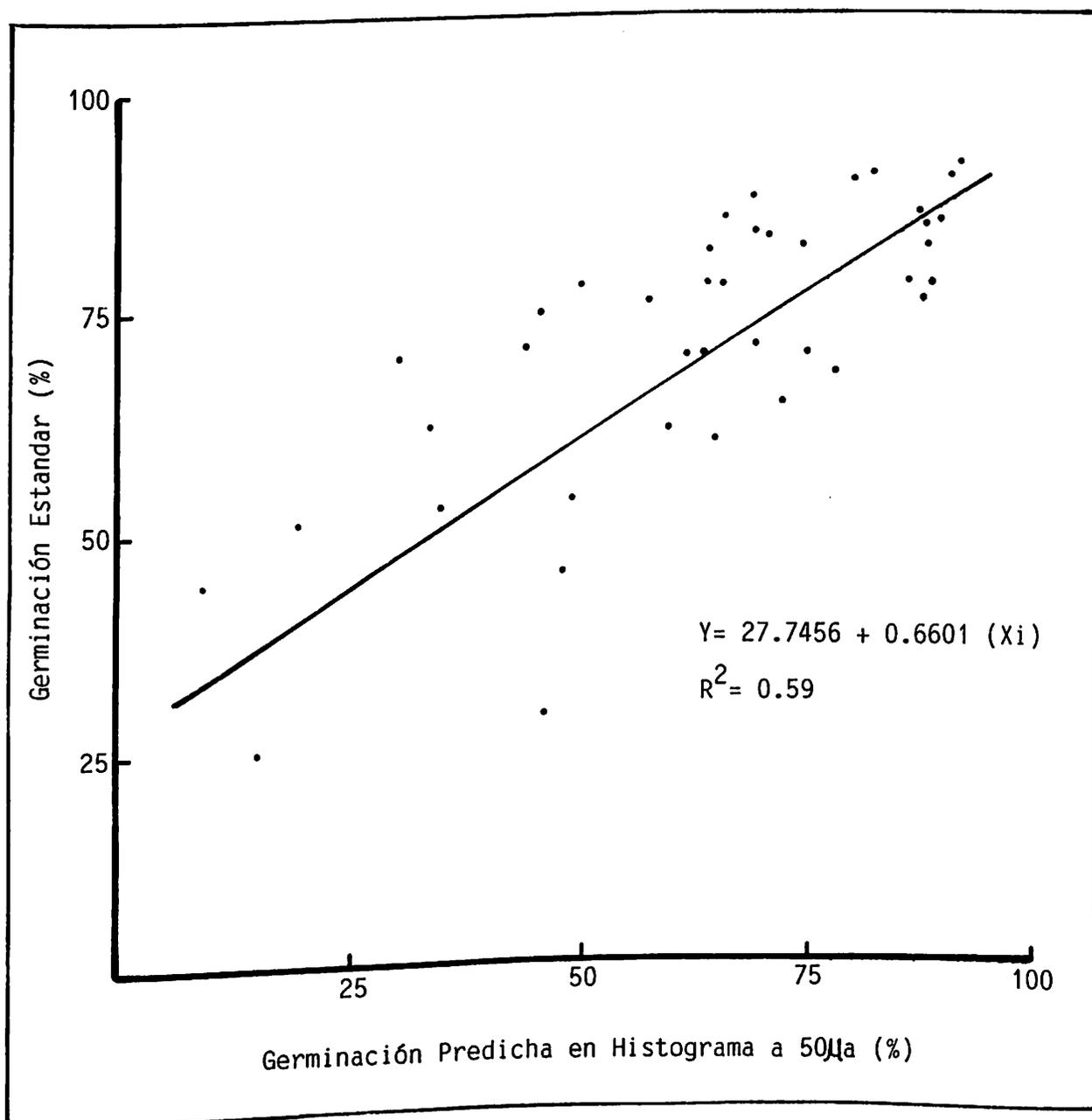
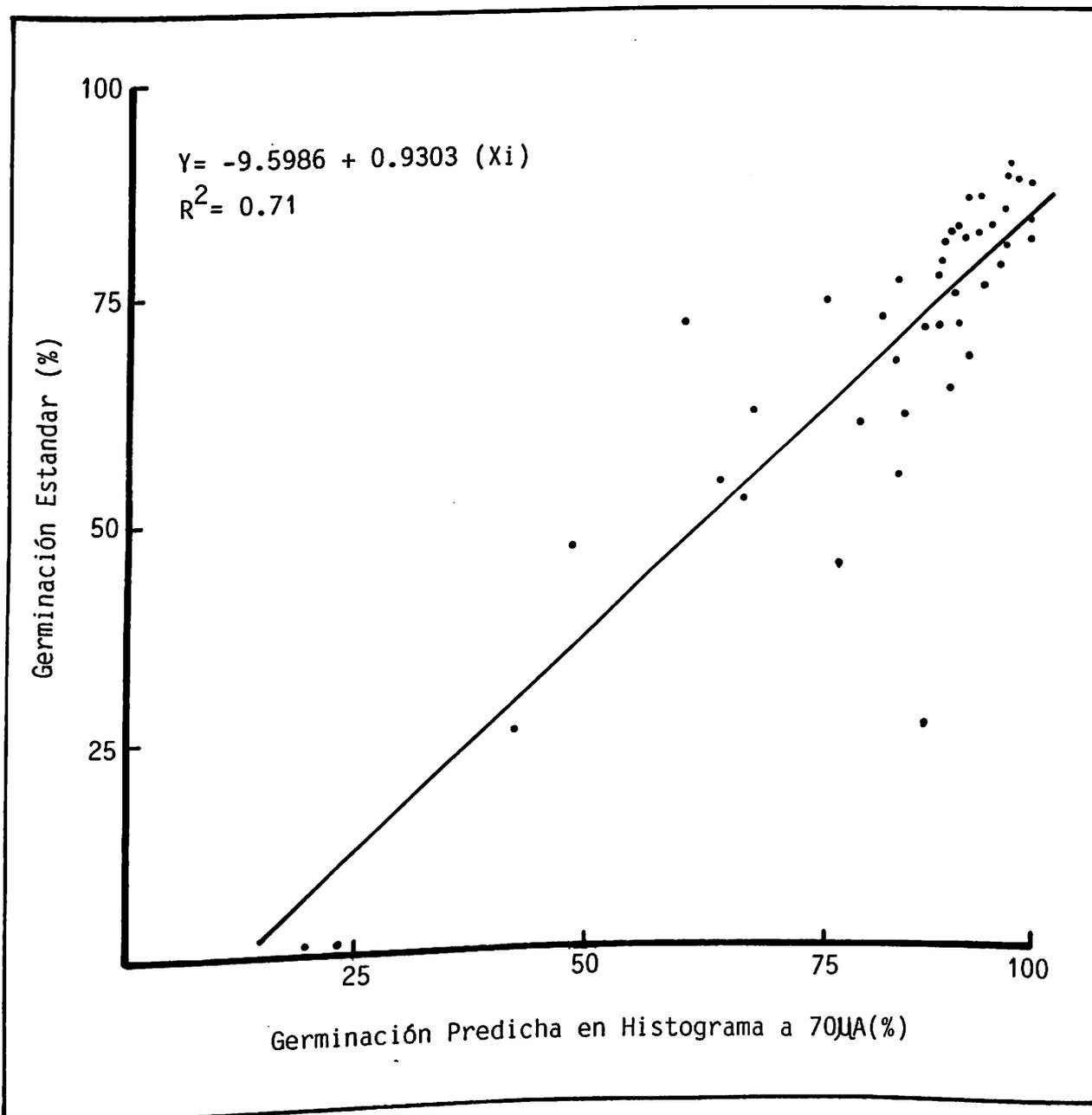


Figura 4.11. Relación entre germinación estándar y germinación predicha en ASA 610 en lotes de semilla de soya.



Cuadro 4.12. Relación entre germinación estandar y germinación predicha en Histograma a (50µa) en lotes de semilla de soya.



Cuadro 4.13. Relación entre germinación estandar y germinación predicha en histograma a 70µA en lotes de semilla de soya.

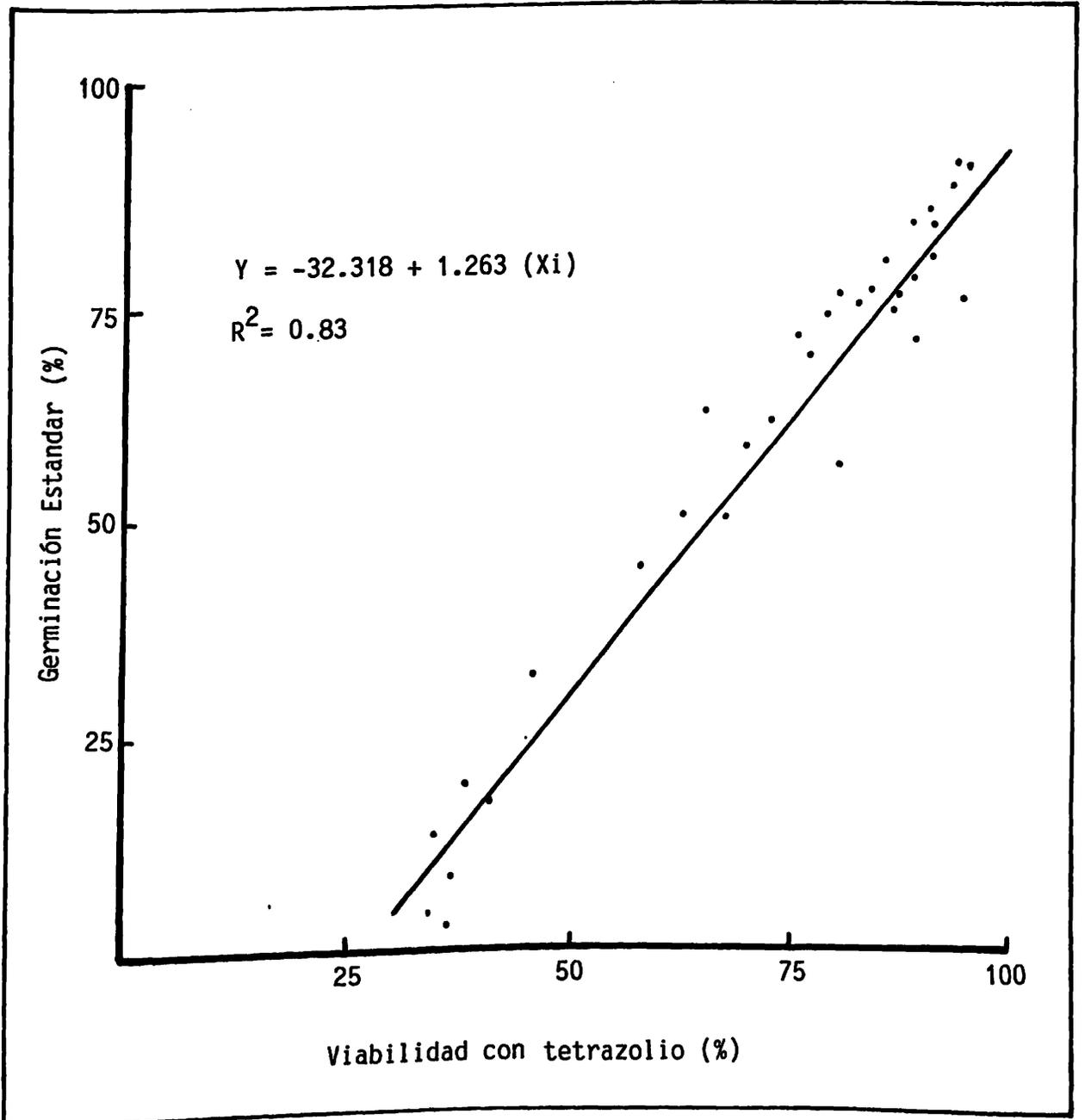


Figura 4.14 Relación entre germinación estandar y viabilidad mediante tinsión con tetrazolio en lotes de semilla de soya.

emergencia (E), vigor en la prueba de tetrazolio (VGTZ), viabilidad después del envejecimiento acelerado (VbEA), vigor a través de envejecimiento acelerado (VEA), media de conductividad eléctrica (CE) y vigor estimado (VE) mediante la distribución de las conductividades individuales se muestran en el Cuadro 4.20.

Los rangos para E oscilaron entre 0 y 52 por ciento para los 42 lotes, mostrando únicamente siete lotes arriba o igual a 40 por ciento y E menor de esto la mayoría de los lotes. Los rangos para VGTZ fueron de uno y 73 por ciento, encontrándose a 12 lotes por arriba de 50 por ciento y oscilando la mayor cantidad de lotes en un rango de 20 y 50 por ciento. Sin embargo los rangos para VGEA fueron más amplios, estos oscilaron entre dos y 91 por ciento, aun cuando el rango se presentó muy amplio, solamente dos lotes estuvieron por arriba o igual a 70 por ciento y por abajo de 20 por ciento exactamente la mitad de los lotes. Aun cuando existe una estrecha relación entre VbEA y VEA, los rangos para VEA se presentaron muy estrechos entre 0 y 46 por ciento, observándose porcentajes muy bajos para la gran mayoría de lotes, para ser más exacto, 32 lotes no se colocaron por arriba de 10 por ciento de VEA. Por otro lado, al analizar los resultados de conductividad eléctrica para cada lote (CE) éstos oscilaron en un rango de 35.2 y 95.1 μA , cuatro lotes estuvieron por encima de 70 μA , 14 lotes oscilaron entre 50 y 70 μA y siete lotes se

Cuadro 4.20. Medias de emergencia y de resultados de diferentes pruebas de vigor realizadas en lotes de semilla de soya.

No. de lote	E (%)	VGTZ (%)	VbEA (%)	VEA (%)	CE (x)	VE (%)
1	1	2	2	1	95.1	25
2	0	1	2	0	90.3	25
3	1	8	3	1	52.5	45
4	1	3	2	1	51.6	45
5	1	3	3	1	49.0	65
6	2	8	2	0	48.9	65
7	1	26	2	1	50.2	65
8	1	1	2	1	53.3	25
9	1	10	2	1	68.0	45
10	26	47	60	35	69.4	65
11	3	27	8	5	64.2	45
12	19	41	47	8	53.0	65
13	40	56	69	43	50.5	65
14	4	5	7	3	75.6	45
15	10	16	44	5	73.8	45
16	1	12	2	2	56.5	45
17	1	11	16	1	59.0	45
18	2	22	20	2	51.5	65
19	3	53	16	5	40.4	65
20	21	29	57	3	40.9	65
21	21	29	57	3	40.9	65
22	3	37	12	1	38.4	65
23	8	59	54	14	35.2	65
24	9	39	42	2	47.4	65
25	4	49	17	5	45.3	65
26	19	27	66	3	48.8	65
27	1	35	2	6	47.1	45
28	2	25	19	4	49.0	25
29	52	52	48	7	37.9	65
30	48	48	91	46	37.8	65
31	2	49	29	8	40.3	45
32	41	26	19	1	46.6	65
33	24	35	2	1	44.1	65
34	23	41	67	32	44.5	65
35	4	52	58	27	48.4	65
36	19	40	2	1	49.5	65
37	10	54	23	7	51.5	65
38	46	72	58	40	41.4	65
39	40	73	49	40	39.7	65
40	48	74	70	42	37.0	65
41	25	53	38	9	63.1	45
42	22	58	54	28	46.7	65

mantuvieron por abajo de $40 \mu\text{A}$. En cuanto a vigor estimado (VE), cuatro lotes mostraron 25 por ciento, 11 lotes 45 por ciento y el resto 27 lotes mostraron un 65 por ciento.

Las diferencias entre emergencia (E) y algunas de las pruebas de vigor aquí evaluadas dentro de las cuales se encuentran vigor a través del uso de tetrazolio (VGTZ), viabilidad después de envejecimiento acelerado (VbEA), vigor a través de envejecimiento acelerado (VEA) y vigor estimado (VE), se muestran en el Cuadro 4.21.

Las diferencias entre E y VGTZ fueron de ± 10 por ciento o menos para 14 lotes, ± 20 por ciento o menos para 20 lotes y de ± 30 por ciento o más para nueve lotes. De la misma forma desviaciones entre E y VbEA fueron de ± 10 por ciento o menos para 16 lotes, ± 20 por ciento o menos para 24 lotes y 10 lotes estuvieron entre ± 30 por ciento o más. En contraste con estos resultados las diferencias entre E y VEA mostraron una desviación de ± 10 por ciento o menos para más de la mitad de los lotes, 31 en total y presentando desviaciones de ± 30 por ciento o mayor para sólo dos lotes. Las desviaciones entre E y VE fueron muy grandes, diferencias de ± 30 por ciento o mayores para poco más del 28 por ciento de lotes.

Resultados obtenidos de coeficientes de regresión, coeficientes de determinación y coeficientes de regresión

Cuadro 4.21. Diferencia entre emergencia y resultados de diferentes pruebas de vigor realizadas en lotes de semilla de soya.

No. de lote	Diferencias (%)			
	+E-VGTZ	+E-VGEA	+E-VEA	+E-VE
1	- 1	- 1	0	-24
2	- 1	- 2	0	-25
3	- 7	- 2	0	-44
4	- 2	- 1	0	-44
5	- 2	- 2	0	-64
6	- 6	0	+ 2	-63
7	-27	1	0	-64
8	- 0	- 1	0	-24
9	- 9	- 1	0	-44
10	-21	-34	- 9	-39
11	-24	- 5	- 2	-42
12	-22	-28	-11	-46
13	-16	-29	- 3	-25
14	- 1	- 3	+ 1	-41
15	- 6	-34	+ 5	-35
16	-11	- 1	- 1	-44
17	-10	-15	0	-44
18	-20	-18	0	-63
19	-50	-13	- 2	-62
20	- 5	-36	+18	-44
21	-35	-20	+14	-44
22	-34	- 9	+ 2	-62
23	-51	-46	- 6	-57
24	-30	-33	+ 7	-56
25	-45	-13	- 1	-61
26	- 8	-47	+16	-46
27	-34	- 1	- 5	-44
28	-23	-17	- 2	-23
29	0	- 4	+45	-13
30	0	-43	+ 2	-17
31	-47	-27	- 6	-43
32	+15	+22	+40	-24
33	-11	+22	+23	-41
34	-18	-44	- 9	-42
35	-48	-54	-23	-61
36	-21	+17	+18	-46
37	-44	-13	+ 3	-55
38	-26	-12	+ 6	-19
39	-23	- 9	0	-25
40	-26	-22	+ 6	-17
41	-28	-13	+16	-20
42	-36	-32	- 6	-43

entre emergencia y las diferentes pruebas de vigor aquí evaluadas se presentan en el Cuadro 4.22. Asimismo se presenta la matriz de correlación entre estas pruebas en lotes de semilla de soya en el Cuadro 4.23.

Correlaciones altamente significativas y positivas se encontraron entre E y VGTZ, VbEA y VEA con coeficientes de r de 0.7071, 0.7217 y 0.8361 respectivamente, por el contrario correlaciones no significativas y positivas fueron entre E y GE y negativa para CE. De igual manera correlaciones no significativas fueron para VEA y CE, VE y GE.

Diagramas de dispersión, líneas de regresión, ecuaciones de predicción, así como el cálculo de R^2 entre E, VGTZ y VEA se muestran en las Figuras 4.15 y 4.16. Aquí se observa que la mejor relación para la regresión fue entre E y VEA, ya que mostraron una $R^2 = 0.80$ que indica que un 80 por ciento es explicado por la variación de la regresión y el 20 por ciento restante se debe a factores ajenos a este fenómeno, la relación entre E y VGTZ fue de $R^2=0.53$.

La matriz de correlaciones obtenidas en forma conjunta entre las pruebas de viabilidad y las pruebas de vigor para lotes de semilla de soya se muestran en el Cuadro 4.24. Análisis de estos datos muestran que VpH-30 no

Cuadro 4.22. Coeficiente de correlación, coeficiente de determinación y coeficiente de regresión para las relaciones entre emergencia y resultados de diferentes pruebas de vigor en lotes de semilla de soya.

Comparaciones	Coeficiente correlación (r)	Coeficiente determinación (r^2)	Coeficiente regresión
E Vs VGTZ	0.7071**	0.4999	0.4923
E Vs VbEA	0.7217	0.4295	0.3811
E Vs VEA	0.8361**	0.6990	0.9550
E Vs CE	-0.2824NS	0.0797	3.4530
E Vs VE	0.7376**	0.5440	4.6060
E Vs GE	0.3628NS	0.1316	2.2280

* Significativo al 5%

**Significativo al nivel del 1%

NS No significativo

Cuadro 4.23. Matriz de correlaciones obtenidas entre pruebas de vigor evaluadas en lotes de semillas de soya.

E	VGTZ	VbEA	VEA	CE	VE	GE
1.0000	0.7071**	0.7217**	0.8361**	-0.2824NS	0.7376**	0.3628NS
	1.0000	0.6010**	0.6773**	-0.5995**	0.8993**	0.6514**
		1.0000	0.8963	-0.3701*	0.8055**	0.4235**
			1.000	-0.3477NS	0.6519**	0.2795NS
				1.0000	-0.9043**	-0.8474**
					1.0000	0.9759**
						1.0000

* Significativo al nivel 5%
 **Significativo al nivel 1%
 NS No significativo

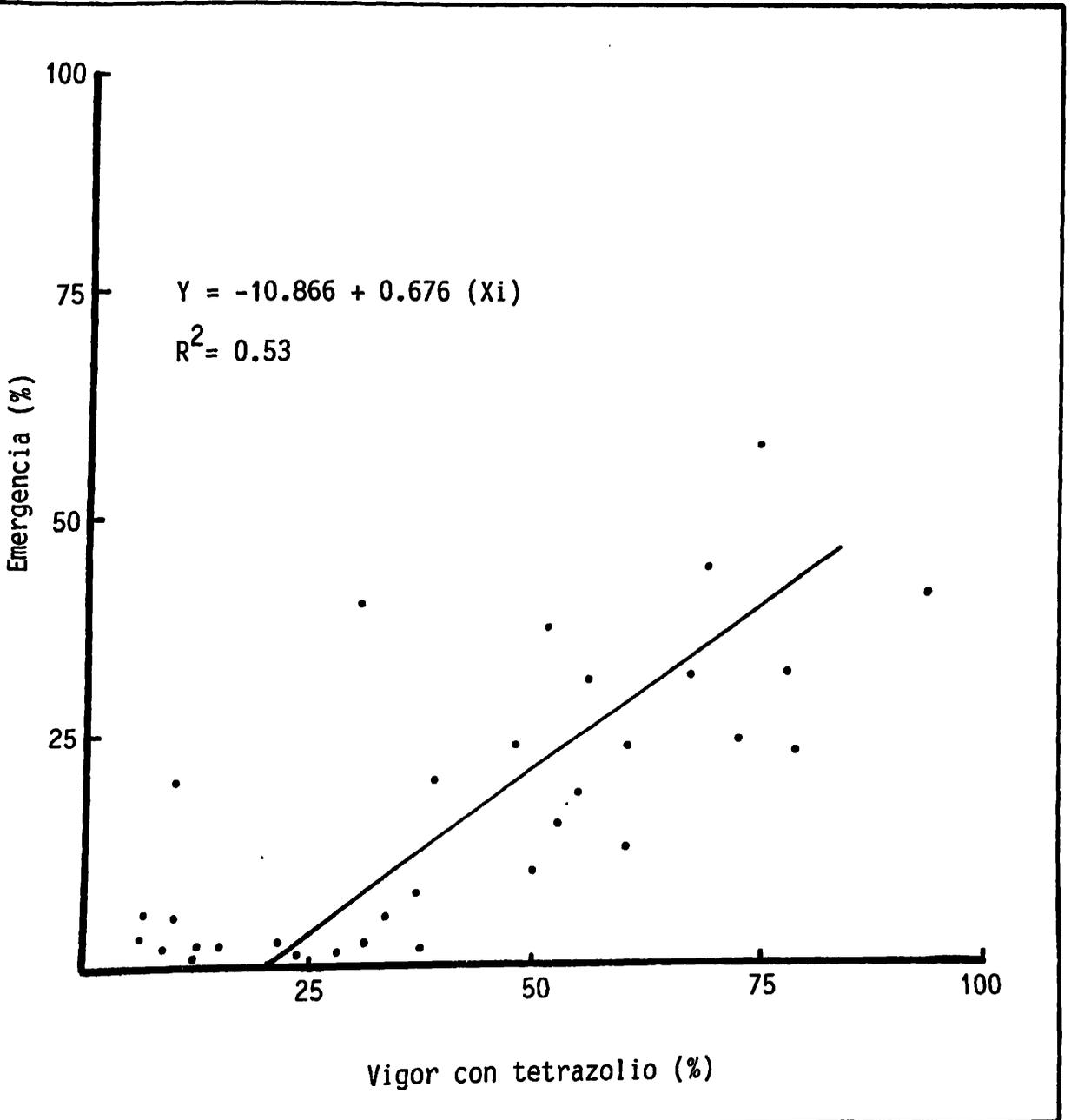


Figura 4.15. Relación entre emergencia y vigor mediante tinsión con tetrazolio en lotes de semilla de soya.

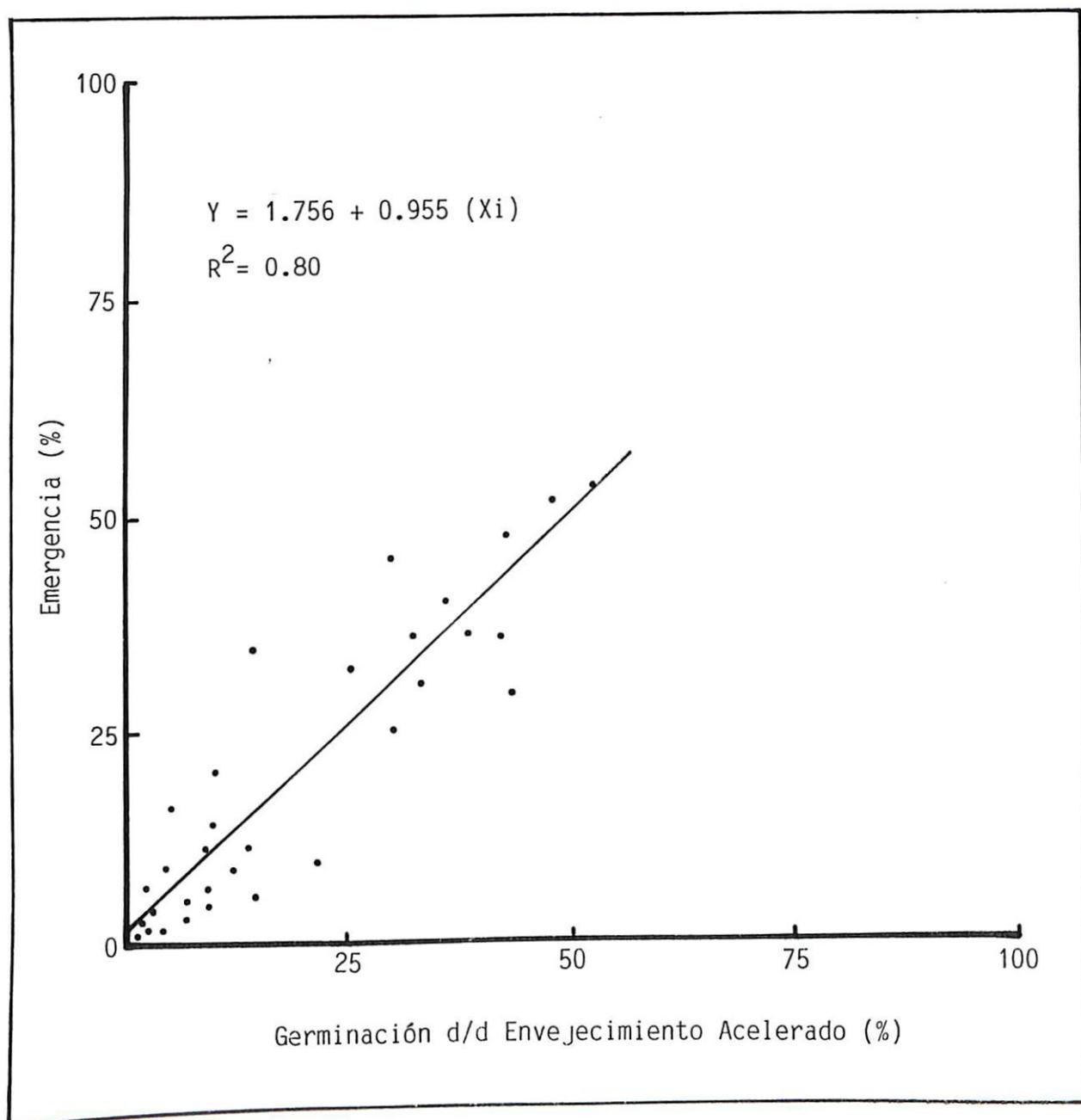


Figura 4.16. Relación entre emergencia y germinación después de envejecimiento acelerado en lotes de semilla de soya.

presentó correlación significativa para ninguna prueba y de la misma manera la E en asociación con VpH-30, VpH-60, GPH-50 y GPH-70 no mostraron significancia para la correlación.

DISCUSION

En la primera parte se hace énfasis respecto a los resultados obtenidos en las pruebas de viabilidad para los dos cultivos en estudio; en la segunda parte se discute todo lo relacionado a las pruebas de vigor para ambos cultivos.

Para medir la viabilidad de las semillas, la prueba de germinación estándar es sin duda la más comúnmente usada; sin embargo, esta prueba cuenta con ciertas limitaciones ya reconocidas, una de estas es el tiempo relativamente largo que se requiere para conocer sus resultados. Observando esto como una desventaja Delouche *et al.* (1971) y Mackay (1972) mencionan que la reducción del tiempo a través del uso de ciertos procesos químicos, aceleración de la germinación u otros medios que nos proporcionen resultados rápidos y confiables sería lo ideal; asimismo, Amaral y Peske (1984) dicen que en un sistema de producción de semillas, una rápida obtención de la viabilidad es de fundamental importancia al momento de cosecha, recepción y en general en las diferentes etapas de la producción y acondicionamiento.

Las observaciones realizadas en lotes de semilla de frijol mostraron diferencias entre germinación estándar y viabilidad a través del uso de tetrazolio de ± 10 por ciento o menos para 24 lotes, y considerando como ya se mencionó anteriormente una diferencia de ± 10 por ciento o menos como máximo recomendable, aun cuando esta estimación es recomendada para germinación predicha a través de ASA-610 (Miranda, 1981), la viabilidad con tetrazolio estimó la germinación en forma atinada en un 73 por ciento de los lotes y sobreestimó poco menos de la mitad de los mismos. En contraste con estos resultados las diferencias obtenidas para lotes de semilla de soya entre germinación estándar y viabilidad con tetrazolio para la misma desviación mostraron estimaciones de poco menos del 50 por ciento de los lotes, sobreestimando al 80 por ciento con respecto al número de lotes. Apoyando estos resultados Bennet y Loomis (1949); Parker (1953) y Yaklich y Kulik (1979) en trabajos realizados reportan haber encontrado que la prueba de tetrazolio tiende a sobreestimar la germinación, no obstante Delouche *et al.* (1971) en estudios realizados reportan que el menospreciar o sobreestimar los porcentajes de germinación a través del uso de tetrazolio depende en su mayoría de la práctica y la experiencia, de la observación meticulosa y de los criterios de interpretación del analista; asimismo, las diferencias altamente significativas y positivas para la correlación fueron encontrados entre germinación estándar y viabilidad

con tetrazolio para los dos cultivos, mostrando la más alta correlación para lotes de semilla de soya, lo que concuerda con los trabajos realizados en soya por Parker (1953) y Yaklich y Kulik (1979) donde se encontraron buenas correlaciones entre germinación estándar y viabilidad a través del uso de tetrazolio.

Del mismo modo, los resultados de las desviaciones entre germinación estándar y germinación predicha para lotes de semilla de frijol mostraron que esta última predijo a la primera en el 79 por ciento de los lotes, sobreestimando al 58 por ciento de los mismos; sin embargo, en lotes de semilla de soya, la germinación predicha únicamente estimó en forma correcta al 7 por ciento de lotes y sobreestimó al 100 por ciento de los mismos. Una explicación a esta amplia discrepancia de resultados para estos dos cultivos es el número bajo de lotes de semilla de soya que presentaron porcentajes de germinación por arriba de 90 por ciento; Miranda (1981) explica que el ASA-610 fue más exacto en predicción de germinación cuando los lotes presentaron porcentajes de germinación por arriba de 90 y una mínima exactitud por abajo de 80 por ciento de germinación estándar, resultados similares se encontraron en este estudio. De la misma manera coeficientes de correlación altamente significativos y positivos se encontraron entre germinación estándar y germinación predicha para los dos cultivos (arriba de $r=0.7300$)

asimismo, resultados similares fueron encontrados en semillas de soya, frijol y algodón por Steere *et al.* (1981) y Muller y Lampeter (1985) para lotes de semilla de frijol. Sin embargo, Urbaniak (1985) en cultivos de *Vicia faba* y *Phaseolus vulgaris*, reporta que aun cuando la conductividad estuvo correlacionada con germinación, la primera no predijo con exactitud la calidad de la semilla.

En relación a las diferentes "particiones" en histogramas realizadas en lotes de semilla de frijol se observó que la mejor "partición" o sea las que predijeron en forma atinada la mayor cantidad de lotes se presentó entre 105 y 115 microamperes (μA) ya que conforme se "particionó" por abajo o por arriba de este rango se tendió a disminuir el nivel de exactitud de predicción de germinación subestimando cuando se "particionó" por abajo de 105 μA y sobreestimando cuando se "particionó" por arriba de 115 μA . Resultados un tanto antagónicos fueron encontrados para lotes de semilla de soya en donde la partición de 90 μA recomendada por el manual del ASA-610 resultó ser demasiado alta, Miranda (1981) al calcular la mejor "partición" en μA para la mayor ocurrencia de predicción de germinación encontró que estos son mucho más bajos que valores de "partición" de 90 μA recomendados por el manual de ASA-610; sin embargo, este mismo investigador menciona que ajustar los valores de partición para cada lote de semilla no es un método práctico para

improvisar la mejor ocurrencia de predicción en germinación. Coeficientes de correlación entre germinación estándar y germinación predicha en histograma 105 μ A, germinación predicha en histograma 115 μ A y germinación predicha en histograma 120 μ A para lotes de semilla de frijol mostraron una $r^2 = 0.7300$; sin embargo, aun cuando la predicción de lotes de soya fue mínima, germinación predicha en histograma 70 μ A mostro el coeficiente de correlación más alto con una $r = 0.8420$ y coeficiente de determinación de $r^2 = 0.7090$.

Por otro lado, se reporta que a través del uso de un colorímetro es posible determinar en solución de remojo de semillas, la calidad de éstas (Simon y Harum, 1972; Subrahmanyam *et al.*, 1983 y Peske y Amaral, 1986) mencionan que mediante el uso de un indicador aplicado a los exudados de las semillas se podría detectar la viabilidad de éstas a través de la intensidad del teñido; asimismo, comentan que esta prueba es simple, barata y fácil de llevar a cabo.

Resultados para lotes de frijol mostraron que viabilidad de pH de exudados con un periodo de remojo de 30 minutos predijo la germinación únicamente del 60 por ciento de los lotes, no obstante cuando se incremento el tiempo de remojo a 60 min (VpH-60) la predicción con respecto al numero de lotes aumento a 73 por ciento, similares

resultados presentaron cuando se incrementó el periodo de tiempo en remojo para 90 min, no obstante cuando se incrementó el periodo a 120 minutos la precisión de estimación se fue perdiendo, estimando la germinación en un 53 por ciento de sus lotes. De igual manera al analizar los resultados para lotes de semilla de soya, las diferencias entre germinación estándar y pH de exudados con un tiempo en remojo de 30 minutos mostraron desviaciones bastantes grandes estimando correctamente únicamente el 20 por ciento de los lotes y sobreestimando al 100 por ciento de los mismos. El incremento del tiempo de remojo a 60 min también aumentó el porcentaje de predicción de germinación en un 40 por ciento de los lotes. Se aprecia que el mejor tiempo de remojo para lotes de semilla de frijol se presentó en el rango de 60 y 90 min.

Resultados de correlación entre germinación estándar y viabilidad de pH de exudados con periodos de 60 y 90 min de remojo mostraron coeficientes altamente significativos y positivos con $r > 0.7000$, presentando V_{pH-60} un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.7360$ y un valor de $R^2 = 0.74$, datos un tanto contradictorios fueron obtenidos para la correlación en lotes de semilla de soya con $r \leq 0.6000$ y observándose diferencias no significativas para un periodo de remojo de 30 min. En trabajos similares Amaral y Peske (1984) reportaron una alta correlación lineal entre los grados de coloración rosa fuerte y el

porcentaje de germinación, después de un remojo de la semilla de 30 min. Estos resultados parecerían un tanto antagónicos más que todo por los obtenidos en este estudio para lotes de semillas de soya; sin embargo, una explicación a estos datos es que cuando se inició este trabajo se estuvo ensayando con agua destilada de un pH que varió de 6.6 a 6.9 afectando y variando la coloración de la solución y modificando los criterios de interpretación. Peske y Amaral (1986) ensayando la relación entre el pH de la solución en donde se remojaron semillas de soya y su viabilidad, concluyeron que existe una estrecha relación entre el pH de los exudados de semilla y la germinación, asimismo mencionan que el punto de partición entre semillas viables y no viables es un pH de 5.80. De igual manera Pollock *et al.* (1969) estudiando diferentes materiales encontraron que la cantidad de exudados de la semilla varían de acuerdo a la variedad, afectando los resultados.

Al comparar los resultados entre germinación predicha y viabilidad de pH de exudados en lotes de semilla de frijol se encontraron resultados muy similares cuando se obtuvieron las desviaciones con germinación estándar, presentándose las desviaciones más pequeñas para viabilidad de pH en un periodo de remojo de 60 min y presentando correlaciones altamente significativas y positivas para los dos cultivos ($r > 0.7600$). Asimismo, se observó en lotes de semilla de frijol, comportamientos similares entre

germinación estándar y germinación predicha, así como entre germinación estándar y viabilidad a través de pH de exudados en un período de remojo de 60 min, ya que lotes que presentaron porcentajes de germinación por encima de 90 mostraron una mínima cantidad de exudados, esto se pudo apreciar al presentar desviaciones muy pequeñas en los diferentes períodos de remojo en estudio, en contraste en lotes con porcentajes de germinación por abajo de 80, el rango de desviación se hizo más grande, variando con respecto al período de tiempo, estos resultados fueron más drásticos en lotes de soya. Diferentes reportes Abdul-Baki y Anderson (1970) mencionan que la cantidad de exudados está estrechamente ligada a la viabilidad de la semilla y asociada con cambios en la permeabilidad de las membranas.

El sembrar semillas de alta calidad es prerequisite para una óptima producción de los cultivos. La sincronización de la emergencia de plántulas es una parte importante para una uniformidad del crecimiento y desarrollo de la plántula. Asimismo la prueba de germinación estándar la cual se realiza bajo condiciones óptimas de laboratorio, es el método más usado para determinar la calidad de la semilla (AOSA, 1978). No obstante esta prueba tiene serias limitaciones en la predicción real de la emergencia en campo, ya que las condiciones que prevalecen en el campo son lejos de ser óptimas para la emergencia (AOSA, 1983) estas situaciones

han promovido el desarrollo de pruebas de vigor que midan mejor la calidad de la semilla.

Al analizar los resultados de emergencia en lotes de semilla de frijol se puede observar que poco más de la mitad de lotes oscilaron entre 70 y 90 por ciento de emergencia, porcentajes similares fueron presentados por viabilidad en germinación después de envejecimiento acelerado; sin embargo, resultados un tanto contradictorios fueron mostrados en lotes de semillas de soya para la emergencia, ya que la mayoría de los lotes no mostraron emergencia por arriba del 20 por ciento, estos resultados es muy probable que se deban a que el suelo en donde se sembró la soya fue demasiado arcilloso, formándose una costra en la parte superior del suelo e influyendo en la libre emergencia del cultivo, además de que la semilla no fue tratada con fungicida alguno, sucediendo todo lo contrario en lotes de semilla de frijol los cuales estaban tratados y el suelo en donde se sembró fue menos arcilloso, Johnson y Wax (1978) en siembras de semilla de soya en suelos similares a este estudio no obtuvieron emergencias de más de 30 por ciento, resultados similares fueron reportados por Tekrony y Egli (1977). Por otro lado Presley (1958) reporta que la tasa y cantidad de exudados de las semillas de algodón fueron estrechamente relacionados con la viabilidad, predisponiendo a la semilla y plántulas al ataque de hongos, esto proporciona información de la

necesidad de sembrar semillas tratadas, influyendo también en semillas no tratadas como una causa más de los bajos porcentajes de emergencia en campo. Asimismo Edje y Burris (1971) incrementaron significativamente los porcentajes de emergencia al tratar las semillas con fungicida en semillas de bajo y medio vigor.

Al analizar los datos de desviaciones entre emergencia y las distintas pruebas de vigor aquí evaluadas se encontró que las pruebas de viabilidad en germinación después del envejecimiento y vigor en envejecimiento acelerado presentaron las desviaciones más estrechas para lotes de semilla de soya; no obstante en lotes de semilla de frijol las desviaciones fueron bastante grandes, Saminy *et al.* (1987) reportan que la prueba de envejecimiento acelerado funciona mejor como predictora de pérdida de emergencia en campo principalmente en condiciones adversas, condiciones que se presentaron en soya, cultivo en el cual las pruebas de viabilidad y vigor a través de envejecimiento acelerado predijeron con mayor tino la emergencia, no sucediendo lo mismo para lotes de semilla de frijol.

Todas las pruebas de vigor sin excepción, presentaron diferencias altamente significativas para la correlación en relación con emergencias en lotes de semilla de frijol. Sin embargo, los coeficientes de correlación más

altos fueron mostrados por viabilidad en germinación después de envejecimiento acelerado y vigor en envejecimiento acelerado con $r > 0.8500$. Asimismo el primer conteo de germinación estándar presentó una buena correlación $r > 0.7600$ con emergencia; de igual manera se puede observar que emergencia y germinación estándar obtuvieron una buena correlación con $r > 0.8500$ no obstante germinación estándar sobreestimó a emergencia. Tekrony y Egli (1977) encontraron que el primer conteo de germinación estándar y envejecimiento acelerado fueron significativamente correlacionados con emergencia. Johnson y Wax (1978) mostraron que la prueba de germinación estándar, prueba de tetrazolio y la prueba fría estuvieron altamente correlacionados con emergencia y establecimiento final; resultados similares fueron encontrados por Yaklich y Kulik, 1979 y Yaklich y Anderson, 1979.

De igual manera al analizar los datos presentados en lotes de semilla de soya se observó que la mayoría de las pruebas de vigor fueron altamente significativas para la correlación con respecto a emergencia, con excepción para la media de conductividad eléctrica que presentó diferencias no significativas y negativas; aquí mismo se observan diferencias no significativas entre emergencia y germinación estándar, Tekrony (1982) y Tekrony y Egli (1977) reportan que la prueba de germinación estándar ha demostrado ser un excelente predictor de emergencia en

campo, pero bajo condiciones ideales de medio ambiente; sin embargo, en condiciones de estrés es mala predictora y tendiendo además a sobreestimar a emergencia en lotes de semilla de soya, resultados similares son reportados por Samimy et al. (1987) pero en lotes de semilla de frijol, en este estudio también se puede observar que al relacionar la emergencia con germinación estándar en semillas de frijol se observaron diferencias altamente significativas y positivas para la correlación con una $r > 0.8500$. Estos mismos autores mencionan que la prueba de germinación estándar ha estado mostrando buenas correlaciones en condiciones favorables de campo; sin embargo los trabajos realizados por Egli y Tekrony, (1978); Perry (1972); Yaklich y Kulik, (1979) y Ross y Manalo (1979) muestran que los efectos de las condiciones adversas podrían no ser fácilmente detectables por germinación estándar.

Con respecto a la prueba de viabilidad de germinación después de envejecimiento en relación con la emergencia esta fue altamente significativa y positiva para la correlación en ambos cultivos; sin embargo, en lotes de semilla de frijol su coeficiente de correlación fue superior a los obtenidos para vigor con envejecimiento acelerado, no sucediendo lo mismo en lotes de semilla de soya en donde vigor con envejecimiento acelerado presentó el máximo coeficiente de correlación con respecto a emergencia. Viabilidad de germinación después de

envejecimiento acelerado podríamos decir que es una modificación a la prueba de vigor después de envejecimiento acelerado; sin embargo, la primera es poco usada en las pruebas de vigor en semillas, esta prueba es mucho más fácil de llevar a cabo, ya que no tendríamos el problema hasta cierto punto de estar clasificando plántulas normales y anormales que es lo que sucede con vigor a través de envejecimiento acelerado. Kulík y Yaklich (1982) evaluando diferentes pruebas de vigor y su relación con emergencia en campo y establecimiento final, encontró que la prueba de envejecimiento acelerado y la prueba de envejecimiento de plántulas anormales dieron los mas bajos coeficientes de correlación en algunas evaluaciones y que por el contrario semillas muertas dieron la más alta correlación y que debido a que las semillas muertas es lo opuesto a plántulas viables (que es normal+anormal) el uso de esta última como una prueba de vigor en envejecimiento acelerado vendria a dar una mejor correlación que utilizando plántulas normales por un lado o plántulas anormales por otro. Sin embargo, es probable que la viabilidad después de germinación de envejecimiento acelerado tenga un comportamiento mejor en condiciones óptimas de campo y que la prueba de envejecimiento acelerado tenga un mejor comportamiento en condiciones adversas como ya se mencionó anteriormente.

En relación con la prueba de conductividad eléctrica y en asociación con emergencia se observó que aun

cuando mostró diferencias altamente significativas y negativas para la correlación de semillas de frijol, ésta no fue alta, en contraste, en semillas de soya no se encontró significancia; en ensayos realizados por Saminy *et al.* (1987) en semilla de frijol resultados de la prueba de conductividad no fueron consistentes en sus resultados con respecto a emergencia; sin embargo, usando el método de partición de $115 \mu\text{A}$ obtuvo buenas correlaciones, de igual manera cuando los resultados fueron expresados en μA por gramo de semilla no se obtuvo una respuesta satisfactoria, estos mismos investigadores reportan que es probable que las variaciones de temperatura de remojo y al contenido de humedad inicial de la semilla hayan influido de alguna manera en las discrepancias de sus resultados de un año a otro. La variación de los resultados de conductividad, además de los factores antes mencionados es posible que se deban a otros. Se reporta que el efecto de los cultivares en los resultados de prueba de conductividad ha sido demostrado en lotes de semillas de maíz, chícharo y soya, esto es el grado de permeabilidad de la cubierta de la semilla (Pollock *et al.*, 1969).

Por otro lado, se observa que la mayoría de las pruebas de vigor presentaron diferencias altamente significativas para la correlación en semillas de frijol, por el contrario el porcentaje de pruebas de vigor que presentaron correlaciones altamente significativas fue un

tanto más bajo en semillas de soya. Del mismo modo Johnson y Wax (1978) en estudios realizados mencionan que en las condiciones más favorables de siembra una gran cantidad de pruebas de laboratorio exhibieron una correlación altamente significativa positiva con emergencia en campo. Estos mismos autores han demostrado que la siembra en condiciones similares y diferentes fechas de siembra en el mismo campo se comportaron en una forma completamente diferente. De este modo, parece imposible que una simple prueba de laboratorio o grupo de pruebas puedan predecir en forma correcta la gran variación de condiciones que se presentan en el campo, marcando un estrés diferente para cada siembra. Ching *et al.* (1977) mencionan que la variación arrojada en la emergencia está estrechamente relacionada por la interacción genotipo-medio ambiente, no obstante Yaklich y Garrison (1979) reportan que antes que el medio ambiente, uno de los factores más importantes es el genotipo.

Se ha comentado de algunos factores que influyen decididamente en la presencia o niveles de significancia para la correlación entre las distintas pruebas de laboratorio y la emergencia; sin embargo, Tekrony y Egli (1977) y Johnson y Wax (1978) han notado que la cantidad de correlaciones significativas pueden depender particularmente del tipo de suelo y la fecha de siembra. Asimismo las mejores correlaciones fueron para el tipo de

suelo arenoso que para los pesados o arcillosos. Por otro lado un factor que posiblemente no se le ha dado la importancia debida y que no es el tipo mencionado anteriormente, me refiero al número de lotes evaluados en el estudio, mientras mayor sea el número de lotes, mayor van a ser los grados de libertad, esto trae como consecuencia que la probabilidad de encontrar significancia mayor.

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos con los materiales y metodologías usadas, así como los análisis estadísticos realizados, se concluye lo siguiente:

- En semillas de frijol la germinación predicha a través del Analizador Automático de semillas (ASA-610) evaluó en forma rápida y certera la capacidad germinativa del 79 por ciento de los lotes, por el contrario en soya, esta prueba únicamente predijo el 7 por ciento.
- La germinación predicha fue generalmanete más exacta en la predicción de lotes de semilla de alta calidad.
- La "partición" de 90 μ A recomendada por el manual del ASA-610 resultó demasiado alta para ser utilizada en lotes de semilla de soya.
- En la prueba de pH de exudados los periodos de remojo de 60 y 90 min fueron los que mejor se comportaron en frijol; sin embargo, para soya un remojo de 60 min no estimó ni la mitad de los lotes.

- Se encontró una estrecha relación entre las pruebas de viabilidad aquí evaluadas y germinación estándar. La mayoría de las pruebas fueron altamente significativas para la correlación en las dos especies, con excepción de VpH-120 y VpH-30.

- El comportamiento de las distintas pruebas de viabilidad y su relación con germinación estándar, considerando los mayores o menores coeficientes de correlación se presentaron de la siguiente manera en lotes de frijol:

VpH-60 > GPH-120 > GP > GPH-105 > VpH-90 > VTZ

para lotes de soya fue de:

VTZ > GPH-70 > GP > GPH-50 > VpH-60 > VpH-30

- Existe una estrecha relación entre las pruebas de vigor aquí evaluadas y la emergencia en ambas especies.

- La prueba de envejecimiento acelerado y su modalidad, viabilidad de envejecimiento acelerado fueron las que dieron una mejor predicción de emergencia.

- La media de conductividad y vigor estimado no resultaron ser confiables para estimar emergencia en este estudio.

RESUMEN

Los períodos de tiempo relativamente largos que se requieren para conocer la capacidad germinativa de la semilla bajo la prueba estándar limitan en ocasiones los monitoreos más continuos de este atributo en lotes de semilla. Así mismo, los resultados que se obtienen de la prueba de germinación estándar distan mucho de ser los encontrados en campo.

La necesidad de evaluar metodologías para predecir viabilidad en forma rápida y calificar vigor en los programas de producción de semilla, trajo el planteamiento de este trabajo con los siguientes objetivos: evaluar las metodologías recientemente desarrolladas de predicción en germinación mediante pH de exudados y analizador automático de semillas; validar su utilidad en programas de producción de semillas y ensayar diferentes pruebas para calificar niveles de vigor en lotes de semilla.

Se utilizaron lotes de semilla de frijol y soya con diferentes niveles de calidad, los cuales se sometieron a diferentes pruebas de viabilidad y vigor. Los resultados obtenidos en dichas pruebas se compararon con datos de

germinación estándar y emergencia.

En semillas de frijol se encontró que la germinación predicha a través del analizador automático de semillas (ASA-610) evaluó en forma rápida y certera la capacidad germinativa del 79 por ciento de los lotes y el siete por ciento en semillas de soya. Así la "partición" de 90 μ A recomendado por el manual del ASA-610 para este último cultivo resultó demasiado alto, siendo la germinación predicha generalmente más exacta en la predicción de lotes de alta calidad.

En la prueba de pH de exudados los períodos de remojo de 60 a 90 min fueron los que mejor comportamiento mostraron en frijol; sin embargo, en soya aún cuando 60 min fue el mejor tiempo, éste no estimó ni a la mitad de los lotes.

Al analizar las correlaciones correspondientes se encontró una estrecha relación entre germinación estándar y las pruebas de viabilidad, siendo éstas altamente significativas para las dos especies, con excepción de VpH-30 y VpH-120 que no mostraron significancia.

Por último se encontró que existe una estrecha relación entre las pruebas de vigor y la emergencia, siendo la prueba de envejecimiento acelerado (VEA) y su modalidad,

viabilidad de envejecimiento acelerado (VbEA) las que mostraron el mejor comportamiento y por el contrario media de conductividad (CE) y vigor estimado (VE) no fueron confiables en sus resultados para predecir emergencia en este estudio.

LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13(6):630-633. U.S.A.
- Amaral, A.S. e S.T. Peske. 1984. pH de exudato para estimar en 30 minutos a viabilidad de sementes de soya. *R. Brasileira de Sements.* 6(3):85-91. Brasil.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1970. Rules for Testing Seeds. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 606:1-116. U.S.A.
-
- _____ . 1978. Rules for Testing Seeds. *Technol.* 3(3): 1-126. U.S.A.
-
- _____ . 1983. Seed Vigor Testing Handbook. The seed vigor test committee of the (AOSA). 82 p. U.S.A.
- Baskin, C.C. 1977. Vigor test methods. Accelerated aging. *Assoc. Off. Seed Anal. Newsletter* 51(5): 42-52. U.S.A.

- Bennet, N. and W.E. Loomis. 1949. Tetrazolium chloride as a test reagent for freezing injury of seed corn. *Plant Physiol.* 24 (1):162-174. U.S.A.
- Black, A.L. 1970. Soil water and soil temperature influences on dryland winter wheat. *Agron. J.* 62(6):797-801. U.S.A.
- Brandnock, W.T. and S. Matthews. 1970. Assessing field emergence potential of wrinkled-seedbed peas. *Hort. Res.* 10(1):50-58. United Kingdom.
- Bramlage, W.J., A.C. Leopold and D.J. Parrish. 1978. Chilling stress to soybeans during imbibition. *Plant Physiol.* 61(4):525-529. U.S.A.
- Bustamante G., L. 1981. Quality tests for Pea (*Pisum sativum* L.) seed lots and their suitability as indicators of potential field emergence. Thesis M.Sci. Edinburgh University. 145 p. Edinburgh Scotland.
- Byrd, H.W. and J.C. Delouche. 1971. Deterioration of soybean seed in storage. *Proc. Assoc. Official Seed Anal.* 61:41-57. U.S.A.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of Seed Science and Technology. 2nd. ed. Burgess Publishing Company. Minnesota. U.S.A.

- Ching, T.M., S. Hedtke, M.C. Boulger and W. E. Kronstad. 1977. Correlation of Field Emergence Rate and Seed Vigor Criteria in Barley Cultivars. Crop Sci. 17(2): 312-314. U.S.A.
- Delouche, J.C. 1965. An Accelerated Aging Technique for Predicting Relative Storability of Crimson Clover and Tall Rescue Seed Lots. Agron. Abstr. 1965:40. U.S.A.
- Delouche, J.C., T.W. Still, M. Raspet y M. Lienhard. 1971. Prueba de Viabilidad de la Semilla con Tetrazol. Centro Regional de Ayuda Técnica. Universidad Estatal de Mississippi. 71 p. México/Buenos Aires.
- Edje, O.T. and J.S. Burris. 1971. Effects of soybean seed vigor on field performance. Agron. J. 63(4) 536-538. U.S.A.
- Egli, D.B. and D.M. Tekrony. 1979. Relationship between soybean seed vigor and yield. Agron. J. 71(5):755-758. U.S.A.
- Fehr, W.R., U.S. Burris and D.F. Gilman. 1973. Soybean emergence under field conditions. Agron. J. 65 (5):740-742. U.S.A.

- Ferguson, D. and J.H. Turner. 1971. Influence of unfilled cotton seed upon emergence and vigor. *Crop Sci.* 11(5): 713-715. U.S.A.
- Garay E., A. 1985. Calidad de las Semillas y su Importancia en la Productividad. Curso Tecnología de Semillas. CIAT. 175 p. Cali, Colombia.
- Grabe, D.F. 1970. Tetrazolium Testing Handbook for Agricultural Seeds. The tetrazolium testing committee of the Association of Official Seed Anal. (AOSA). 62 p. U.S.A.
- Hatfield, J.L. and D.B. Egli. 1974. Effect of Temperature on the Rate of Soybean Hypocotyl Elongation and Field Emergence. *Crop Sci.* 14(3): 423-426. U.S.A.
- Hepburn, H.A., A.A. Powell and S. Matthews. 1984. Problems Associated with the Routine Application of Electrical Conductivity measurements of Individual Seeds in the Germination Testing of Peas and Soybeans. *Seed Sci. and Technol.* 12(2):403-413. The Netherlands.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International Rules for Seed Testing. *Seed Sci. and Technol.* 13(2):366-520. The Netherlands.

- Johnson, R.R. and L.M. Wax. 1978. Relationship of Soybean Germination and Vigor Tests to Field Performance. Agron. J. 70(2):273-278. U.S.A.
- Jones, D.B. and M.L. Peterson. 1975. Rice Seedling Vigor at Suboptimal Temperature. Crop Sci. 16(1):102-105. U.S.A.
- Kulik, M.M. and Yaklich, R.W. 1982. Evaluation of Vigor Tests in Soybean Seeds. Relationship of accelerated aging, cold, sand Bench and speed of germination test to field performance. Crop. Sci. 22(4):766-770. U.S.A.
- Lakon, G. 1949. The Topographical Tetrazolim Method for Determing the Germination Capacity of Seed. Plant Physiol. 24(3):389-394. U.S.A.
- Lambou, M.G. 1953. 2, 3, 5 Triphenyltetrazolium chloride as a rapid indicator of viability in cotton seed. Crop Science: 117(3049) 690-693. U.S.A.
- Larson, L.A. 1968. The Effect of Soaking pea Seeds with or Without Seed Coats on Seedling Growth. Plant Physiol. 43(2):255-259. U.S.A.

- Levengood, W.C., J. Bondie and Chan, C.L. 1985. Seed Selection for Potential Viability. J. of Exp. Bot. 26:911-919. U.S.A.
- Mackay, B.D. 1972. Measurement of the Viability. In Roberts, E.H. (Ed.) Viability of Seed. Chapman, Hall. 172-208 p. United Kingdom.
- Matthews, S. and W. Brandnock. 1968. Relationship between seed exudation and field emergence in Peas and French beans. Hort. Res. 8:89-93. U.S.A.
- McDonald, M.B. Jr. 1975. A review and evaluation of seed vigor. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. 65:109-137. U.S.A.
- McDonald, M.B. Jr. and D.O. Wilson. 1979. An Assessment of the standardization and ability of the ASA-610 to rapidly predict soybean germination. J. Seed Technol. 4(2):1-12. U.S.A.
- _____. 1980. ASA-610 Ability to detect changes in soybean seed quality. J. Seed Technol. 5(1):56-66. U.S.A.
- Miles, S.R. 1963. Handbook of tolerances. Proc. Int. Seed Test Assoc. 28:525-686. U.S.A.

- Miles, D.F. and L.O. Copeland. 1980. The relationship of vigor tests and field performance in soybean (*Glycine max* (L) Merr). Field Crop Abst. 34(7): U.S.A.
- Miranda, C.M. 1981. Evaluation of an electrical conductivity method for rapidly estimating germination and assessing deterioration of soybean (*Glycine max* (L) Merrill) seed. Dissertation (Ph.D.) Mississippi State University. Mississippi State. 96 p. U.S.A.
- Morre, R.P. and S.F. Goodsell. 1965. Tetrazolium test for predicting cold test performance of seed corn. Agron. J. 57 (5):489-491. U.S.A.
- Müller, G. and W. Lampeter. 1985. Studies on seed vigour and yield in relation to seed quality in field beans (*Vicia faba* L.) and bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Abstracts. 8(5): P. 169. Oxford, England.
- Nobbe, H.T. 1876. Marsh spot and hollow heart in Peas. Proc. Inst. Seed testing Association. 25:536-537. U.S.A.

- Oliviera, M. de A., S. Matthews and A.A. Powell. 1984. The role of split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. *Seed Sci. and Technol.* 12(2):659-668. The Netherlands.
- Parker, J. 1953. Some applications and limitations of tetrazolium chloride. *Science.* 118(3055):77-79. U.S.A.
- Pasha, M.K. and R.K. Das. 1982. Quick viability test of soybean seeds by using tetrazolium chloride. *Seed Sci. and Technol.* 10(3):651-655. The Netherlands.
- Perry, D.A. 1972. Seed vigor and field establishment. *Hort. Abst.* 42(2):334-342. United Kingdom.
- _____. 1981. Manual de ensayos de vigor. Inst. Nal. de Semillas y Plantas de Viveros. Trad. José Abascal, 56 p. Madrid, España.
- Peske, S.T. and S. D. Amaral . 1986. Prediction of the germination of soybean seed by measurement of pH of seed exudates. *Seed Sci. and Technol.* 14(1):151-156. The Netherlands.

- Pollock, B.M., E.E. Roos and J.R. Manalo. 1969. Vigor of garden bean seeds and seedlings influenced by initial seed moisture, substrate oxygen, and imbibition temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 94(3):577-584. U.S.A.
- Porter, R.H., M. Durell and H.J. Romm. 1947. The use of 2, 3, 5, Triphenyl-tetrazolium chloride as a measure of seed germinability. *Plant Physiol.* 22(2):149-159. U.S.A.
- Powell, A.A. and S. Matthews. 1979. The influence of test condition on the imbibition and vigour of pea seeds. *J. Exp. Bot.* 30(144):193-197. United Kingdom.
- Presley, J.I. 1958. Relation of protoplasm permeability to cotton seed viability and predisposition to seedling disease. *Plant Dis. Rep.* 42(4):852. U.S.A.
- Rice, J. C. 1954. Evaluation of seed vigor in corn with tetrazolium as compared with other methods. Thesis (Ph.D.). State College Mississippi. 67 p. U.S.A.

- Roos, E.E. and J. R. Manalo. 1979. Testing vigor of beans following unfavorable storage conditions. Hort.Sci. 6: 347-348. U.S.A.
- Saminy, C., A.G. Taylor and T.J. Kenny. 1987. Relationship of germination and vigor test to field emergence of Snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) J. Seed Technol. (11):23-24. U.S.A.
- Sayers R., 1982. Pruebas de germinación. En: Asociación Mexicana de Semilleros. (Ed.) Memorias del curso de actualización sobre Tecnología de Semillas. UAAAN. Buenavista. Coahuila. P. 129-136. México.
- Simon, E.W. and R. M. Harum. 1972. Leakage during seed imbibition. J. Exp. Bot. 23:1076-1085. U.S.A.
- Smith, F.G. 1952. The mechanism of the tetrazolium reaction in corn embryos. Plant. Physiol. 27(3): 445-456. U.S.A.
- Steere, W.C., W.C. Levengood and J.M. Bondie. 1981. An electronic analyzer for evaluating germination and vigour. Seed Sci. and Technol. 9(2):567-576. The Netherlands.

- Subrahmanyam, P., M.M. Redly and A.S. Roa. 1983. Exudation of certain organic compounds from seeds of groundnut. *Seed Sci. and Technol.* 11(1):267-272. The Netherlands.
- Tekrony, D.M. 1982. Seed vigor testing. *J. Seed technol.* 8 (1):55-60. U.S.A.
- _____. 1985. An evaluation of the accelerated aging test for soybeans. *Seed Abst.* 8(12): P. 427. Oxford, England.
- Tekrony, D.M. and D.B. Egli. 1977. Relationship between laboratory indexes of soybean seed vigor and field emergence. *Crop. Sci.* 17(4):573-577. U.S.A.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology Blackie, Glasgow. p 1-13, 39-41. U.S.A.
- Trupp, C.F. and J.I. Carlson. 1971. Improvement of seedling vigor of Amooth brome grass (*Bromus inermis* Leyss) by recurrent selection for high seed weight. *Crop Sci.* 11(2):225-228. U.S.A.
- Urbaniak, Z. 1985. Usefulness of electrical conductivity for estimating quality on damage and undamage seeds of large seeded legumes. *Seed Abst.* 8(5): 170 p. Oxford, England.

- Vanderlip, R.L., F.E. Mockel and J. Halim. 1973. Evaluation of vigor test for sorghum seed. J. Agron. 65(3):486-488. U.S.A.
- Woodstock, L.W. 1973. Physiological and biochemical test for seed vigor. Seed Sci. and Technol. 1(1):127-157. The Netherlands.
- Yaklich, R.W. and C.S. Garrison. 1979. Evaluation of vigor in soybean seeds: Influences of date of planting and soil type on emergence, stand, and yield. Crop Sci. 19(2):242-246. U.S.A.
- Yaklich, R.W. and J.D. Anderson. 1979. Evaluation of vigor test in soybean seeds: Relationship of ATP, conductivity, and radioactive tracer multiple criteria laboratory tests to field performance. Crop Sci 19(6):806-810. U.S.A.
- Yaklich, R.W. and M.M. Kulik. 1979. 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 Sci. 19(2):247-252. U.S.A.