

RESPUESTA DE CULTIVARES DE FRIJOL MUNGO (*VIGNA RADIATA* (L.) R. WILCZECK Y ESPECIES AFINES A DIFERENTES CONDICIONES DE GERMINACIÓN.

Tomás Shagarodsky Scull¹, Odalys Llorente Osorio¹, Caridad Marrero Granado¹, María Figueroa Montalbo¹, Juan C. Alfonso Borrego² y Ángel Rodríguez Carcasses².

RESUMEN

Se evaluó la colección de cultivares de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) y especies afines del género *Vigna* como: el frijol mambí (*Vigna umbellata*); frijol urd (*Vigna mungo*) y el caupí o frijol carita (*Vigna unguiculata*(L.) Walp.), con vistas a observar su potencial en la producción de germinados. El trabajo fue realizado en condiciones de laboratorio observando la respuesta a la germinación de 15 cultivares de frijol mungo (*Vigna radiata*) y tres cultivares de especies afines del género *Vigna* en dos condiciones de temperatura (23° C y 26° C). Se valoró como se manifestaron las diferentes fases de desarrollo de la germinación en el conjunto de los cultivares evaluados a las 15, 22, 30, 38, 46, 63 y 70 horas de montado el ensayo. El estudio contempló la evaluación de diferentes fases del desarrollo del proceso de germinación como son la imbibición, la emisión de la radícula, el engrosamiento de la radícula y la emergencia de la plúmula. Los cultivares de mayor rapidez en la emisión de la radícula fueron M-46, A1, M-136 y el testigo comercial VC 9302. También se pudo constatar que la especie *Vigna radiata* mostró una mejor aptitud para el germinado con índices medios superiores al 94 % de germinación. Además, indicadores como el número de granos embebidos luego de un período de tres días fue un proceso más rápido en el frijol mungo. Un alto índice de semillas enfermas se determinó en una accesión de *Vigna unguiculata* la cual mostró un índice de infección de 29.17 % y 34 % en las temperaturas de 23° C y 26° C respectivamente.

Palabras clave: Frijol mungo, germinación, *Vigna radiata* y *Vigna* spp.

The mungbean cultivars (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek and relates species request to different conditions of germination.**ABSTRACT**

It was evaluated one collection of mungbean cultivars (*Vigna radiate* (L.) R. Wilczek) and related species of the genus *Vigna* like: rice bean (*Vigna umbellata*); urd bean (*Vigna mungo*) and cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) in order to observe their potential in the sprouts germination. The work was realized in laboratory conditions and was observed the request of germination of 15 cultivars of mungbean and three cultivars of *Vigna* related in two conditions of temperature (23° C y 26° C). Especially its value how it showed the different phases of the develop of germination in all cultivars evaluated at 15, 22, 30, 38, 46, 63 y 70 hours of mounted the experiment. The study including the evaluation of the imbibition, the emission of the radicle, the radicle widen and the emergency of air part. The cultivar with higher speedy were M-46, A1, M-136 and the commercial testing VC 9302. In addition, it was possible to verify that the specie *Vigna radiate* has the better ability for the germination with index higher at 94 %. Moreover,

¹MSc. Tomás Shagarodsky Scull, Investigador Auxiliar del Departamento de Recursos Fitogenéticos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 188 #38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas. Boyeros. La Habana. Cuba. E-mail: genetica3@inifat.co.cu, ²UCTB 'N.I. Vavilov' de Güira de Melena, provincia Artemisa, Cuba.

indicators like: the number of imbibed grains after three days was a more rapid processing in mungbean respect an evaluated. A high indices of diseases seed was determined in one accession of *Vigna unguiculata* it was show infection index of 29.17% and 34 % in the temperature off 23 °C and 26 °C respectively.

Key words: mung bean, *Vigna radiata*, *Vigna* spp.

INTRODUCCIÓN

El frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek es una especie que puede ser valorada como especie de grano y también como especie hortícola cuando se realiza el germinado de sus granos. Esta última forma de aprovechamiento es una de los usos principales de esta especie en Cuba.

El frijol mungo es una leguminosa de grano que su semilla se utiliza en una gran variedad de platos como son: sopas, gachas, bocadillos, panes y helados. La harina del frijol mungo se utiliza ampliamente para la elaboración de tallarines. La proteína de esta especie se utiliza para fortalecer la harina de cereales. Los brotes germinados de frijol mungo son el más popular vegetal fresco en la cocina oriental. Toda la planta y sus residuos son utilizados en la alimentación animal proponiéndose su uso como alimento para rumiantes, cerdos, pollos, conejos, peces y crustáceos). El frijol mungo a veces se cultiva específicamente para heno, abono verde o cultivo de cobertura (van Oers, 1992; Heuzé *et al.*, 2013).

En muchas partes del mundo desarrollado, el frijol mungo se utiliza como brote germinado para consumirlo como ensaladas o cocido. La superficie para la producción de frijol mungo en el mundo desarrollado se incrementa día a día. Actualmente en EE.UU se siembran unas 50,000 ha y en Australia cerca de 40,000 ha (Weinberger, 2003). Varios autores sugieren una ampliación de las investigaciones en cuanto a calidad del germinado y la cantidad de proteína disponible en el grano. La investigación en esta especie se inició en EE.UU a principios de 1990 y posteriormente mayor cantidad de

trabajos de marcadores moleculares y de campo se han iniciado en países como Canadá, India, Tailandia, Australia, Japón, Taiwán etc. En países como Canadá, ha sido de constante interés el frijol mungo como un cultivo de legumbre. (Singh *et al.*, 2014).

La germinación posiblemente sea uno de los procesos más antiguos, económicos y sencillos empleados para mejorar el valor nutricional de granos de cereales y de leguminosas. Desde este punto de vista, la germinación de éstas y otras semillas presenta una considerable importancia y pueden llegar a ser una fuente potencial de ingredientes alimenticios más ricos en nutrientes (ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/cropFindForm (2009). Se suele incrementar el contenido de vitaminas del grupo B y sobre todo la vitamina C, mejorando la digestibilidad proteica, reduciendo factores antinutricionales en las leguminosas, tales como inhibidores de proteasas, ácido fítico y lectinas, provocando una hidrólisis de oligosacáridos (rafinosa y estaquiosa), siendo estos azúcares causantes de provocar flatulencia al consumirlos. Los germinados son muy sencillos de preparar y se pueden elaborar de forma doméstica o industrial (Ponce de León *et al.*, 2013).

Estudios previos realizados en países de la región Tropical y en Cuba han permitido conocer el alto potencial productivo de esta especie como grano y la experiencia en el ámbito de la producción ha permitido obtener buenos resultados en la producción de brotes tiernos (Infante *et al.*, 2003, Davila, *et al.*, 2003, Olmedilla *et al.*, 2010). Sin embargo, se desconoce cuáles cultivares de frijol mungo

tiene mejor respuesta a los indicadores de desempeño de la plántula durante el proceso de germinación. Es por ello, que una evaluación de los mismo permitirá conocer los cultivares con mejores respuestas productivas durante la fase de germinación.

El INIFAT cuenta hoy con una amplia colección de cultivares de frijol mungo los cuales no han sido valorados por el desarrollo de brotes tiernos. Con vista a realizar un examen de la respuesta de cultivares de frijol mungo y especies afines del género *Vigna* se realizó un trabajo para determinar el desarrollo de estos cultivares durante la fase de germinación en dos condiciones de temperatura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Conservación de Recursos Fitogenéticos del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT) en el año 2014.

Material Vegetal

Se evaluaron 20 cultivares de frijol mungo (*Vigna radiata*) y especies afines del género *Vigna* como *Vigna umbellata* y *Vigna unguiculata* subsp. *unguiculata* cv-gr. *Biflora*, las cuales han sido propuesta por otros autores como especies valiosas para utilizar como grano germinado. Las semillas fueron obtenidos en la UCTB 'N.I. Vavilov' de Güira de Melena, provincia Artemisa durante la etapa agosto-noviembre del año 2013. El listado de cultivares se muestra en la Tabla 1.

Se seleccionaron 50 semillas de cada cultivar, las cuales fueran colocadas en condiciones de germinación bajo temperaturas diferenciadas en el interior del laboratorio con aire acondicionado continuo y afuera a temperatura ambiente, se tuvieron en cuenta las condiciones de germinación propuestas por Rao *et al.* (2007).

Las semillas fueron humedecidas con agua destilada, manteniendo las condiciones de humedad durante todo el estudio. La valoración de la emergencia de la semilla y la germinación se realizó en dos momentos cada siete horas dentro un mismo día y 15 horas entre días sucesivos. Las condiciones de temperatura por día se reflejan en la Tabla 2.

Las evaluaciones se realizaron acorde a la fase de desarrollo de la plántula (Tabla 3). A partir de las primeras 15 horas de montado el experimento se determinaron las variables: número de granos embebidos, no embebidos y con radícula emergida. En una segunda fase número de brotes con radícula engrosada y de plántulas con hojas primarias emergidas. En la fase de plántula completamente desarrollada se midió la longitud de la raíz, la longitud de la plántula y su grosor. Todos estas variables tomadas en cada réplica de cada cultivar. De manera adicional se tomó el número de granos dañados por hongos.

Se calculó para cada cultivar el porcentaje de semillas o plántulas que arribaron a las fases evaluadas. Y se estimaron las diferencias entre cultivares. Los datos fueron representados de manera gráfica. Se realizaron las evaluaciones estadísticas atendiendo a un diseño completamente aleatorizado con dos réplicas y estimando la influencia del factor temperatura. Se realizó el análisis de varianza por variable evaluada y se realizó la comparación de las medias una vez que se determinó la presencia de diferencias significativas entre tratamiento con el empleo de la Prueba de rango múltiple de Duncan a un nivel de significación de $p \leq 0.05$.

Se realizó la determinación de las diferentes variables que realizaban un mayor aporte a la diferenciación varietal empleando la prueba de la homogeneidad de varianza y significación mediante la prueba de T de Student al comparar la respuesta a la temperatura.

Tabla 1. Relación de especies y cultivares evaluados y su origen.

No	Especie y cultivar	Color de la testa
	<i>Vigna radiata</i>	
1	A1	Verde
2	IAC-310-914	Verde
3	M 46	Verde
4	M-116	Verde
5	M-117	Verde
6	M-121	Verde
7	M-135	Verde
8	M-136	Verde
9	M-40	Verde
10	M-76	Verde
11	M-9	Verde
12	MU-1973	Verde
13	PHA 8135/80	Verde
14	VC-9301	Verde
15	VC-9302 (Testigo Comercial)	Verde
16	VC-9303	Verde
17	M 95 sp	Verde
	<i>Vigna mungo</i>	
18	PHA 8127/79	Pardo
	<i>Vigna umbellata</i>	
19	PHA 8132/79	Rojo
	<i>Vigna unguiculata</i> subsp. <i>unguiculata</i> cv-gr. Biflora	
20	P-902	Blanco

Tabla 2. Condiciones de temperatura diaria registradas durante el experimento.

Día de evaluación	Hora	Temperatura del interior del laboratorio (° C)	Temperatura del exterior del laboratorio (° C)
1	7:45	23.0	26
	15:40	24.9	28.5
2	7:45	22.0	25
	15:40	25.0	27.5
3	8:20	23.0	26.5
	15:40	25.0	27.0
4	8:45	23.0	26.0
	15:40	25.0	
5	8:45	23.5	26.0
	15:40	24.0	28.5
7	8:00	23.5	26.5

Tabla 3. Variables evaluadas en la semilla y las plántulas y su número de muestras por réplica.

Variables	No de muestras x réplica
Fase I Primeras 15 horas	
Número de granos con radícula emergida	2
Número de granos embebidos	2
Número de granos no embebidos.	2
Fase II	
Número de granos no embebidos.	2
Número de plántulas con radícula	2
Número de plántulas con radícula engrosada	2
Número de plántulas con hojas primarias emergidas	2
Longitud de la raíz	5
Longitud de la plántula	5
Grosor de la plántula	5

Con el objetivo de modelar la evolución de la emisión de la radícula en función del tiempo se tomaron los datos corresponden al porcentaje de emergencia de la radícula acumulados entre las 15 y 73 horas posterior a la siembra de semillas de frijol mungo sometidas a dos temperaturas y se estimó empleando la función Gompertz: $b_1 * \exp(-b_2 * \exp(-b_3 * x))$.

Los resultados se mostraron de manera gráfica, así como la función que explica este resultado. El análisis general de los datos fue realizado con la versión del 2011 del paquete de programas Infostat , 2011 (Di Rienzo *et al.*, 2011).

El porcentaje de germinación (PG): Se determinó mediante la prueba de germinación para semillas siguiendo los criterios de la Asociación internacional de ensayadores de semilla (ISTA, 2013): porcentaje de plántulas normales (PN), respecto al número de semillas sembradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De manera general se apreció el desarrollo de las diferentes fases para la germinación y emergencia de los granos. Se observó una primera fase de imbibición posterior al montaje de los granos. Una segunda fase se definió por la emisión de la radícula, la cual en una etapa posterior se diferencia por el engrosamiento de esta misma estructura, aparejado se alarga el hipocotilo y se produce la emisión de hojas primarias. Esta última etapa permitió determinar el porcentaje de germinación teniendo en cuenta los criterios de ISTA (2013) donde se propone el segundo conteo de plántula normal a los siete días. Las condiciones entre los tratamientos dentro del laboratorio y fuera de este permitieron una diferencia media de la temperatura de 2.94 °C y la emergencia y germinación fue favorecida por la condición de más alta temperatura.

Granos embebidos

La primera fase que se detecta en el ensayo de germinación es el ensanchamiento de los granos por imbibición producto de la entrada del agua. No obstante, durante las primeras horas se observa una resistencia de la testa de las semillas a la entrada de agua y ello se evidencia

a través del porcentaje de granos no embebidos los cuales no manifiestan ensanchamiento a pesar de estar bajo condiciones adecuadas de humedad. En la expresión de este carácter hay un componente genotípico que hace que la testa de la semilla haga resistencia a la entrada de agua, y en algunos cultivares provoque un retraso en el desarrollo de la fase de imbibición.

En la Tabla 4 se observa la influencia de la temperatura en la presencia de granos no embebidos siendo mayor su manifestación a temperaturas más bajas (23 °C) y en las primeras horas del ensayo entre las 15 y 22 horas. Luego el porcentaje en la generalidad de la colección estudiada muestra una tendencia a decrecer desde las 30 horas hasta las 70 horas aunque sin grandes diferencias entre ambas temperaturas estudiadas.

Al valorar la media del porcentaje de granos no embebidos a las 15 horas de iniciado el ensayo en el tratamiento de 23° C fue cercano al 35 %; sin embargo, en la temperatura media de 26 °C el porcentaje medio de granos no embebidos fue menor de 25 %.

Tomando como criterio este último valor, se pudo apreciar a las 15 horas de iniciado el ensayo (Tabla 4) que los genotipos que manifestaron un mayor número de granos no embebido independientemente de la temperatura fueron: A-1, A-10, IAC-310-914, M-95 sp, PHA8135/80, VC 9302, VC 9301, de *Vigna radiata*; PHA8127/79 de *Vigna mungo* y PHA8132/79 de *V. umbellata*. Además los cultivares VC 9302, M-135 y M-116 presentaron más de un 25 % de granos no embebidos a la temperatura más baja evaluada en el periodo de 15 horas.

Tabla 4. Valores medios del porcentaje de granos no embebidos a diferentes horas de montado el experimento.

	Porcentaje de granos no embebidos a diferentes horas						
Temperaturas	15 h	22 h	30 h	38 h	46 h	63 h	70 h
23+- 1°C	34,83	21,43	10,08	9,52	7,99	6,99	6,30
Cultivares con alto porcentaje de granos no embebidos más de 25%. Baja temperatura	A-1, A10, IAC 310-914, M-95sp, PHA8127/79, PHA8132/79, PHA8135/80, VC 9302, VC 9301, M135, M116	A10, PHA8135/80, PHA8132/79, PHA8127/79, M95 sp, VC 9301	PHA8132/79 Más de 15%: VC 9301, PHA8135/80, M135, M 135	---	---	---	---
26+- 1°C	23,47	15,46	9,64	9,64	8,26	4,87	4,98
Cultivares con alto porcentaje de granos no embebidos más de 25% Alta temperatura	A-1, A10, IAC 310-914, M-95 sp, MU-1973, PHA8127/79, PHA8132/79, PHA8135/80, VC 9301	A 1, PHA8132/79, PHA8135/80, Más de 20%: VC 9301, A 10, M135, IAC 310-914	---	---	---	---	---

A las 22 horas un número menor de cultivares permanecen con altos porcentajes de granos no embebidos. Se evidencia como la especie *V. umbellata* retrasa la fase de imbibición más allá de las 30 horas y en algunos cultivares de *V. radiata* persisten no embebidos en más de 15 % de sus granos hasta las 30 horas. Posterior a este período se observa el proceso de emergencia de la radícula.

Emergencia de la radícula

Un análisis de la progresión de la emergencia de la radícula en el conjunto de las accesiones evaluadas se muestra en la Tabla 5. Se puede observar una influencia de la temperatura sobre la anticipación de la emergencia de la radícula. A la temperatura más alta ensayada ($26 \pm 1^\circ \text{C}$) y a las 15 horas de montado el ensayo, ya se observaba en el cultivar 'M-46' radículas emergidas en más de un 50 % de las semillas

montadas. Se aprecia en la tabla que se logró un mayor porcentaje de emergencia de la radícula posterior a las 30 horas de montado el ensayo y solo se obtuvo un comportamiento homogéneo para ambas condiciones de temperatura después de aproximadamente tres días (63 horas) de montado el experimento (Figuras 1 y 2).

Resulta significativo como la temperatura puede causar un retraso o adelanto en la emergencia y como hay diferencias entre cultivares en la velocidad de germinación (Tabla 5). Estos resultados son interesante si tenemos en cuenta que a la hora de colocar los cultivares de frijol mungo en condiciones de germinación para la producción de brotes existe un componente genotípico que puede contribuir a obtener mejores respuestas para su comercialización en condiciones específicas de temperatura.

Tabla 5. Progresión del porcentaje de emergencia de la radícula en el conjunto de cultivares evaluados bajo dos condiciones de temperatura.

Temperaturas (°C)	Momentos de emergencia de la radícula en el 50 % o más de las semillas					
	15 h	22 h	30 h	38 h	46 h	63 h
$23 \pm 1^\circ \text{C}$	0.0 %	31.82 %	81.82 %	90.91 %	90.91 %	100 %
$26 \pm 1^\circ \text{C}$	13.64 %	68.18 %	95.45 %	100%	100 %	100 %
Accesiones emergidas	M-46	M-46, A1, M-136, VC 9302	Todas excepto P-902 y M-40	Todas excepto P-902	Todas excepto P-902	

Radícula engrosada

Uno de las manifestaciones luego de emergida la radícula es su engrosamiento lo cual se puso de manifiesto luego de las 30 h de iniciados los ensayos y solo alcanzó este estado en más del 50 % de la raíces emergidas a las 63 horas. El desarrollo de esta subfase fue mayor en condiciones de mayor temperatura tanto a las 63 h como a las 70 h de iniciado el ensayo (Tabla 6).

Posterior a este período la observación de la radícula engrosada no resultaba tan clara en cada uno de los cultivares evaluados.

Atributos de la plántula

Los indicadores de desarrollo medio de las plántulas se observan en la Tabla 7 y ponen de manifiesto la influencia de la temperatura, favoreciendo de manera general a la temperatura de 26°C respecto a la de 23°C .

Tabla 6. Manifestación del engrosamiento medio de la radícula a las 63 y 70 horas de montado el ensayo.

Temperaturas (° C)	Momentos de engrosamiento de la radícula en el 50 % o más de las semillas	
	63 h	70 h
23 ± 1° C	9.52 %	73.80 %
26 ± 1° C	80.95 %	95.23 %

Tabla 7. Indicadores generales del desarrollo medio de las plántulas bajo la influencia de dos temperaturas de germinación.

Temperaturas	Longitud del brote (cm)	Longitud de la raíz (cm)	Grosor del brote (mm)	Peso fresco del brote (g)	Germinación %	Semillas enfermas %	Velocidad del brote cm/día
23 ± 1° C							
Media	3.42	4.271	1.94	0.25	92.19	2.15	0.49
DE	1.60	1.70	0.28	0.04	10.20	6.39	0.22
CV %	46.81	39.91	14.36	15.73	11.06	--	45.63
Max	7.02	8.54	2.44	0.34	100.00	29.17	1.0
Min.	0.6	1.2	1.40	0.17	66.0	0.0	0.10
26 ± 1° C							
Media	11.22	5.325	1.83	0.33	92.76	3.48	1.64
DE	2.62	1.47	0.31	0.05	8.35	7.59	0.37
CV %	23.34	27.52	16.86	16.84	9.01	--	22.34
Max.	18.7	10.46	2.24	0.48	100.00	34.0	2.67
Min.	6.62	1.9	1.15	0.20	68.0	0.00	0.99

Los principales índices que se favorecieron por la temperatura más alta fueron la longitud del brote, la longitud de la raíz, el peso del brote. Siendo la temperatura menor más favorable al grosor del brote. El porcentaje de germinación final no mostró grandes diferencias entre ambos tratamientos de temperatura.

El porcentaje de semillas enfermas fue ligeramente superior en la condición de temperatura más alta. La especie *Vigna radiata* mostró una mejor aptitud para el germinado con índices medios superiores al 94 % de germinación. Un alto índice de semillas enfermas se determinó en una accesión de *Vigna unguiculata* la cual mostró un nivel de 29.17 % en la temperatura de 23 °C y 34 % en la temperatura de 26 °C.

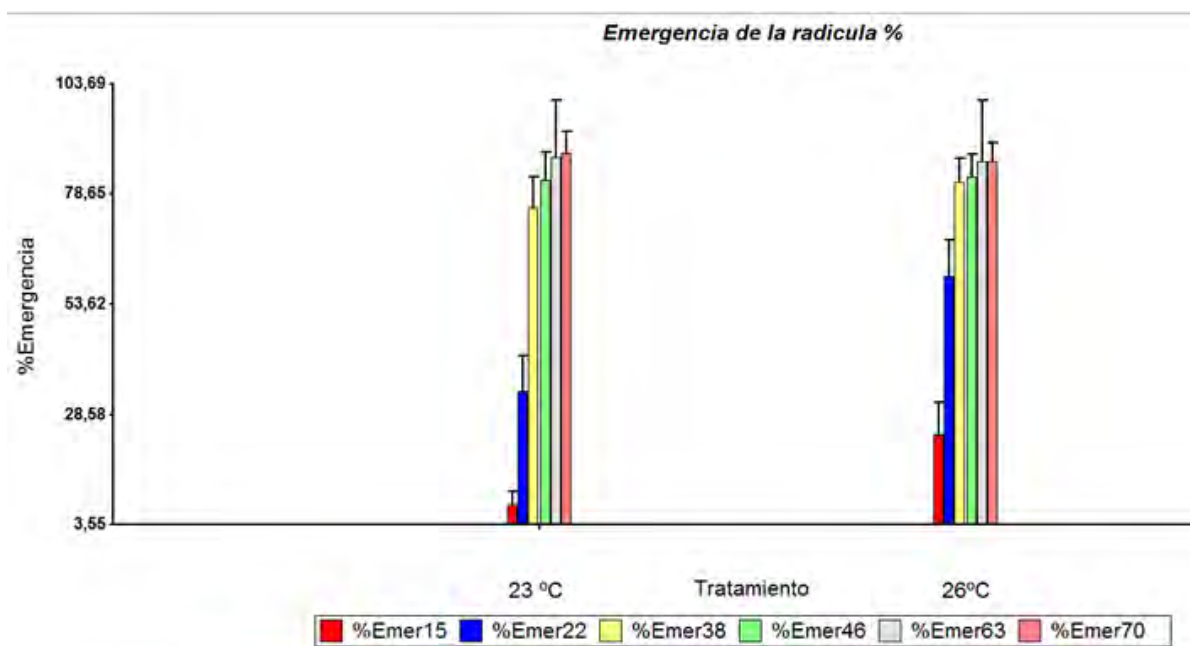


Figura 1. Comparación del porcentaje de la emergencia de la radícula de todos los cultivares bajo dos condiciones de temperatura (23° C y 26° C) y diferentes momentos de evaluación expresado en horas (Leyenda: %Emer 15, 22, 38, 46, 63, 70: emergencia a las 15, 22, 38, 46, 63 y 70 horas).

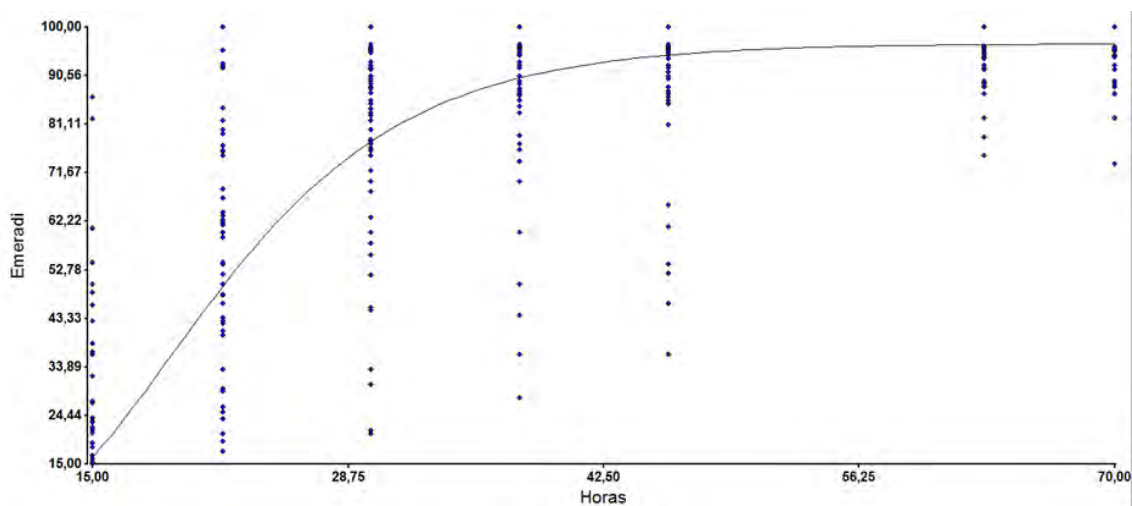


Figura 2.- Análisis de regresión no paramétrica del porcentaje de emergencia de la radícula a diferentes horas de evaluación en *Vigna radiata*.

En cuanto a la velocidad de crecimiento de la parte aérea del brote pone de manifiesto un crecimiento con mayor rapidez en la temperatura más alta alcanzando un nivel medio de 1.64 cm por día en tal condición respecto 0.49 cm.día⁻¹ en la temperatura menor. Los cultivares que alcanzaron mayores velocidades media del brote fueron: A-1, M-9, M 76, M 46, M-117, PHA8132/79, PHA8135/80, VC 9302, VC 9303.

Al comparar estadísticamente las diferentes variables estudiadas (Tabla 8) se pudo comprobar estadísticamente mediante la prueba de comparación de medias (t de Student) que las variables que mostraron una influencia significativa de la temperatura fueron: la emergencia de la radícula a las 15 y 22 horas de montado el ensayo; el número de semillas embebidas a las 22 y 38 horas; el número de raíces engrosadas a las 30, 38, 63, 70; el peso del brote y la longitud del brote.

Según Peske y Peske (2013) el proceso inicial de absorción de humedad por la semilla involucra tres distintas fases iniciadas por la hidratación de la semilla (primera fase), seguida de un período de absorción baja o ninguna absorción de agua (segunda fase), y el aumento en la tasa de absorción de agua (tercera fase), la que terminará en la emisión de la raíz primaria por la semilla. La duración de cada estado depende de las propiedades inherentes a las semillas, como la composición química, permeabilidad, tamaño de las semillas y absorción de oxígeno. También hay dependencia de las condiciones de hidratación, como temperatura, humedad y composición del sustrato. La imbibición inicial de agua (primera fase) ocurre tanto en semillas vivas como en muertas y tiene una duración de 8 a 16 horas. Mientras que la tercera fase ocurre solamente con las semillas vivas, pues este aumento en la absorción de agua está relacionado a los

cambios que ocurren en la medida en que se retoma el crecimiento del embrión, caracterizado por la expansión y/o división de sus células

La presencia de granos no embebidos es la manifestación de dos componentes, un componente relacionado con el manejo de la semilla y otro genotípico. En relación con el manejo en la etapa de precosecha y cosecha, se puede inducir a la existencia de un mayor porcentaje de semillas duras, las cuales son semillas viables que no se embeben debido a que han sufrido un proceso de secado extremo, o han sido expuestas nuevamente a altas humedades, luego de un secado previo. Además se manifiestan las semillas duras en plantas que han sido producidas bajo condiciones de estrés de sequía.

Las diferencias genotípicas observadas en este experimento pueden ser interesantes debido a que los cultivares de una emergencia más rápida bajo una determinada condición de temperatura pueden tener mayor interés durante el proceso de producción de brotes destinados al consumo humano, pero por otra parte, puede ser indeseable una emergencia muy rápida durante la fase final de producción de grano, debido a que las condiciones ambientales de producción más favorable para estas especies son durante el periodo de primavera-verano, donde predominan las altas temperaturas, alta humedad del aire y altas precipitaciones, lo que puede favorecer la emergencia del grano en la vaina y deteriorar este para el almacenaje y el consumo.

Los resultados obtenidos en este experimento coinciden con la planteado por Peske y Peske (2013) relativo a que la fase de imbibición ocurre entre las 8 y 16 horas. En el caso particular de la condición de más alta temperatura evaluada en este experimento (26° C) se observó a las 15 horas un cultivar (M-46) que lograba la emisión de la radícula en más del 50 % de total de

semillas montadas y a las 63 horas todos los cultivares habían logrado la emisión de la radícula. Se aprecia además que hay diferencias entre especies, observando que *Vigna radiata* tiene mayor rapidez en orden decreciente que *Vigna unguiculata* y *Vigna umbellata*.

Se observa una clara influencia de la temperatura hasta antes de las 38 horas del montaje de la germinación, luego los resultados se homogenizan (Figura 2). La identificación de emergencia a la más baja temperatura evaluada permite también poder dar respuesta a necesidades de la producción de brote, pues durante los meses más fríos del año los productores de brotes confrontan problema por el retraso del proceso y la obtención de un producto de calidad donde el balance de parte aérea y raíz sea adecuado.

De forma general (Tabla 9) se observó en los atributos de germinación mejores indicadores para *Vigna radiata* que pueden reflejarse en una mejor calidad del germinado como son una alta efectividad de la germinación y calidad del brote

obtenido con bajo porcentaje de los mismos con presencia de enfermedades y un peso medio del brote superior y una longitud de la raíz menor. Se observa la cercanía taxonómica del *Vigna mungo* al tener indicadores muy similares aunque representado en este estudio con un solo cultivar de testa de color pardo oscuro, la cual tiene poco atractivo para el consumidor

Análisis conjunto

Al valorar todas las variables evaluadas durante la fase de germinación se aprecia en el análisis de conglomerado de la Figura 3 la formación de tres grupos a un nivel de distancia euclidiana de 100. Estos grupos separan el cultivar PHA 8132/79; luego un segundo grupo conformado por VC9301, M95 SP, M135 y A-10 y un tercer grupo que incluye el resto de los cultivares que se unen en dos subgrupos, uno que agrupa a los cultivares M-9, M-40, VC 9302, MU1973, M-76, PHA-8127/79, M-116, e IA 310-914 y el segundo subgrupo conformado por los cultivares M-46, M-136, PHA -8135/80 y A-1.

Tabla 8. Valores medios de los atributos de germinación de mayor relevancia en las diferentes especies de *Vignas* estudiadas en la temperatura de 26 °C.

Atributo	V. radiata N=18	V. mungo N=1	V. unguiculata N=1	V. umbellata N=1
Emergencia de radícula a 15 horas (%)	23.80	25.17	2.17	0.00
Emergencia de radícula a 22 horas (%)	62.29	60.31	23.51	4.19
Engrosamiento de radícula a 63 horas (%)	80.89	93.6	88.23	0.00
Emergencia de radícula a 70 horas (%)	98.03	100.0	94.12	84.65
Longitud del brote (cm)	11.22	10.34	11.51	15.65
Peso medio de un brote (g)	0.326	0.303	0.436	0.224
Longitud de la raíz	5.32	5.58	5.62	10.19
Grosor del brote (mm)	1.825	1.82	2.15	1.15
Porcentaje de granos enfermos	2.04	0.5	53.52	0.00
Velocidad de germinación cm.día ⁻¹	1.635	1.477	1.644	2.23

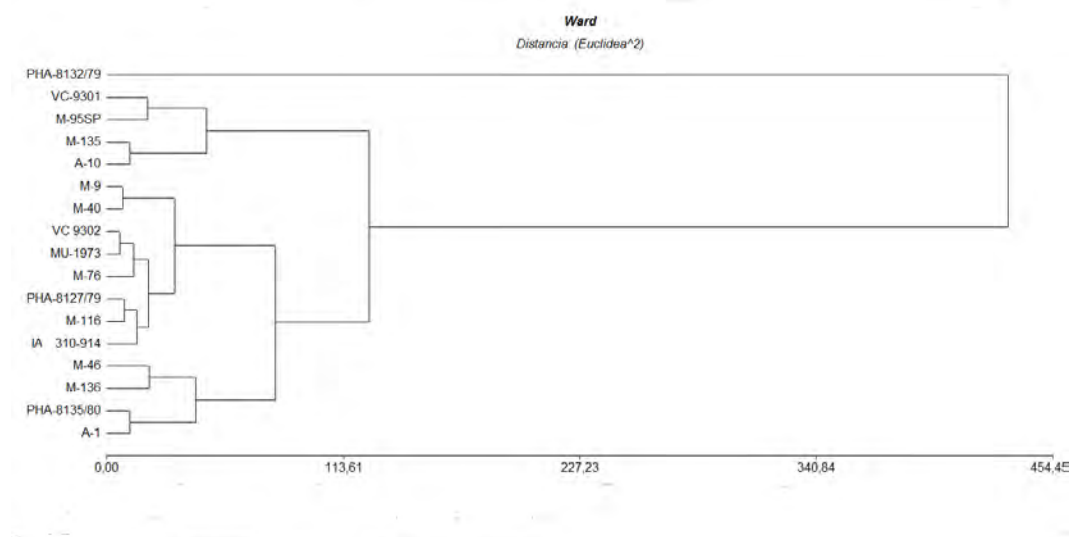


Figura 3. Análisis de conglomerado de cultivares de frijol mungo basados en variables relacionadas con la germinación. (Leyenda **Emeradi**: Emergencia de la radícula; Horas: número de horas de montado el ensayo en condiciones adecuada para la germinación de cultivares de frijol mungo evaluados independientemente de la temperatura).

En cuanto a *Vigna unguiculata*, aunque se destaca por el grosor y el peso del brote se debe destacar la alta presencia de enfermedades lo que indica que en esta especie se debe tener especial cuidado cuando se vaya a emplear para germinado o trabajar en la identificación y mejora para este propósito incorporando cultivares con testa brillante. Por otra parte *Vigna umbellata*, además de tener un mayor retraso en la emergencia, también tiene brotes donde el balance de parte aérea y raíz favorece a esta estructura, además de ser más fino, aspecto este que lo hace menos atractivo para la comercialización.

Partiendo del agrupamiento de los cultivares mostrado en el análisis de conglomerado de la Figura 2 se pudo apreciar que los atributos que distinguen al grupo I caracterizado por una longitud de brote y raíz promedio mayor (15.65 cm, 1019 cm respectivamente) y la emergencia de la raíz después de las 30 h, en este grupo no se observó engrosamiento de la raíz. El grupo

II.- caracterizado por un mayor grosor del tallo (1.84 mm) y una alta emergencia a las 70 horas. El grupo 3.1.- se caracterizó por indicadores intermedios que incluyeron al cultivar testigo VC9302 donde la longitud media del brote fue de 11.39 cm y un buen grosor y peso medio del brote (1.773 cm y 0.3205 g), también este subgrupo presentó cultivares con una alta emergencia de raíz antes de las 30 h. El grupo III.2 que abarca a cultivares como M-46 que se ha destacado anteriormente por la rapidez de su emergencia de la raíz, este grupo además contiene a los cultivares con mayor grosor del brote.

Se puede señalar que lo determinado en este experimento es congruente con las indicaciones por las reglas de la ISTA (2013) con relación a *Vigna radiata* en la que se indica el montaje del ensayo de germinación entre papel o en arena y las condiciones de alternancia de temperatura de 16 horas a 20° C y 8 horas a 30° C; o temperaturas constante de 30° C o 25° C.

Similares condiciones son recomendadas para *V. mungo* y *V. unguiculata*. Sin embargo, no aparecen recomendaciones para *V. umbellata* por lo que los resultados de este trabajo contribuye al conocimiento de la germinación de esta especie. Para esta última especie se puede recomendar temperatura de 26° C o superiores y un primer conteo a partir de los cinco días.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dávila, M.; Sangronis, E. y Granito, M. (2003): Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 53(4): 348-354.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. (2011): InfoStat, versión 2011, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba.
- Heuzé V.; Tran G.; Bastianelli D. y Lebas, F. (2013): Mung bean (*Vigna radiata*). Feedipedia.org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO <http://www.feedipedia.org/node/235>. Consultado [15/09/2014 13:27:45].
- Infante, N., Madriz, P. & González, T. 2003. Fases de desarrollo y componentes del rendimiento de tres cultivares de frijol mungo (*Vigna radiata* (L.) R.Wilczek) en Maracay, estado Aragua, Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 20(4): 417- 429.
- ISTA (2013): International Rules for Seed Testing. Edition 2012. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. ISTA. Disponible en: www.seedtest.org/en/home.html.
- Machado, A.L. de L.; Barcelos, M. de F.P.; Teixeira, A.H.R. y Nogueira, D. A. (2009): Evaluation of chemical compounds in Fabaceae sprouts for the human consumption. *Ciênc. Agrotec.*, 33 (4), Lavras July/Aug. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000400018>
- Olmedilla, B.; Farré, R.; Asencio, C. y Martín M. (2010): Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad dietética*, 14(2): 72-76.
- Peske, S.T. y Peske, F.B. (2013): Evaluación del tratamiento de semillas para superar condiciones de baja humedad del suelo. *Rev. Seed News* jul/ago.
- Ponce de León, E.C.; Matallana, M.C. y Torrijalsasa, E. (2011): Germinados o brotes. *Schironia*. Revista Científica del Colegio Oficial de Farmacéuticos de Madrid, 10: 5-13.
- Rao, N.K.; Hanson, J.; Dulloo, M.E.; Ghosh, K.; Nowel, D. y Larinde, M. (2006): Manual of seed handling in genebanks. Handbooks for Genebanks No. 8. Bioversity International, Rome, Italy, 165 pp.
- Singh, R.; Kumar, R.; van Heusden, A. W.; Yadav, R. C. y Visser, R.G.F. (2014): Genetic improvement of mungbean (*Vigna radiata* L.): necessity to increase the levels of the micronutrients iron and zinc: a review. *Journal of Current Research in Science*, 2 (1): 1-11. Disponible en: www.jcrs010.com
- van Oers, C.C.C. M. (1992): *Vigna radiata* (L.) R. Wilczek. En: Plant Resources of South East Asia, PROSEA1: Pulses, L.J. G. van der Maesen y S. Somaatmadja (eds.), 75-77.
- Weinberger, K. (2003): The impact of iron bio-availability-enhanced diets on the health and productivity of school children: Evidence from a mungbean feeding trial in Tamil Nadu, India. Paper presented at a conference organized by the Standing Panel on Impact Assessment (SPIA) of the Interim Science Council, Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR), and the Economics Program, the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), San José, Costa Rica, February 4–7, 2002.

Fecha de recepción: 3 noviembre 2016

Fecha de aceptación: 8 febrero 2017

Tabla 9. Resultados de la prueba t de Student en ocho variables evaluadas en dos condiciones de temperatura en laboratorio.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	N	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	HomVar	T	p-valor
Emer15	26 ± 1° C	23 ± 1° C	36,0000	6,3889	2,0833	2,1776	6,4335	0,0000	4,0682	0,0002
Emer22			36,0000	15,6944	8,6667	4,0665	9,9890	0,7132	4,7333	0,0000
Embe22			36,0000	5,6944	10,7222	-7,7957	-2,2599	0,0049	-3,6348	0,0006
Embe38			36,0000	0,8333	2,3889	-2,5043	-0,6069	0,0000	-3,3025	0,0019
Engros 30			34,0000	3,6765	0,1944	2,0194	4,9446	0,0000	4,8382	0,0000
Engros 38			36,0000	3,9167	0,5278	1,9499	4,8279	0,0000	4,7635	0,0000
Eengros63			36,0000	20,1667	7,1667	10,5107	15,4893	0,0208	10,4392	0,0000
Eengros 70			36,0000	20,6944	15,0278	2,6531	8,6802	0,9891	3,7504	0,0004
Lonbrote			180,0000	11,5206	3,7889	7,1623	8,3010	0,0000	26,7366	0,0000
peso brote			180,0000	0,3318	0,2516	0,0578	0,1027	0,0000	7,0446	0,0000

Leyenda: N: Tamaño de muestra; Media (1)(2): del grupo 1 y 2, LI(95): Límite inferior al 95% de significación; HomVar: Homogeneidad de varianza; T: limite tabulado; p-valor: probabilidad de error.

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.ausuc.co.cu>

