

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL
PROGRAMA RECURSOS GENETICOS NICARAGUENSES**

TRABAJO DE DIPLOMA

**PRUEBA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO PARA EVALUAR
CALIDAD DE SEMILLAS DE DIFERENTES MATERIALES
GENETICOS DE FRIJOL (*Phaseolus Vulgaris* L.)**

AUTOR

Br. Rosa Argentina Iglesias Pérez

ASESOR

Ing. Agr. M.C. Oscar José Gómez Gutiérrez

**Managua, Nic.
1996**

"El Sembrador salió a sembrar su semilla, y mientras sembraba, una parte cayó junto al camino y fue bollada y las aves del cielo la comieron.

Otra parte cayó sobre la piedra, y nacida se secó porque no tenía humedad.

Otra parte cayó entre espinas, y los espinos que nacieron juntamente con ella la ahogaron.

Y otra parte cayó en buena tierra, y nació y llevó fruto a ciento por uno".

Lucas 8: 5 - 8

DEDICATORIA

Dios, creador de la tierra y todas las formas de vida existentes.

A mi padre, *Asunción Iglesias Toruño*, porque su cariño y ejemplo han sido y serán mi apoyo; mi madre *María Dolores Pérez de Iglesias* y mi sobrina *Martha Fabiola Pineda Iglesias* cuyos espíritus generosos y valientes iluminan nuestras vidas para ejemplo de mis hermanos y sobrino, para quienes los derroteros están abiertos esperando sean alimentados con toda esta maravillosa y fructífera herencia.

AGRADECIMIENTO

Mi más sinceros agradecimientos a:

Ing. Agr. M.C. Oscar José Gómez Gutiérrez por todo los conocimientos, ayuda y tiempo que me brindó para poder llevar a cabo la culminación de este trabajo.

A la Sra. Lidia Amanda Madrigal de Valle por su cooperación en el proceso de transcripción de los manuscritos y estética del mismo.

Al personal del Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses por permitir apoyarme para la realización de mi trabajo de diploma en los experimentos e investigaciones que ellos están efectuando.

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS

Resumen

I. Introducción

II. Materiales y Métodos Pág. 4

2.1. Localización del experimento Pág. 4

2.2. Material genético Pág. 4

2.3. Fases del experimento Pág. 5

2.3.1. Etapa 1. Determinación del tiempo adecuado para el tratamiento de envejecimiento acelerado. Pág. 5

2.4. Variables evaluadas Pág. 7

2.4.1. Velocidad de emergencia Pág. 7

2.4.2. Materia seca Pág. 7

2.4.3. Germinación estándar Pág. 8

2.4.4. Etapa II. Comportamiento de los materiales genéticos en campo. Pág. 8

2.5. Análisis estadístico Pág. 8

III.- Resultados Pág. 10

3.1. Determinación del tiempo adecuado para el tratamiento de envejecimiento acelerado Pág. 10

3.1.1. Análisis general de varianza Pág. 10

3.2. Prueba comparativa de medias Pág. 11

3.2.1. Número de plántulas emergidas Pág. 11

3.2.2. Velocidad de emergencia Pág. 13

3.2.3. Materia seca de plántula y raíz Pág. 15

3.2.4. Relación entre la prueba de germinación estándar, prueba de envejecimiento y la emergencia en campo. Pág. 16

IV.- Discusión Pág. 18

4.1. Discusión general Pág. 18

V.- Conclusiones Pág. 22

VI.- Recomendaciones Pág. 24

VII.- Literatura Revisada Pág. 25

INDICE DE CUADROS

DESCRIPCION

1. Datos de pasaporte de las variedades mejoradas modernas locales de frijol común utilizadas en el presente estudio.....4
2. Cuadrados medios, significancia estadística y coeficiente de variación para las variables emergencia, velocidad de emergencia y materia seca de raíz y plántulas.....10
3. Comportamiento de los distintos genotipos dentro y entre tratamientos en cuanto al número de plantas emergidas y variación de la germinación inicial.....11
4. Velocidad de emergencia de seis variedades expuestas a diferentes períodos de envejecimiento.....14
5. Materia seca de raíz (en miligramos) de distintos genotipos sometidos a diversos periodos de envejecimiento acelerado..... 15
6. Materia seca de plántula (en miligramos) de seis materiales genéticos sometidos a diferentes periodos de envejecimiento acelerado..... 15
7. Comportamiento de cinco variedades bajo diferentes pruebas de calidad de semillas..... 17

Resumen

El presente trabajo se realizó en el Programa Genéticos Nicaraguenses (REGEN) adscrito a la Universidad Nacional Agraria a finales de 1995 con el propósito de utilizar la Prueba de Envejecimiento Acelerado (PEA) de semillas como una herramienta más para evaluar vigor, atributo relacionado con la emergencia en campo y la almacenabilidad de las mismas. El estudio se realizó con seis variedades (dos mejoradas modernas y cuatro locales o tradicionales) sometidas a condiciones de envejecimiento acelerado a fin de diferenciar los genotipos en base a su comportamiento después de la prueba mencionada. Se evaluaron, en laboratorio y en campo en un diseño completamente al azar, las variables siguientes: Germinación estandar, número de plantas emergidas, velocidad de emergencia, materia seca de plántulas y de raíces. Del análisis de los resultados se llegó a las conclusiones siguientes: 1) De manera general, la PEA permitió hacer una diferenciación entre los materiales estudiados: las variedades locales mostraron un comportamiento superior con relación a las mejoradas. 2) La variedad local "Chile" se vio menos afectada por la PEA considerándose como un material muy vigoroso y con alto potencial de almacenamiento. 3) La reducción de la germinación inicial de las variedades locales después de la PEA fue hasta un 24%, en cambio para las mejoradas fue mayor de un 48%. 4) Las variables materia seca de plántula y de raíz no permitieron valorar objetivamente la calidad de las semillas debido a las variaciones observadas. 5) Al correlacionar los resultados de la Prueba de Germinación Estandar y de la PEA con la emergencia en campo, la primera mostró un mayor coeficiente de correlación (0.98^{**}) con relación a la segunda prueba (0.82^{**}). 6) A fin de mejorar la metodología de la PEA se recomienda, para llegar a conclusiones más definitivas, uniformizar ciertos parámetros de las semillas de los materiales genéticos sujetos a estudio como son: Calidad fisiológica inicial, contenido de humedad inicial, condiciones previas de almacenamiento, color de testa, rugosidad etc.

J. Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es una planta anual, herbácea e intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas (Ospina, 1984).

En Nicaragua su cultivo es el segundo en importancia después del maíz en la dieta nacional por su alto valor nutritivo, ya que su semilla presenta un alto contenido proteico (22.3%) y es una excelente fuente de hierro (7.9%) y vitamina B (2.2%), sembrándose en todos los ámbitos ecológicos del país incluyendo zonas óptimas, buenas y marginales lo que ocasiona la carencia de un ordenamiento y control de las áreas cultivadas con efectos en los bajos rendimientos a nivel nacional (9.5 qq/mz) (CNIGB, 1992)

El cultivo del frijol en nuestro país es manejado ampliamente por unidades de pequeña y mediana producción (0.5 a 3 mz) propio de pequeños y medianos productores los que carecen de recursos y no tienen acceso al crédito representando el 95%, ubicados, frecuentemente, en áreas marginales y solamente el 5% del área sembrada está ubicada en buenos suelos (Tapia y Camacho, 1988).

En términos prácticos, este cultivo presenta características muy particulares que limitan su productividad y entre éstas podemos mencionar: El frijol es cultivado por pequeños productores en un sistema tradicional de producción caracterizado por carencia de recursos (tierras, financiamiento y tecnología); es un cultivo de alto riesgo ya que diferentes factores afectan su producción (físicos, naturales, insumos, agronómicos, mercado etc.); la tecnología generada no siempre se enfoca hacia el sector donde este cultivo es mayormente cultivado (sector campesino conformado por pequeños productores); poca disponibilidad de semilla de buena calidad. Por lo general se usa como semilla el grano de consumo (Kohashi, 1990). Cerca del 70% de los productores se abastecen de semillas de las siembras de producción comercial. Dicha semilla, no reúne los requisitos de

pureza, sanidad, calidad física y fisiológica para garantizar el éxito del cultivo (Schwartz y Galvez, 1980)

Los análisis de germinación, pureza y sanidad fueron y son utilizados como criterios para determinar la calidad de las semillas; sin embargo estas pruebas no predicen en forma confiable la emergencia de las plántulas en campo y de esta manera apareció el vigor de la semilla como un cuarto aspecto de la calidad, que es muy importante en lo que respecta al comportamiento de los materiales en campo (Hebblethwaite, 1980).

Existen evidencias de que hay variación genética en caracteres de interés en semillas, tales como calidad física, fisiológica y de sanidad, duración de la antesis, resistencia al daño mecánico, longevidad, etc. y que la interacción genotipo-ambiente es de tal importancia que en algunas especies la generación de tecnología para optimizar la producción de semilla de buena calidad deberá ser específica para cada variedad liberada (Carballo, 1990); por supuesto, la eficiencia de relación para tipos deseables depende sobre todo de los procedimientos para la evaluación del vigor en etapas tempranas de desarrollo (Villaseñor, 1984).

Según Copeland (1976), de las diferentes pruebas de vigor propuestas, la de envejecimiento acelerado ha tenido mayor aceptación por su simplicidad y exactitud en la predicción del potencial de almacenamiento y vigor de los lotes de semillas. Dicha prueba se basa en los preceptos de Roberts (1972), según los cuales las semillas en presencia de altas temperaturas (40-45 °C) y humedad relativa elevada (cerca del 100%) durante el almacenamiento, gradualmente se va envejeciendo y eventualmente pierde su viabilidad (Mathews, 1980; Pandey, 1989).

A como lo muestran algunos trabajos, la prueba de envejecimiento acelerado tiene un gran potencial de usos, obviamente se hace necesario ajustar la técnica a situaciones

específicas, por lo que se planteó el presente trabajo de investigación cuyos objetivos fueron:

1. Determinar el tiempo requerido de exposición de las semillas a las condiciones de envejecimiento que logre reducir la germinación inicial de los materiales genéticos en estudio.
2. Observar si existe un comportamiento diferenciado de los materiales, a fin de identificar el mejor.
3. Determinar si los resultados de vigor, evaluado por medio de la prueba de envejecimiento acelerado, muestran una alta correlación con los de emergencia en campo para proponer dicha prueba como un complemento a la germinación estándar.

Basados en los objetivos anteriores se pretendió probar las hipótesis siguientes:

1. Cada material objeto de estudio, independientemente de su constitución genética, muestra igual resistencia a las condiciones de envejecimiento; además, se supone que el tiempo de exposición de las semillas a la prueba mencionada, a fin de lograr una reducción en la germinación inicial, es el mismo.
2. Ocurre una alta coincidencia entre los resultados obtenidos mediante la prueba de envejecimiento acelerado y el comportamiento inicial de los mismos materiales evaluados en campo.

II. Materiales y Métodos

2.1. Localización del experimento

El presente trabajo se estableció en el Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN) de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicado geográficamente entre los 12°08' latitud norte y 86°10' longitud oeste a 60 msnm. con suelos de textura franco ó franco arenoso. pH de 7.5 a 8.5. nivel freático entre 90 y 120 cm y una pendiente que oscila de 0 a 2%.

2.2. Material genético

Fue proporcionado por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNI-INTA) y el Programa Recursos Genéticos Nicaragüenses, el que consistió en dos variedades mejoradas modernas distribuidas comercialmente y cuatro variedades locales (tradicionales), las características de las variedades en estudio se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de pasaporte de las variedades mejoradas modernas y locales de frijol común utilizadas en el presente estudio.

MATERIAL GENETICO	Nº ACC.	Nº FICHA	NOMBRE COMIN	LUGAR DE COLECTA	MUNICIPIO	DEPTO.
Rev. 84	-	-	Frijol	La Compañía	Carazo	Carazo
Der. 384	-	-	Frijol	La Compañía	Carazo	Carazo
Chiabele	3228	3252	Frijol	Café Luis	San Carlos	Rio San Juan
Barroño	3158	3776	Frijol	La Bomba	Siuna	Zelaya Central
Chilo ranaxrido	3182	3788	Frijol	Coperna	Siuna	Zelaya Central
Chilo	3288	3835	Frijol	Tadana Central	Zelaya Central	Zelaya Central

ACC.: Adquisición

Rev.: Revolución

2.3. Fases del experimento

La investigación se realizó en dos etapas: la primera en el laboratorio y posteriormente se trabajó en campo.

2.3.1. Etapa 1. Determinación del tiempo adecuado para el tratamiento de envejecimiento acelerado.

En esta etapa el propósito fue determinar el tiempo adecuado de envejecimiento para inducir la pérdida de viabilidad y vigor del material utilizado en el estudio. Para definir el tratamiento más adecuado, el criterio utilizado fue considerar aquel que provocara reducción en la germinación inicial hasta un 40 ó 50% ó, en su defecto, el que más se acercara a estos valores.

Los cinco tratamientos de envejecimiento acelerado fueron:

- Tratamiento 1 = seis días (6D)
- Tratamiento 2 = dos días (2D)
- Tratamiento 3 = tres días (3D)
- Tratamiento 4 = cuatro días (4D)
- Tratamiento 5 = cinco días (5D)

Prueba de envejecimiento acelerado

Antes de establecer dicha prueba, como medida preventiva contra la contaminación por hongos, se desinfectaron las semillas sumergiéndolas en una solución de Benomyl [Methyl 1-(butyl carbamoyl) 2-(benzimidazolecarbamato)] a una dosis de 1 gr/lt durante, aproximadamente, unos 10 segundos y puestas después a secar en papel absorbente a temperatura y condiciones prevalecientes en el Laboratorio de Semillas. La prueba de envejecimiento acelerado consistió en someter las semillas a una temperatura de más o menos 41 °C y una humedad relativa constante de 100% durante los tiempos establecidos en el inciso anterior.

Las semillas de cada repetición se colocaron dentro de cajas transparentes de material plástico con tapadera hermética sobre una malla de metal galvanizado, sobre el cual se hicieron cinco divisiones en partes iguales para colocar los diferentes materiales los cuales estuvieron separados unos dos centímetros del fondo de la pana. Previo a esto, se vertió una cierta cantidad de agua hasta formar una capa aproximadamente de un centímetro. Posteriormente, se tapó cada pana de forma hermética y fueron colocadas en la cámara germinadora calibrada previamente a 41°C, empezando por el tratamiento que requirió más tiempo.

Al concluir el tiempo de exposición de los diferentes materiales genéticos a dicha prueba se procedió a sacar el material.

Prueba de germinación

Una vez concluida la prueba de envejecimiento acelerado, el material ya envejecido y azarizado fue trasladado al campo y se procedió a realizar la prueba de germinación, para lo cual se utilizó una estructura tipo invernadero consistente en cajones de madera de 2m x 3.4m x 0.2m; el sustrato empleado fue arena previamente esterilizada y humedecida se trazaron las líneas (parcelas) sobre la cual se colocaron veinticinco semillas por parcela con el rafe hacia abajo con la finalidad de que la posición de la semilla no fuese un factor perturbador de la emergencia entre los genotipos, sembrándose cuatro repeticiones de 25 semillas cada una a 5 cm de profundidad, 3 cm entre plantas y 5 cm entre surco; luego se cubrieron con una capa uniforme de arena, se niveló con un rizador y por último se regó la arena.

2.4. Variables evaluadas

2.4.1. Velocidad de emergencia

Su evaluación se hizo utilizando la ecuación propuesta por Maguire (1962):

$$VE = \frac{X_1}{1} + \frac{X_2}{2} \dots + \frac{X_{i-1}}{n-1} + \frac{X_i}{n}$$

En donde: VE = Velocidad de emergencia

X_i = Número de plántulas emergidas en el día i-esimo

n = Número de días después de la siembra

Se consideró como planta emergida aquella en que el 50% del tamaño total de los cotiledones hubieran salido de la superficie del suelo.

2.4.2. Materia seca

Al concluir el último día de emergencia de las plántulas, se procedió a arrancar cinco plántulas al azar de cada surco, las raíces de las cuales se sumergieron en agua para eliminar la arena del sustrato. Luego por medio de un corte se separó la parte aérea de la planta y la raíz colocando cada una de ellas en bolsas separadas de papel craft debidamente perforadas y rotuladas; al concluir la operación el material fue trasladado al laboratorio de Semillas y se colocó en el horno durante tres días consecutivos a una temperatura de 80 °C. Para concluir, las partes de la planta de frijol (aérea y raíz) fueron pesadas y obtenido el peso promedio de cada parte de la plántula en miligramos.

2.4.3. Germinación estándar

Esta prueba se realizó en el laboratorio de Semillas, el material utilizado fue semilla normal (no sometida a la prueba de envejecimiento acelerado). Para su realización se utilizaron cajas petri con dimensiones de 15 cm de diámetro y 2.5 cm de espesor, utilizando como sustrato papel filtro, se sembró un total de 25 semillas por cada tratamiento en dos repeticiones; luego se le agregó agua destilada de manera tal que no se formara una película de agua alrededor de la semilla; para finalizar el material sembrado fue colocado en una cámara de germinación bajo condiciones estándares realizando un sólo conteo a los 8 días, según el ISTA (1985).

2.4.4. Etapa II. Comportamiento de los materiales genéticos en campo.

Cada material biológico sin envejecer se sembró directamente en campo en surcos de 2.10 m de longitud separados 80 cm, estableciendo 50 semillas por surco a 5 cm de distancia entre planta, en dos repeticiones con el objetivo de evaluar las variables siguientes:

2.4.4.1. Emergencia: Se determinó únicamente el número de plántulas emergidas a los cuatro días después de la siembra.

2.4.4.2. Establecimiento de plántulas: Se cuantificó el número de plántulas presentes a los ocho días después de la siembra.

2.5. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza para determinar si existían diferencias estadísticas significativas entre tratamientos y en los casos afirmativos se procedió a hacer una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey.

Igualmente se estableció la correlación existente entre los resultados de emergencia obtenidos en los contenedores de arena de cada tratamiento (distintos tiempos de envejecimiento) con los obtenidos en la prueba de germinación estándar y la prueba de campo.

III.- Resultados

3.1. Determinación del tiempo adecuado para el tratamiento de envejecimiento acelerado

3.1.1. Análisis general de varianza

En el Cuadro 2 se presentan los cuadrados medios, la significancia estadística y los coeficientes de variación de las variables Emergencia (EMER), Velocidad de Emergencia (VE), Materia seca de plántula (MSP) y Materia seca de raíz (MSR).

Cuadro 2. Cuadrados medios, Significancia estadística y coeficiente de variación para las variables Emergencia, Velocidad de emergencia y Materia seca de raíz y plántulas.

Fuentes de variación	VARIABLES			
	EMER	VE	MSP	MSR
Tratamientos	62.7**	3.2**	1491.0*	483.1 ns
Genotipos	1278.5**	3.39**	6067.8**	1325.1**
Tratamientos * Genotipos	22.4 ns	0.56 ns	907.6*	550.8**
Error	13.7	0.60	504.6	228.4
CV (%)	20.9	26.5	17.7	20.5

EMER: Número de plantas emergidas; VE: Velocidad de emergencia; MSP: Materia seca de plántulas; MSR: Materia seca de raíz; **: Significancia al 1% de probabilidad; ns: no significativo.

Del cuadro anterior se pueden apreciar diferencias estadísticas significativas para tratamiento (diferentes tiempos de envejecimiento) y para genotipos en las cuatro variables estudiadas, excepto para materia seca de raíz (MSR) en el primer caso. Así mismo, se puede observar que la interacción Tratamiento-Genotipo resultó estadísticamente significativa

únicamente para materia seca de plántula (MSP) y materia seca de raíz (MSR), no así para emergencia (EMER) y velocidad de emergencia (VE): con relación a los valores del coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas éstos fueron relativamente altos fluctuando entre 17,7 y 26,5%

3.2. Prueba comparativa de medias

3.2.1. Número de plántulas emergidas

El número de plántulas emergidas, que puede ser expresado en porcentaje, es un indicador de la calidad fisiológica de las semillas y está considerado en las pruebas de vigor. El comportamiento de esta variable se puede observar en el cuadro siguiente:

Cuadro 3. Comportamiento de los distintos genotipos dentro y entre tratamientos en cuanto al número de plántulas emergidas y variación de la germinación inicial.

GENOTIPOS	TESTIGO	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO (tratamientos)				
		2D	3D	4D	5D	6D
Chimbolo	25 (100)	a24.7 a (-1.2)	ab 19a (-24)	a23.2a (-7.2)	a20.5a (-18)	a20.5a (-18)
DOR-364	10.5 (42)	b 8.2 a (-22)	bc10.2a (-2.8)	b 8.5 a (-19)	b 5.5 a (-48)	b 3.7a (-65)
Chile	25 (100)	a24.5a (-2)	a24.5a (-2)	a24.5a (-2)	a24.5a (-2)	a24.5a (-2)
Barreño	24 (96)	a24.7a (+2.8)	a24.0ab (0)	a24.2a (+0.8)	a21.5bc (-10.4)	a20.7c (-14)
Chile Ren.	25 (100)	a20.0a (-20)	a24.5a (-2)	a23.0a (-8)	a22.7a (-9.2)	a20.2a (-19.2)
REV-84	18.5 (74)	ab15.7a (-15.1)	c6.2ab (-66)	b 6.5b (-65)	b 7.5ab (-59)	b 2.2b (-88.1)

Al no ser significativa la interacción Tratamiento-Genotipo en teoría se esperaría que cada genotipo mostrara un comportamiento similar en cada tiempo de envejecimiento (tratamiento), lo que se demuestra en los resultados obtenidos. Por ejemplo: las variedades mejoradas modernas DOR-364 y REV-84 fueron las que mostraron los resultados más bajos en cuanto a número de plántulas emergidas, independientemente de la prolongación del tiempo de envejecimiento a que fueron expuestas; por el contrario, las variedades locales "Chimbo", "Barreño", "Chile Renegrado" y "Chile" mostraron un comportamiento mejor, aunque estadísticamente similar dentro de tratamientos. De manera más específica y con excepción del tratamiento de 2 días de envejecimiento acelerado, la variedad local de Frijol "Chile" fue la que mostró los mejores resultados en cada tiempo de envejecimiento y se mantuvo prácticamente sin variación al ser expuesta a distintos periodos de envejecimiento, ya que su porcentaje de emergencia únicamente se redujo en un 2% después de 6 días de envejecimiento. Con relación a las variedades mejoradas modernas la que se vió más afectada después del periodo de exposición a condiciones de envejecimiento anteriormente indicado fue REV-84, cuya reducción del porcentaje de emergencia fue de 88% seguida de DOR-364 para una disminución de 65%. Por otro lado, la variedad local "Chile Renegrado" mostró dos aspectos muy interesantes: por un lado, a medida que se incrementaba el tiempo de envejecimiento de dos a cinco días, se observó un aumento no significativo en el número de plantas emergidas para posteriormente disminuir a los seis días; por otro lado, se puede decir que este material genético no mostró la tendencia numérica que se apreció en el resto de materiales a disminuir el número de plántulas emergidas a medida que avanzaba el periodo de exposición de las semillas y merece también una observación especial al igual que la variedad local "Chile", ya que en términos prácticos se puede decir que no se vió alterado por tiempo de exposición a las condiciones de envejecimiento.

Al considerar los promedios de la variable número de plantas emergidas (Cuadro 3) dentro de tratamiento para todos los genotipos el tiempo de envejecimiento que más logro reducir el número inicial de plántulas emergidas fue el de seis días en un 28.2%. Por otro lado, al separar los materiales genéticos según su procedencia en dos grandes grupos: Variedades locales y Variedades mejoradas modernas, para las primeras ese mismo tiempo de exposición (6 días) redujo la emergencia en un 14% y para las segundas en un 80% en promedio.

De manera similar a la situación expuesta anteriormente, las variedades locales mostraron un mejor comportamiento al hacer las comparaciones entre tratamientos con relación a las variedades mejoradas modernas y si bien no hubo interacción genotipo-ambiente se aprecia un comportamiento diferenciado de los materiales "Barreño" y "REV-84" después de más de 3 días de envejecimiento, debido probablemente a factores casuales.

3.2.2. Velocidad de emergencia

Un atributo de calidad de gran importancia en la semilla es el vigor y en este sentido el índice de vigor es una medida de éste que se determina a través de la prueba de velocidad de emergencia. En el cuadro que se describe a continuación se indican los resultados mostrados por distintos genotipos los que fueron expuestos a diferentes períodos de envejecimiento.

Cuadro 4. Velocidad de emergencia de seis variedades expuestas a diferentes periodos de envejecimiento acelerado.

GENOTIPOS	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO (tratamientos)				
	2D	3D	4D	5D	6D
Chimbolo	ab 4.2 a	a 3.17 a	a 3.90 a	a 3.30 a	a 3.09 a
DOR-364	c 1.2 a	a 1.61 a	b 1.26 a	b 0.83 a	b 0.53 a
Chile	ab 4.07 a	a 4.08 a	a 4.62 a	a 3.88 a	a 3.90 a
Barreño	a 4.37 a	a 4.09 a	a 4.04 a	a 3.41 b	a 3.17 b
Chile Ren.	ab 3.34 a	a 4.16 a	a 3.74 a	a 3.65 a	a 2.76 a
REV-84	bc 2.51 a	a 1.75 ab	b 0.89 ab	b 1.15 ab	b 0.92 b

Entre esta variable y la anterior (Número de plantas emergidas: EMER) existe una relación bastante estrecha y el comportamiento de los genotipos fue bastante similar al descrito en el inciso anterior pudiéndose apreciar del cuadro anterior las tendencias siguientes:

1. A medida que se incrementa el tiempo de exposición de las semillas a condiciones de envejecimiento acelerado se observa una disminución del índice de vigor.
2. El índice de vigor fue mayor en las variedades locales en comparación con las variedades mejoradas modernas sobresaliendo el genotipo "Chile" cuando las condiciones de envejecimiento acelerado fueron más extremas (después de cuatro días de exposición).

3.2.3. Materia seca de plántula y raíz

En el Cuadro 2 (Análisis general de varianza) se observó una interacción tratamiento-genotipo significativa y altamente significativa para materia seca de plántula y raíz, respectivamente; lo que en cierta medida explica los resultados que se pueden apreciar en los cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Materia seca de raíz (en miligramos) de distintos genotipos sometidos a diversos periodos de envejecimiento acelerado.

GENOTIPOS	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO (tratamientos)				
	2D	3D	4D	5D	6D
Chimholo	a 76.5 ab	a 53.3 ab	a 86 a	a 97.0 a	a 83.0 ab
DOR-364	a 64.5 a	a 67.0 a	b 54.6 ab	a 63.5 a	bc 33.0 a
Chile	a 77.5 a	a 72.0 a	ab 68.0 a	a 96.5 a	ab 61.5 a
Barreño	a 86.0 a	a 76.0 a	ab 80.0 a	a 79.0 a	a 75.5 a
Chile Ren.	a 79.3 a	a 76.0 a	a 83.5 a	a 62.0 a	a 77.5 a
REV-84	a 71.0 a	a 70.0 a	ab 76.0 a	a 66.0 a	c 29.0 b

2d: Dos días de envejecimiento; 3d: Tres días de envejecimiento y así sucesivamente; Chile Ren: Chile renegrido; Rev.: Revolución.
 Letras antes y después del valor corresponden a columnas e hileras, respectivamente.

Cuadro 6. Materia seca de plántula (en miligramos) de seis materiales genéticos sometidos a diferentes periodos de envejecimiento acelerado.

GENOTIPOS	TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO (tratamientos)				
	2D	3D	4D	5D	6D
Chimholo	a 126.5 a	a 124 a	a 147.5 a	a 145.5 a	a 130.5 a
DOR-364	b 71.0 bc	a 127 a	b 100.7 ab	a 93.5 ab	b 41.0 c
Chile	a 129.0 a	a 125.3 a	a 123.5 a	a 143.5 a	a 119.0 a
Barreño	a 137.5 a	a 137.5 a	a 153.0 a	a 112.5 a	a 146.5 a
Chile Ren.	a 134.7 a	a 139.0 a	ab 138.5 a	a 145.5 a	a 146.5 a
REV-84	a 125.5 a	a 134.0 a	ab 143.3 a	a 96.0 a	a 82.0 a

2d: Dos días de envejecimiento; 3d: Tres días de envejecimiento y así sucesivamente; Chile Ren: Chile renegrido; Rev.: Revolución.
 Letras antes y después del valor corresponden a columnas e hileras, respectivamente.

Los diferentes materiales genéticos estudiados se comportaron de manera similar para ambas variables dentro de tratamientos (tiempo de envejecimiento acelerado) a los dos, tres y cinco días, apreciándose únicamente diferencias estadísticas significativas a los cuatro y seis días; en este último caso los materiales que mostraron una mayor reducción en materia seca fueron DOR-364 y REV-84.

Se debe remarcar una tendencia observada y es que ha medida que aumentaba el tiempo de exposición de los materiales a condiciones de envejecimiento se apreció un incremento en los valores de las variables objeto de estudio, sobre todo a partir del cuarto día de envejecimiento y en las variedades locales principalmente. A pesar de que lo anterior podría considerarse como deseable, no tiene lógica científica y pudo ser debido al efecto de un factor casual.

Al calcular el valor promedio de cada genotipo entre todos los tratamientos para ambas variables, las variedades mejoradas modernas REV-84 y DOR-364 mostraron valores inferiores.

3.2.4. Relación entre la prueba de germinación estándar, prueba de envejecimiento y la emergencia en campo.

Uno de los objetivos del presente trabajo era tratar de determinar la relación existente entre la Prueba de Envejecimiento Acelerado (PEA) y el comportamiento de las semillas de los mismos materiales genéticos sin envejecer en condiciones reales de campo. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Comportamiento de cinco variedades bajo diferentes pruebas de calidad de semillas.

GENOTIPOS	VARIABLES (%)		
	GERM STAND	PEA (*)	EMER CAMPO
Chimbolo	99	93	98
DOR.364	42	34	38
Chile	100	98	96
Barreño	96	97	99
Chile Ren.	100	92	98
REV-84	74	26	81

Según los resultados obtenidos únicamente la variedad local "Chile" mostró un comportamiento esperado, ya que la prueba de envejecimiento acelerado logró una predicción más cercana al resultado obtenido en campo. Sin embargo, en el resto de materiales no se apreció esa tendencia.

Al realizar el análisis de correlación se apreció una relación altamente significativa y un coeficiente de correlación bastante alto (0.98^{**}) entre germinación estándar y emergencia de campo; por otro lado, al correlacionar esta última variable con la prueba de envejecimiento acelerado, el coeficiente de correlación fue menor (0.82^{*}).

IV.- Discusión

4.1. Discusión general

En el presente trabajo y basado en los resultados de diferentes autores se propuso, en un primer instante, evaluar el comportamiento de varios materiales de frijol común de distinta constitución genética después de ser sometidos sus semillas a condiciones de envejecimiento acelerado. Para lograr lo anterior se evaluó la calidad fisiológica utilizando como criterios de calidad el número de plantas emergidas en arena, el número de semillas germinadas después de una prueba estándar, la velocidad de emergencia y el peso seco tanto de la parte aérea como de la raíz de plántulas; los cuales según Hernández (1990) pueden ayudar a cuantificar el deterioro experimentado por las semillas bajo condiciones artificiales o naturales.

En términos generales, los materiales locales mostraron, en lo concerniente a calidad fisiológica, un comportamiento muy similar entre sí y bastante superior al grupo de las variedades mejoradas según las distintas variables descritas anteriormente. Lo descrito pudo ser debido a diferencias genéticas dada la constitución diversa de los mismos y que en cierta medida es respaldado por resultados similares obtenidas por distintos autores como Moreno (1984), quienes en maíz encontraron diferencias intrínsecas entre materiales cuando los distintos genotipos fueron sembrados, cosechados y manejados bajo las condiciones ecológicas y, Hernández (1990), quien encontró una respuesta diferencial de genotipos de frijol común sometidos a tratamientos de envejecimiento acelerado, en las características de germinación y vigor. Por otro lado, es posible que el comportamiento diferenciado entre variedades locales y mejoradas haya sido el resultado de la baja calidad inicial de las últimas determinada mediante la prueba de germinación estándar (ver valores de germinación de los distintos genotipos estudiados en cuadro 3).

Los valores inferiores en cuanto a germinación en las variedades mejoradas modernas evaluadas es el reflejo del estado de deterioro de las mismas y en tales condiciones las semillas resisten menos las condiciones adversas del medio (altas temperaturas y principalmente alta humedad relativa). Dicho deterioro trajo como consecuencia una reducción en el vigor de las semillas y al someterlas al envejecimiento acelerado los resultados de las variables evaluadas (emergencia, velocidad de emergencia, materia seca de planta y de raíz) fueron más drásticos. Algo similar fue reportado por Huber y McDonald (Citados por Pandey, 1989), los que al comparar los materiales genéticos con alto, medio y bajo vigor, mencionan que el envejecimiento acelerado disminuyó la germinación en todos los niveles, siendo mayor su efecto en aquellos materiales con medio y bajo vigor, apareado a una reducción de la longitud de la plántula y la tasa de producción de peso seco.

Para el caso de las variedades mejoradas que presentaban una calidad fisiológica un poco deteriorada, tres días de exposición de las semillas a condiciones de envejecimiento acelerado fue suficiente para lograr una reducción del porcentaje de germinación en más de un 48%. Sin embargo, para las variedades locales incluso después de seis días de envejecimiento no fue posible lograr una reducción del porcentaje de germinación inicial hasta los niveles preestablecidos en este trabajo (40-50%), ya que únicamente se logró una reducción de la germinación hasta un 24% (Variedad "Chimbolo"). No obstante, el tiempo de exposición a las condiciones de envejecimiento fue suficiente para permitir una diferenciación en el comportamiento de los materiales genéticos, lo que facilitó el poder discernir acerca de la resistencia diferenciada de los mismos a las condiciones de estrés a que fueron sometidos, que en última instancia es lo que se persiguió: comprobar si la prueba de envejecimiento acelerado puede ser utilizada para facilitar la discriminación de materiales de acuerdo a su constitución genética.

Al analizar el comportamiento de los dos grupos de materiales genéticos evaluados (variedades locales y variedades mejoradas modernas) la discriminación fue mucho más sencilla por lo visible de las diferencias en el comportamiento a que condujo la prueba de envejecimiento acelerado. Si bien se comentó en párrafos anteriores la marcada diferencia inicial entre los dos grupos de materiales genéticos con relación a su calidad fisiológica y que de hecho pudo ocasionar que las variedades mejoradas modernas mostraran un peor comportamiento, obviando lo anterior, se puede suponer que la constitución genética de los materiales jugó un papel fundamental en el comportamiento tan diferenciado de los mismos.

Se hace necesario continuar trabajando en esta línea procurando uniformizar ciertos factores no controlados en este trabajo (calidad fisiológica inicial diferenciado entre materiales, etc.), a fin de evaluar únicamente el componente genético y comprobar efectivamente si la amplia diversidad genética presente en las variedades locales en contra de la alta uniformidad genética que presentan las variedades mejoradas modernas, es la responsable de las diferencias observadas entre grupos de materiales expuestos a la prueba de envejecimiento acelerado.

De las variables estudiadas, el número de plántas emergidas y la velocidad de emergencia permitieron cuantificar más claramente el deterioro de las semillas, no así las variables materia seca de plántulas y de raíz, ya que los resultados obtenidos no mostraron una tendencia clara dentro y entre los genotipos objeto de estudio, debido posiblemente a factores causales; con anterioridad (Molina, 1986) expresó lo inconsistente de esta prueba por las variaciones que él observó y por el trabajo que requiere; no obstante, otros autores (Kufte y Burris, Everson y Burris: citados por Steiner et al., 1989) hablan de la potencialidad y resultados positivos obtenidos para usarse como prueba de vigor de las plántulas. En vista de las

contradicciones existentes y los resultados obtenidos en esta investigación se requiere seguir trabajando en esta línea.

La predicción de la emergencia en campo es uno de los objetivos principales de las pruebas de calidad de semillas (Ellis y Roberts, 1981); en este sentido se evaluó la correlación existente entre la prueba de germinación estándar y la de envejecimiento acelerado con los resultados de emergencia en campo. Se partió del supuesto de la alta coincidencia entre los resultados de la prueba de envejecimiento acelerado y los obtenidos en campo; no obstante, los resultados fueron totalmente diferentes (cuadro 7). Es el caso específico de este trabajo la prueba de germinación estándar predijo con mayor aproximación la emergencia en campo al sembrar semillas en condiciones normales (no envejecida). Lo anterior pudo ser debido a las condiciones óptimas del suelo (humedad, profundidad de siembra, preparación del mismo) donde se realizó el estudio; afirmación también señalada por Molina (1986). Sin embargo, lo más común es que no exista correlación como lo señalan Caplan y Gerber (citados por Pinthus et al., 1979), por ello, este parámetro no se puede utilizar como único criterio de calidad.

Si bien la germinación estándar fue la que mostró un mayor coeficiente de correlación con la emergencia de campo, no puede descartarse el resultado obtenido con la prueba de envejecimiento acelerado, ya que el coeficiente de correlación, aún inferior, resultó también bastante alto (0.82*).

Aunque el propósito del presente estudio no era evaluar la almacenabilidad de los materiales estudiados, puede inferirse que aquellos genotipos que mostraron resultados satisfactorios después de la prueba de envejecimiento acelerado (por ejemplo la variedad local "Chile"), representan la ventaja de tener una mayor longevidad, ya que esta prueba además de evaluar vigor, estima también la capacidad de almacenamiento de las mismas.

V.- Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones que prevalecieron en el presente trabajo, se generaron las conclusiones siguientes:

A) Generales

La prueba de envejecimiento acelerado permitió hacer una diferenciación entre los materiales estudiados de acuerdo a su constitución genética, lo que se pudo comprobar al obtener respuestas diferenciadas de los mismos a iguales tiempo de exposición bajo condiciones de envejecimiento acelerado; por otro lado, dicha prueba aunque en menor aproximación que la germinación estándar, en el caso particular de esta investigación, puede predecir con una aproximación aceptada la emergencia en campo.

Para todas las variables evaluadas, después de la exposición de las semillas a condiciones de envejecimiento acelerado las variedades locales mostraron un comportamiento superior con relación a las variedades mejoradas modernas.

B) Específicas

Entre los materiales genéticos estudiados, la variedad local "Chile" fue la que mostró mejores resultados (más resistente) después de ser expuesta a la prueba de envejecimiento acelerado en cuanto al número de plantas emergidas y velocidad de emergencia.

La prueba de germinación estándar en comparación con la prueba de envejecimiento acelerado mostró un mayor coeficiente de correlación (0.98**) al relacionarla con la emergencia de campo.

El comportamiento inferior de las variedades mejoradas se debió en parte a su baja calidad fisiológica inicial determinada por la prueba de germinación estándar.

La reducción de la germinación inicial de las variedades locales y las mejoradas modernas después de ser sometidas a la prueba de envejecimiento acelerado fue hasta un 24% y mayor de 48%, respectivamente.

Las variables materia seca de plántulas y raíz no permitieron una valoración objetiva de la calidad de las semillas por las variaciones observadas.

VI.- Recomendaciones

La prueba de envejecimiento acelerado puede ser utilizada como una herramienta para discriminar materiales genéticos en cuanto a la calidad de semillas de distinta constitución genética; no obstante, al momento de efectuar la prueba se debería tratar de uniformizar ciertos aspectos propios de las semillas como son: calidad fisiológica inicial, contenido de humedad, estado sanitario, daños mecánicos, condiciones previas de almacenamiento, color de testa, rubosidad, etc. para poder determinar con mejor base de relación entre el componente genético y la calidad de las semillas evaluadas a través del vigor de las mismas.

VII.- Literatura Revisada

- Carballo, C.A., 1990. La enseñanza de la producción de semillas en el colegio de Post-graduados Ing. Molina M.J; J.A. Estrada, M.M. Livera y V.A. González eds. Análisis de la enseñanza, producción e investigación de semillas en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. A.C. (SOMFIT) Chapingo, México.
- Copeland, J.E. 1976. Principles of seed science and technology. Edit. Burgess publishing Co., Mineapolis, Min. USA.
- Ellis, R. H. and R. H. Roberts, 1980. Hacia una base racional para evaluar la calidad de la semilla. In:Hebblethwaite (coord.) Producción moderna de semillas. Trad. al español por Federico Stanham. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp 117 - 753.
- Hebblethwaite, P.D. 1980. Producción moderna de semillas. Tomo II. Editorial Agropecuaria. Hemisferio Sur. S.R.L. Pág. 693 - 675, 717- 753.
- Hernández L., A. E., 1990. Variación genética para longevidad de semilla en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. Chapingo, México. Pág. 24 - 29.
- ISTA, 1985. International Seed Testing Association. Zurich (Suiza).
- Kohashi, J. 1990. Aspectos de la morfología y fisiología del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con el rendimiento. Colegio de postgraduados, Centro de Botánica. Montecillo, México. 144 pág.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop sci. 2: 176 - 177.

- Mathews, S., 1980. Deterioro controlado: Una nueva prueba de vigor para semilla de cultivos. In: Hebblethwaite (coord.) Producción moderna de semillas. Trad. al español por Federico Stanham. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. pp. 765 - 780.
- Molina, M.J. 1986. Avaliação de testes de vigor em sementes de milho e suas relações com a emergência a campo. Tesis M.C. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-Rio Grande do Sul, Brazil. pp 1-57.
- Ospina, H., 1984. Morfología de la planta de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 50 pág.
- Pandey, D.K. 1989. Short duration accelerated aging of french bean seeds in hot water. *Seed Sci. & Technology*, 17(1): 107 - 114.
- Roberts, E.H. 1972. Viability of seeds. Edit Chapman and Hall Ltda. Wallop, USA.
- Schwartz, F. y G. Gálvez, 1980. Problemas de producción de semillas de frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 424 pág.
- Steiner, J.J. D.F., Grabe and M. Tulo, 1989. Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence of wheat. *Crop Sci*, 29: 782 - 786.
- Tapia, H. y A. Camacho, 1988. Manejo integrado de la producción de frijol basado en la labranza cero. GTZ. Managua, Nicaragua. 417 pág.

Villaseñor, M.. H.E.: 1984. Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis en maestría en Ciencias. Colegio de postgraduados. Chapingo, México.