

EVALUACIÓN DE VIGOR Y CALIDAD INDUSTRIAL EN LÍNEAS DE ARROZ DE GRANO DELGADO

PLANT VIGOR AND INDUSTRIAL QUALITY EVALUATION IN THIN GRAIN RICE LINES

**Leonel Hernández-Santiago¹, Carlos Sánchez-Abarca¹, Edwin Javier Barrios-Gómez^{2*},
Leonardo Hernández-Aragón², Jaime Canul-Ku²**

¹Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Km 38.5 Carretera México-
Texcoco, Chapingo, Estado de México, CP 56230. México. Correo-e: leonel-dz@hotmail.com

²CIRPAS- CE Zacatepec, INIFAP, Km 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana, Morelos, México.
Correo-e: barrios.edwin@inifap.gob.mx.

*Autor para correspondencia.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, Morelos, México, con cuatro líneas de arroz de grano delgado provenientes del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) y dos variedades comerciales (Morelos A-2010 y El Silverio), de febrero a abril del 2014, con la finalidad de evaluar el vigor de planta, así mismo la calidad industrial del grano. Arreglado en un diseño de bloques al azar, se analizó la altura de planta, el área foliar, el peso seco, el número de macollos y hojas por planta, en cuatro fechas de muestreo, así mismo el porcentaje de grano entero después del pulido. Se obtuvo que las líneas del FLAR poseen menor vigor inicial que los testigos y solo a los 60 días después de la siembra estos materiales se asemejan,

sobresaliendo la línea VF-L5. Todas las líneas evaluadas presentan valores aceptables de calidad molinera, excepto la línea VF-L1.

Palabras clave: *Oriza sativa L., desarrollo, mejoramiento genético, calidad molinera.*

ABSTRACT

The study was conducted from February to April 2014, in the experimental field of Zacatepec-INIFAP, in Morelos, Mexico, with four lines of thin grain rice from the Irrigated Rice Latin American Fund (FLAR), and two commercial varieties (Morelos A-2010 and El Silverio) to assess plant vigor and industrial grain quality. Arranged in a randomized block design, plant

height, leaf area, dry weight, number of tillers and leaves per plant, was evaluated in four sampling dates. In addition, the percentage of whole grain after polishing was analyzed. The results showed that FLAR rice lines have lower initial vigor than controls, and only 60 days after sowing these materials present similar values to the controls, protruding line VF-L5. All assessed lines have acceptable milling quality, except line VF-L1.

Keywords: *Oryza sativa* L., development, breeding, milling quality.

INTRODUCCIÓN

En México alrededor del 75% de arroz consumido se importa y es del tipo largo y delgado, mientras que el producido dentro del país es de grano grueso y representa alrededor del 25% del consumo nacional, esto establece una barrera de mercado para el crecimiento de la producción, ya que nuestro país no cuenta con variedades de grano largo delgado con la precocidad que los productores requieren (Alrededor de 120 días a floración) y que tengan las características de calidad que el mercado requiere (Grano tipo USA), de ahí la necesidad de establecer programas de generación y adaptación de variedades de grano largo en el país. En el año 2005 se inició en México un proyecto para la obtención de variedades de grano largo y delgado, con materiales procedentes del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR). El proceso fue selección de genotipos de características agronómicas deseadas, evaluación de materiales en campo y buena calidad industrial (Tapia *et al.*, 2013).

Rebolledo *et al.* (2012), definen al vigor inicial como la capacidad de las plantas anuales de acumular biomasa y área foliar hasta el cierre del dosel, siendo estos, indicadores de interés en la competencia del cultivo con las malezas. Por otra parte, Torres y Martínez (2010) reportan que el criterio de selección por vigor de planta es fundamental en los programas de

mejoramiento que buscan obtener arroces de alto rendimiento. Estos mismos autores señalan que el vigor de planta se puede expresar con una emergencia y desarrollo rápido de plántulas, desarrollo precoz y número considerable de macollos, hojas moderadamente largas y aumento temprano y rápido de la altura de planta.

A su vez la calidad industrial del grano es factor muy importante a considerar en las etapas avanzadas de selección de variedades de arroz (Tavitas y Hernández, 2000); esta consiste básicamente en evaluar el porcentaje de recuperación de granos enteros después del pulido, considerada como calidad molinera (Nava y Delgado, 1967; CIAT, 1989). Por otro lado las variedades de arroz de grano largo grueso y corto (tipo Morelos y tipo Milagro Filipino), cultivados actualmente en México, poseen las características de buen vigor inicial y calidad industrial aceptable, que los ubican como excelentes materiales para su cultivo en los distintos ecosistemas arroceros de México (Tavitas y Hernández, 2000; Salcedo y Barrios, 2011; García *et al.*, 2011).

Por lo anterior el presente trabajo busca como objetivo evaluar el crecimiento inicial de cuatro líneas de arroz de grano largo-delgado provenientes del FLAR así como conocer los de mejor calidad molinera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km. 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana, en Morelos, México. Bajo una cubierta plástica cercada con malla sombra, se colocaron macetas depositando cuatro semillas en cada una, para posteriormente dejar tres plantas de manera equidistante. Los riegos, al principio se realizaron cada dos días, aumentando la frecuencia conforme la planta se desarrolló, la fertilización se realizó de manera manual con las fuentes siguientes: urea, sulfato de

amonio y sulfato ferroso; las malezas se eliminaron de forma manual.

Material vegetal

Se evaluaron cuatro líneas avanzadas de arroz de grano delgado, provenientes del FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego), las cuales fueron proporcionadas por el área de investigación en arroz de dicho centro de investigación (Cuadro 1). Como testigo se usaron dos variedades comerciales, una de grano largo grueso Morelos A-2010 (tipo Morelos), y la otra de grano corto y grueso, El Silverio (Tipo milagro Filipino).

Cuadro 1. Genealogía de los materiales de arroz evaluados.

Línea	Denominación
VF-L1	FL04621-2P-1-3P-3P-M
VF-L3	FL05372-7P-3-2P-2P-M
VF-L5	FL07562-7P-3-3P-2P-M
VF-L12	FL08224-3P-2-1P-3P-M15

Diseño experimental

El experimento fue conducido en un arreglo de bloques al azar, tomando como unidad experimental una maceta con tres plantas, la toma de datos se efectuó el 8 de marzo de 2014, 30 días después de la siembra (dds), a partir de ese momento las evaluaciones se realizaron cada 10 días (18 y 28 de marzo; 7 de abril de 2014).

Variables evaluadas

Para evaluar el vigor, se midió altura de planta (AP) en centímetros, número de macollos (NM), número de hojas desarrolladas (NHD), área foliar por planta (AFP) en cm²; esta variable se calculó midiendo el largo y el ancho de cada tres hojas y multiplicándolo por un factor de corrección de 0.75 (Carlesso *et al.*, 1998); una vez tomadas estas variables las plantas se metieron a una estufa de secado a 70 °C

por 72 horas o hasta obtener peso constante, para medir el peso seco (PS) en gramos.

Para calidad industrial se midió básicamente la calidad molinera, se tomó una muestra de 200 gramos de arroz palay de cada línea y fueron llevados al laboratorio de calidad de arroz del Campo Experimental Zacatepec, del INIFAP. Para determinar los siguientes indicadores: Grano entero, medio grano, granillo, salvado, peso de mil granos palay y peso de mil granos pulidos.

El análisis de varianza y la prueba de comparación de Tukey ($P \leq 0.05$) de los resultados se realizaron usando el paquete estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vigor de planta

A los 30 dds el análisis de varianza muestra que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) para las variables altura de planta (AP), número de hojas desarrolladas (NHD), peso seco (PS) y área foliar (AFP). Destacando las variedades comerciales, Morelos A-2010 y El Silverio, por debajo de estas, las líneas FLAR, VF-L5 y VF-L12 presentan los valores más altos, como se muestra en el Cuadro 2.

Estas diferencias pueden explicarse debido al componente genético de cada variedad, que modifica ligeramente el patrón de crecimiento y desarrollo (CIAT, 1980); en este caso las variedades Morelos A-2010 y El Silverio poseen progenitores del CIAT y del IRRI, que son materiales de grano delgado; además de que el periodo de crecimiento vegetativo de las variedades Morelos es más largo y en las líneas FLAR es más corto. Así mismo Rebolledo *et al.*, (2012) sugieren que específicamente la capacidad de macollamiento, la tasa de aparición de hojas y el tamaño de hoja son los principales componentes determinados por el genotipo en arroz, e influenciado por el ambiente.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables AP, NHD, PS, AFP, a los 30 días después de la siembra (dds).

MATERIAL	AP (cm)	NHD	PS (g)	AFP (cm ²)
Morelos A-2010	23.53 a	3.44 ab	0.058 ab	14.06 a
El Silverio	23.74 a	4.11 a	0.077 a	15.94 a
VF-L1	18.22 ab	2.77 b	0.043 ab	8.77 ab
VF-L3	14.18 b	2.77 b	0.033 b	5.93 b
VF-L5	19.75 ab	3.11 b	0.053 ab	10.52 ab
VF-L12	19.66 ab	3.33 ab	0.045 ab	9.16 ab
MG	19.85	3.25	0.052	10.73
DMS	7.81	0.88	0.037	7.28

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AP=altura de planta, NHD=número de hojas desarrolladas, PS=peso seco, AFP= área foliar por planta, MG= promedio, DMS= diferencia mínima significativa.

Por otro lado la diferencia que hay entre las variables se ajusta a lo reportado por Torres y Martínez (2010), que mencionan que el vigor vegetativo en arroz se expresa en un aumento rápido de la altura de planta, desarrollo precoz y un número considerable de macollos, hojas moderadamente largas y flácidas, consecuentemente mayor área foliar, en este caso representado por las variedades comerciales usadas como testigo. Tal como lo menciona García *et al.* (2011) para la variedad El Silverio, es una variedad de tipo de grano milagro filipino, de buen vigor inicial, que le permite competir favorablemente con la maleza, tiene un crecimiento inicial rápido. A su vez Salcedo y Barrios (2012) mencionan que la variedad Morelos A-2010 presenta buenas características de plántula, su crecimiento inicial rápido le permiten utilizarse como una variedad para siembra directa.

El promedio para el peso seco fue de 0.052 g, apenas cuantificable en todos los materiales, esto coincide con lo mencionado por el CIAT (1980), que el incremento de la materia seca en la planta de arroz es muy lenta durante los primeros 30 a 40 días. Así mismo asume que es fundamental que el valor del área foliar sea elevado en las primeras etapas, ya que entre el séptimo y el octavo día, la planta comienza a fotosintetizar sus propios requerimientos de energía y absorber nutrimentos; entonces se

convierte en autótrofa o sea independiente de la semilla (CIAT, 1980).

A los 40 dds, el análisis estadístico muestra diferencias estadísticas significativas ($p<0.01$) para las variables: AP, NMD, NHD, PS, AFP. En esta fecha el comportamiento de los materiales fue similar al muestreo anterior, donde la variedad comercial Morelos A-2010 resultó estadísticamente superior a las líneas de grano largo delgado, incluso superior a El Silverio que había mostrado un excelente comportamiento a los 30 dds, como se muestra en el Cuadro 3.

De los materiales de grano delgado, la línea VF-L1 resultó mejor que el resto, junto con la línea VF-L5, destacando que esta última alcanzó un número de macollos similar a la variedad El Silverio, esta variable es muy importante para cualificar vigor, tal como lo mencionan Jarma *et al.* (2010), que el macollamiento temprano es una cualidad muy importante entre las variedades para selección por vigor temprano, ya que una de las funciones principales del macollamiento en los cultivos comerciales es llenar los espacios por las pérdidas de población durante el establecimiento del cultivo; por otro lado, en la actualidad la tendencia es a seleccionar materiales con bajo macollamiento pero con bajo número de macollos inefectivos, ya que estas características permiten seleccionar

materiales de alto rendimiento (Jarma *et al.*, 2010).

A los 50 dds el análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticas significativas para la mayoría de las variables en los materiales evaluados, excepto para NHD y AFP, destacando la variedad Morelos A-

2010, que resultó estadísticamente superior al resto. De las líneas de grano delgado la VF-L3 y VF-L5 son las más sobresalientes para la mayoría de las variables, excepto por la AP; sin embargo, no existen diferencias estadísticas significativas entre ellas, ni con la variedad comercial El Silverio, como se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables AP, NMD, NHD, PS, AFP, a los 40 dds.

MATERIAL	AP (cm)	NMD	NHD	PS (g)	AFP (cm ²)
Morelos A-2010	42.23 a	1.88 a	8.55 a	0.43 a	81.95 a
El Silverio	32.17 ab	1.22 ab	6.88 ab	0.22 b	45.55 b
VF-L1	31.47 ab	0.88 ab	5.33 bc	0.17 b	34.53 b
VF-L3	27.63 b	0.88 ab	5.11 bc	0.13 b	27.82 b
VF-L5	31.17 ab	1.22 ab	6.77 abc	0.24 ab	41.58 b
VF-L12	23.27 b	0.11 b	4.22 c	0.09 b	22.01 b
MG	31.32	1.037	6.14	0.21	42.24
DMS	11.784	1.25	2.65	0.19	31.41

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AP=altura de planta, NMD= número de macollos desarrollados, NHD=número de hojas desarrolladas, PS=peso seco, AFP= área foliar por planta, MG= promedio, DMS= diferencia mínima significativa.

Cuadro 4. Comparación de medias de las variables AP, NMD, NHD, PS, AFP, a los 50 días después de la siembra.

MATERIAL	AP (cm)	NMD	NHD	PS (g)	AFP (cm ²)
Morelos A-2010	51.38 a	2.11 a	10.0 a	0.66 a	123.86 a
El Silverio	37.27 a	1.11 a	6.22 ab	0.28 a	48.65 b
VF-L1	40.12 a	1.11 a	6.00 b	0.36 a	59.63 ab
VF-L3	42.61 a	2.00 a	8.55 ab	0.54 a	84.61 ab
VF-L5	43.07 a	2.11 a	8.88 ab	0.55 a	77.38 ab
VF-L12	44.52 a	1.11 a	7.00 ab	0.45 a	63.70 ab
MG	43.16	1.59	7.77	0.47	76.32
DMS	14.85	1.67	3.85	0.47	64.52

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AP=altura de planta, NMD= número de macollos desarrollados, NHD=número de hojas desarrolladas, PS=peso seco, AFP= área foliar por planta, MG= promedio, DMS= diferencia mínima significativa.

Es importante señalar que a los 50 dds la variedad El Silverio mostró un promedio menor en el número de hojas desarrolladas (6.22) en comparación con los 40 dds (6.88) esto se explica por el patrón de desarrollo de las hojas, ya que generalmente la primera hoja se marchita y muere al duodécimo día, la segunda y tercera permanecen en la planta por 25 días; por lo general, el número de hojas puede variar dependiendo de la variedad, así mismo variedades más precoces tendrán menor número de hojas (CIAT, 1980). Es por esta razón que la variedad el Silverio a los 50 días mostró una reducción del promedio de hojas desarrolladas, en el resto de los materiales este fenómeno se compensó con la presencia de un mayor número de macollos.

A los 60 dds los materiales del FLAR igualaron estadísticamente en crecimiento a las variedades comerciales, no obstante dichas líneas son visiblemente superiores a los testigos utilizados, en particular la línea VF-L1, como se muestra en el Cuadro 5.

Lo anterior se explica porque la planta a los 60 dds ha entrado en la fase lineal de la etapa vegetativa (Jarma et al.,

2010), la cual se caracteriza por un macollamiento activo que puede durar entre 45 y 90 días dependiendo de la variedad (CIAT, 1980) y un incremento gradual en altura y emergencia de las hojas en intervalos regulares (Osuna, 2001), por lo tanto para esta etapa los materiales evaluados ya muestran un crecimiento constante; por ejemplo, aunque la línea VF-L5 presente mayor número de hojas desarrolladas (14.44) que la variedad El Silverio (13.11), esta última tiene mayor área foliar porque presenta hojas más grandes y desarrolladas, además para esta etapa en esta variedad ya se están desarrollando las hojas que se encargaran de la síntesis de los carbohidratos para el llenado del grano.

Calidad molinera

Las líneas de arroz de grano largo-delgado proveniente del FLAR mostraron un mayor porcentaje de recuperación de granos enteros sobresaliendo la línea VF-L3 con 67.54%, todas las líneas fueron superiores a los testigos, excepto la línea VF-L1 que presenta menor porcentaje que la variedad Morelos A-2010, con apenas 55.36% de granos enteros, como se muestra en el Cuadro 6.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables AP, NMD, NHD, PS, AFP, a los 60 días después de la siembra.

MATERIAL	AP (cm)	NMD	NHD	PS (g)	AFP (cm ²)
Morelos A-2010	55.46 a	3.55 a	14.22 a	1.61 a	245.48 a
El Silverio	49.36 a	4.44 a	13.11 a	1.42 a	202.37 a
VF-L1	61.18 a	4.44 a	13.55 a	1.87 a	256.10 a
VF-L3	51.54 a	4.66 a	14.66 a	1.60 a	184.06 a
VF-L5	51.89 a	4.11 a	14.44 a	1.50 a	190.00 a
VF-L12	55.60 a	2.11 a	9.33 a	1.22 a	142.75 a
MG	54.19	3.88	13.22	1.53	203.45
DMS	15.13	3.56	8.39	1.41	173.54

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AP=altura de planta, NMD= número de macollos desarrollados, NHD=número de hojas desarrolladas, PS=peso seco, AFP= área foliar por planta, MG= promedio, DMS= diferencia mínima significativa.

Cuadro 6. Características de calidad molinera de los materiales de arroz evaluados.

Característica	VF-L1	VF-L3	VF-L5	VF-L12	Morelos A-2010	El Silverio
Arroz entero (%)	55.36	67.54	61.13	61.60	57.0	55.1
Arroz ½ grano (%)	8.19	2.32	3.80	4.78	5.0	5.6
Granillo (%)	7.63	2.62	5.51	4.31	8.0	9.7
Peso de 1000 granos palay (g)	25.48	24.44	28.40	27.91	40.1	29.8
Total pulido (%)	71.20	72.48	70.45	70.70	70.0	40.4

Estos resultados coinciden con la literatura que reporta que las variedades de arroz largo-delgado que se cultivan en México tienen valores de recuperación de granos enteros que superan el 60% (Tavitas y Hernández, 2000).

La calidad molinera del arroz es muy importante, ya que entre los objetivos de los programas de mejoramiento de arroz está el obtener una variedad que, además de su alta capacidad de rendimiento, resistencia a las principales plagas y enfermedades, buena adaptabilidad al medio y alto vigor produzca un grano cuya calidad sea aceptada por el agricultor, el molinero y el consumidor (CIAT, 1989).

CONCLUSIONES

La línea VF-L5 posee mejor vigor, debido a que en todas las mediciones fue superior, y en comparación con los testigos hasta la última fecha esta variedad la iguala.

Las líneas de arroz de grano delgado provenientes del FLAR tienen menor vigor inicial con respecto a las variedades Morelos A-2010 y El Silverio, y hasta la etapa vegetativa se asemejan en vigor.

Todas las líneas del FLAR utilizadas en este experimento poseen buenas características de calidad molinera, a excepción de la VF-L1.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT con número de proyecto 2010-05-148859 y número de proyecto SIGI-INIFAP: 1253552071 intitulado "EVALUACIÓN DE MATERIALES GENÉTICOS DE ARROZ DE GRANO LARGO DELGADO PARA LAS REGIONES PRODUCTORAS DE MÉXICO".

LITERATURA CITADA

Carlesso, R.; H. M. G. Ramos; R. A. Almir; J. S. Osmar. 1998. Índice de área foliar y altura de plantas de arroz submetidas a diferentes prácticas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*: 2 (3): 268-272.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1980. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. Calí, Colombia.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera de arroz; guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Ed. CIAT. Calí, Colombia. 73 pp.

García, A. J. L.; A. L. Hernández; F. L. Tavitas. 2011. El Silverio: nueva variedad de arroz para el trópico mexicano. *Revista*

- Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2(4): 607-612.
- Jarma, A. de J.; V. Degiovanni; R. A. Montoya. 2010. Índices fisiotécnicos, fases de crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. *In*: Degiovanni, B. V.; C. P. Martínez R.; F. Motta O. (eds.). Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Ed. CIAT. Calí, Colombia. p. 60-78.
- Nava, F., J.; L. L. Delgado. 1967. Evaluación de la calidad del arroz en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SAG.
- Osuna C., F J. 2001. Fundamentos de la Producción de Arroz. Folleto Científico No. 1. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. 62 pp.
- Rebolledo, M. C.; M. Dingkuhn; P. Peré; K. L. Mac Nally; D. Luquet. 2012. Developmental Dynamics and Early Growth Vigour in Rice. I. Relationship between development rate (1/Phyllochron) and growth. *J Agro Crop Sci.* 198(5): 374-384.
- Salcedo, A.J., E. Barrios G. 2011. El cultivo de arroz por el sistema de siembra directa en el estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 59. Morelos, México. 32 pp.
- Salcedo, A. J.; E. J. Barrios G. 2012. Morelos A-2010, nueva variedad de arroz para siembra directa para el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 3(7): 1453-1458.
- Tapia Vargas, L. M.; A. Hernández Pérez; A. Larios Guzmán; I. Vidales Fernández. 2013. Producción de arroz Palay en la Región del Valle de Apatzingán. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Experimental Valle de Apatzingán, Michoacán. México. 64 pp.
- Tavitas, F. L.; L. Hernández A. 2000. Catálogo de variedades de arroz que actualmente se cultivan en México. INIFAP. 56 pp.
- Torres E., A.; C. P. Martínez. 2010. El mejoramiento del arroz. *In*: Degiovanni, B. V.; C. P. Martínez R.; F. Motta O. (eds.). Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Ed. CIAT. Calí, Colombia. p. 142-176.