

Estabilidad productiva de líneas avanzadas de arroz grano largo delgado en Michoacán México

Juan Carlos Álvarez Hernández^{1§}

Luis Mario Tapia Vargas²

Anselmo Hernández Pérez¹

Edwin Javier Barrios Gómez³

Saúl Pardo Melgarejo¹

¹Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parácuaro, Michoacán, México. CP. 60781. (hernandez.anselmo@inifap.gob.mx; pardo.saul@inifap.gob.mx).

²Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60150. (tapia.luismario@inifap.gob.mx). ³Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana S/N, km 0.5 Col. Centro, Zacatepec, Morelos. CP. 62780. (barrios.edwin@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: alvarez.juan@inifap.gob.mx.

Resumen

En México el arroz largo y delgado es de mayor consumo, por lo que su abasto ha dependido principalmente de importaciones. Consecuentemente, el Consejo Mexicano del Arroz entregó al INIFAP líneas élite que generó el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) para evaluación y selección de materiales. Con el objetivo de validar líneas avanzadas de arroz de grano largo y delgado comparadas con el material convencional bajo las condiciones de la zona productora de Michoacán, trabajos experimentales fueron desarrollados en diferentes ciclos: otoño-invierno 2014-2015 (ensayo 1), primavera verano de los años 2015 (ensayo 2), 2016 (ensayo 3) y 2017 (ensayo 4) y diferentes genotipos: ensayo 1) INIFLAR RT, FL05601, “Milagro Filipino”; ensayo 2) FL06747, FL08224, INIFLA R, INIFLAR RT, Marfil, Lombardía, “Milagro Filipino”; ensayo 3) Lombardía, FL08224, “Milagro Filipino”; y ensayo 4) Marfil, Lombardía “Milagro Filipino”. Los datos registrados variaron en cada ensayo, pero se incluyeron aspectos fenológicos y productivos, incluido el rendimiento. Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias. En el ensayo 1, los tratamientos superaron a la media regional, entre 8 000 a 8 500 kg ha⁻¹. En el ensayo 2, los tratamientos FL06747, INIFLAR R y Lombardía sobresalieron significativamente en rendimiento. También la floración y madurez de grano, se presentó precozmente comparado con “Milagro Filipino”. En los ensayos 3 y 4, el tratamiento Lombardía presentó rendimientos superiores. Se concluye que las líneas avanzadas presentaron capacidad de adaptación a la zona productora de Michoacán. Estos materiales fueron superiores al material convencional, ya que mostraron consistencia en cada ensayo.

Palabras clave: *Oriza sativa*, arroz palay, líneas elites, materiales genéticos, tecnologías de arroz.

Recibido: febrero de 2018

Aceptado: abril de 2018

Introducción

Por su gran cantidad de energía y proteínas, el arroz es uno de los cereales más apreciados en el mundo, ya que proporciona 20% del suministro de energía alimentaria. Siendo parte importante de la dieta de la población mexicana, el consumo per cápita es de 4.7 a 6.9 kg, por lo tanto, la demanda nacional de este cereal incrementó, estimándose en un millón de toneladas anuales; sin embargo, desde año 2001 a la fecha la producción nacional disminuyó a quedar en 254 000 toneladas anuales producidas en 41 000 ha, y distribuidas en 13 entidades federativas (SIAP-SAGARPA, 2016).

Esta situación ha provocado desarticulación de la cadena arroz, por lo que se recurre a la importación, adicionalmente dichas importaciones tienden a crecer hasta 85% del consumo nacional (Ireta *et al.*, 2011), principalmente de materiales de grano largo y delgado.

Debido a esta situación, INIFAP implementó un proyecto de mejoramiento genético con materiales procedentes del Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) para obtener variedades con este tipo de grano. Cabe destacar, que los estudios se enfocan al tipo de grano que determina la preferencia del consumidor y que además cumpla con calidad molinera, culinaria y nutricional (Barrios *et al.*, 2016a), así como a la caracterización de la diversidad fenotípica a través de rasgos agro-morfológicos (Bajracharya *et al.*, 2006).

A pesar de los esfuerzos, aun no se cuenta con suficientes variedades de arroz de grano largo adaptadas a las diferentes condiciones agroecológicas (Barrios *et al.*, 2016a); sin embargo, en algunas regiones se han seleccionado líneas experimentales avanzadas, incluso, esto ha permitido la liberación materiales de grano largo y delgado como la línea FL05392-3P-12-2P-2P-M, registrada como INIFLAR R (Álvarez *et al.*, 2016) y la línea FL04621-2P-1-3P-3P-M, registrada como INIFLAR RT (Barrios *et al.*, 2016b), quienes vienen a ser una alternativa en sustitución a la variedad “Milagro Filipino” que se ha sembrado intensiva y extensivamente, a pesar de la pérdida notable de su pureza (García *et al.*, 2011).

Las evaluaciones en líneas avanzadas de arroz se han orientado a la determinación de parámetros de estabilidad de rendimientos, aunque su principal ejecución ha sido en condiciones de temporal (Orona *et al.*, 2013); sin embargo, debido al incremento de la inestabilidad climática, estos materiales deberán someterse a la obtención de líneas con tolerancia a estreses abióticos, principalmente a las bajas temperaturas (Díaz *et al.*, 2017a), ante ello, los efectos del cambio climático, la implementación de nuevas tecnologías orientadas a incrementar rendimientos por área cultivada, justifican la investigación en la obtención de nuevos materiales de arroz, tal como lo sugiere Fu y Yang (2012), quienes reportan súper variedades de arroz liberadas con altos rendimientos entre 12 y 21 t ha⁻¹, en cambio aún existen esquemas de producción deficientes como el caso de Cuba, que incluyen indisciplinas tecnológicas e incumplimiento de las buenas prácticas agrícolas, lo que limita los rendimientos, pues se reportan por debajo de 7 t ha⁻¹ (Ruiz *et al.*, 2016).

En consecuencia, es importante dar seguimiento a los materiales avanzados, con el fin de incrementar la oferta y disponibilidad de semilla. Siendo Michoacán participe con 11.6% de la producción nacional, los avances en las evaluaciones de estas líneas han permitido seleccionar materiales promisorios en sustitución de la variedad convencional. Con base a lo anterior, el

objetivo fue evaluar líneas avanzadas de arroz de grano largo y delgado comparadas con el material convencional en diferentes ciclos productivos y bajo las condiciones ambientales de la zona productora de Michoacán, México.

Materiales y métodos

A través de la selección de materiales promisorios obtenidos de ensayos compactos nacionales que se han llevado a cabo en las diferentes regiones arroceras de México y mediante el establecimiento de parcelas de validación en condiciones de riego, se evaluaron diferentes materiales de grano largo y delgado comparados con el material convencional “Milagro Filipino”, las fechas de siembra estuvieron dentro de las recomendadas para los dos ciclos productivos (Hernández *et al.*, 2016), en otoño invierno del año 2014-2015 (ensayo 1), primavera verano de los años 2015 (ensayo 2), 2016 (ensayo 3) y 2017 (ensayo 4), en los municipios de Parácuaro y Nuevo Urecho Michoacán, México. En los sitios de estudio el clima corresponde al grupo de los climas secos (García, 1988) y la unidad de suelo corresponde a los vertisoles pelico (FAO-UNESCO, 1991).

En los diferentes ciclos productivos, las evaluaciones se conformaron por genotipos que se muestran en Cuadro 1. En el ensayo 1 se evaluaron los genotipos INIFLAR RT, FL05601 y Milagro Filipino; en el ensayo 2 se evaluaron los genotipos FL06747, FL08224, INIFLA R, INIFLAR RT, Marfil, Lombardía y Milagro Filipino, en el ensayo 3 se evaluaron los genotipos Lombardía, FL08224 y Milagro Filipino y en el ensayo 4 se evaluaron los genotipos Marfil, Lombardía y Milagro Filipino.

Cuadro 1. Materiales experimentales de arroz evaluados y con potencial de adopción en Michoacán, México.

Origen	Genotipo	Identificación
VF (vivero FLAR)-2007 (año de liberación)	FL06747-4P-10-5P-3P-M	FL06747
VF-2009	FL08224-3P-2-1P-2P-M	FL08224
VF-2007	FL05601-6P-2-2P-2P-M	FL05601
VF-2006	FL05392-3P-12-2P-2P-M	INIFLAR R
VF-2005	FL04621-2P-1-3P-3P-M	INIFLAR RT
VF-2005	Marfil FLAR 13 (FL04867)	Marfil
Santa Rosa, Colombia	Lombardía FLAR 13 (FL04952)	Lombardía
IRRI de Filipinas	IR8-288-3	Milagro Filipino

En general, la preparación el suelo de las parcelas experimentales consistió en labores mecanizadas básicas de barbecho, rastreo y nivelación. Además, se marcaron pequeños surcos de 0.2 m entre uno y otro, y la siembra de semilla se hizo directa a “chorrillo”, bajo una densidad de 80 kg de semilla por ha. El manejo agronómico consistió en labores básicas, principalmente riegos de auxilio con intervalos entre 5 y 8 días dependiendo la disponibilidad de agua, como principal problema el control de malezas se hizo con herbicidas pre y posemergentes selectivos (Esqueda y Tosquy, 2014), fertilización en dos etapas (aproximadamente a los 20 días de emergencia y “embuche”) y aplicación de fungicidas. El diseño experimental empleado fue bloques completos al azar; el tamaño por cada parcela experimental fue de aproximadamente 200 m² y la unidad experimental se conformó por cuatro bloques de 1 m lineal para la productividad y veinte plantas para los aspectos fenológicos.

Los datos registrados fueron variables en cada ensayo, para el ensayo 1 se registró altura de planta, peso de 1 000 semillas, número de espigas por panoja, longitud de espiga y el rendimiento de “granza”, en el ensayo 2 se registró altura de planta, longitud de espiga, número de espigas por panoja, número de macollas, peso de 1 000 semillas y rendimiento de granza, además aparición de eventos fenológicos en la madurez de semilla, esta se registró una vez que se observó más de 50% de las plantas que lo presentaron; en los ensayos 3 y 4 solo se registraron altura de planta y rendimiento de granza. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SAS (2002), a través de análisis de varianza y comparación de medias por prueba de Tukey ($p= 0.05$).

Resultados y discusión

Con relación a las variables registradas en el ensayo 1 (Cuadro 2), el análisis de varianza arrojó diferencias estadísticas significativas solamente en las variables altura de planta y el número de espigas por panoja. Específicamente en la altura el tratamiento denominado INIFLAR RT presentó mayor altura que los materiales FL05601 y “Milagro Filipino”, aunque el tratamiento FL05661 se sitúa estadísticamente similar tanto a INIFLAR RT como a Milagro Filipino, en la variable número de espigas por panoja los supera a ambos. Respecto a las variables peso de 1 000 semillas, longitud de espigas y rendimiento, el análisis de varianza, no detectó diferencias, y cuyos valores fueron muy cercanos, incluso en rendimiento (Cuadro 2), ya que los tratamientos ligeramente superaron la media regional que es de 8 000 a 8 500 kg ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2016).

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables de productividad de materiales de arroz en Parácuaro Michoacán, ensayo 1, ciclo agrícola 2014-2015.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso de 1 000 semillas (g)	Espigas por “panoja”	Longitud de espiga (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
INIFLAR RT	71.1 a	25.99	11.5 b	25.1	8 000
FL05601	66.8 ab	26.02	17.2 a	23.3	8 800
Milagro Filipino	63 b	26	14 b	26.1	8 500
DMS	7.1	0.03	2.7	2.9	0 900
CV	9.3	25.1	8.8	6.5	14.7
Significancia	*	ns	*	ns	ns

DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; ns = no significativo; * = $p \leq 0.05$.

Cabe resaltar que el ensayo 1 se llevó a cabo en el ciclo otoño invierno, y que abarcó su siembra desde al final del año 2014 y desarrolló en los primeros meses del año 2015 bajo la condición de riego, por lo que a diferencia del tratamiento FL05601, el material INIFLAR RT y “Milagro Filipino” presentan un comportamiento similar en las variables número de espigas por panoja y longitud de espiga, incluso en el rendimiento.

Es importante precisar que INIFLAR RT, es un material diseñado para su establecimiento en condición de riego o temporal (Barrios *et al.*, 2016b), pero prospera mejor en el ciclo primavera verano, ya que es cuando coincide la temporada de lluvias; por su parte, en el tratamiento “Milagro Filipino”, su rendimiento mostrado fue normal por su capacidad productiva y periodo de establecimiento, asimismo por su pérdida de pureza y su mezcla con otras variedades al considerarse una selección (García *et al.*, 2011) en proceso de degeneración.

Por otra parte, en el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos de las variables productivas en el ensayo 2. Los análisis de varianza arrojaron diferencias altamente significativas en todas las variables. En el caso de la altura de planta y la longitud de la espiga, los tratamientos FL06747 y FL08224, superaron estadísticamente a los tratamientos INFLAR R y RT, incluso a los tratamientos Marfil y Lombardía, y en conjunto al tratamiento “Milagro Filipino”. Asimismo, esta tendencia fue similar en las variables número de espigas por “panoja”, número de “macollas” y peso de 1 000 semillas, solo que, en este caso el tratamiento “Milagro Filipino” asemejó estadísticamente su comportamiento con los tratamientos FL06747 y FL08224.

En cuanto al rendimiento, los mayores fueron para los tratamientos FL06747, INIFLAR R y Lombardía; sin embargo, el resto de tratamientos, también registraron un rendimiento aceptable, puesto que superaron a la variedad convencional (Cuadro 3). Como ocurrió en el ensayo 1, el ensayo 2 también se estableció bajo las condiciones del municipio de Parácuaro, Michoacán y con estos resultados se corrobora la capacidad de los materiales de arroz de grano largo y delgado para desarrollar adecuadamente en el ciclo productivo primavera verano, además estos superaron al tratamiento “Milagro Filipino”, observándose que las caracterizaciones de estos materiales dan elementos distinguibles que permiten la elección propicia, y esta se da a través de la diversidad fenotípica mediante rasgos morfológicos (Bajracharya *et al.*, 2006).

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables de productividad de materiales de arroz en Parácuaro, Michoacán, ensayo 2, año agrícola 2015.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Longitud de espiga (cm)	Espigas por “panoja”	Núm. de “macollas”	Peso de 1 000 semillas (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
FL06747	88.75 a	30 a	21.6 a	13.4 a	32.1 a	11 575 a
FL08224	83.95 a	28.5 ab	19.8 ab	11 ab	30.2 ab	9 850 ab
INIFLAR R	72.85 b	27.2 bc	15.2 c	9.2 b	25 bc	11 512 a
INIFLAR RT	69.85 b	24.9 cd	17.4 bc	10.8 b	23.7 c	9 050 b
Marfil	71.7 b	24.7 cd	17 bc	9.2 b	25 bc	9 737 ab
Lombardía	71.8 b	25 cd	18.8 ab	10.6 b	24.5 bc	10 200 ab
Milagro Filipino	67.95 b	23 d	19.4 ab	11.6 ab	28.5 abc	8 200 b
DMS	7.04	2.65	3.3	2.45	6.9	2 380
CV	9.89	7.43	8.92	11.31	10.12	10.33
Significancia	***	***	***	***	**	**

DMS= diferencia mínima significativa; cv= coeficiente de variación; ns= no significativo; ** = $p \leq 0.01$; *** = $p \leq 0.0001$.

Particularmente en la variable la altura de planta, es un factor importante a considerar en la elección de genotipos, en este caso las alturas registradas fluctuaron entre 69 y 88 cm (Cuadro 3). Díaz *et al.* (2017a) reportaron alturas de 104 cm en líneas avanzadas de arroz; sin embargo, esta variable se asocia a problemas de “acame”, esto es, que mayor altura es más probable el riesgo de caídas de planta. Una cualidad de “Milagro Filipino” precisamente es su altura que es compacta, por lo que es casi nulo la pérdida de rendimiento por efecto de acame. Por ello, una característica que se busca de estos materiales de grano largo y delgado es precisamente que presenten una altura compacta. Por otra parte, las variables longitud de espiga, espigas por panoja y el peso de grano, incluso el número de “macollas” influyen en el rendimiento.

Específicamente el número de “macollas”, Díaz *et al.* (2017a) reportan en promedio 12.48 “macollas” por planta en líneas avanzadas de arroz, cuyos datos coinciden con los reportados en este ensayo, que se obtuvieron valores fluctuantes entre 9 y 13 “macollas” (Cuadro 3), esta variable es importante, pues forma parte de la capacidad productiva de los materiales de estudio. A pesar de que las tendencias de valores en los componentes orientan a determinado rendimiento, este puede variar como se pudo observar, los tratamientos FL06747, INIFLAR R y Lombardía presentaron los mayores rendimientos (Cuadro 3) y no necesariamente se relaciona con el peso de grano y los otros componentes, por lo que probablemente pudo haber presente otros factores que influyeron en la respuesta del rendimiento como patógenos (Hernández-Arenas *et al.*, 2012), pérdida de grano o granos vacíos. A pesar de ello, los rendimientos son aceptables, y coinciden con otros reportes (Fu y Yang, 2012; Barrios *et al.*, 2016b; Lacerda and Nascente, 2016).

También, el registro de eventos fenológicos en el tiempo relacionados con la madurez de grano fue tomado (Figura 1). Como se aprecia, la floración se presentó a los 74 y 76 días en la mayoría de los tratamientos, a excepción de los tratamientos INIFLAR RT y “Milagro Filipino” que fueron más tardíos; y este comportamiento se vio reflejado en los eventos posteriores de madurez “lechoza”, madurez “masosa” e incluso en la madurez de cosecha, pues esta se presentó a los 112 y 113 días. Por su parte, en los tratamientos INIFLAR RT y “Milagro Filipino” se presentó a los 123 y 132 días, respectivamente (Figura 1).

Ante los cambios climáticos cada vez más inestables, una característica importante que se valora cuantitativa y cualitativamente es la precocidad de los materiales, lo que tiene que ver con el adelanto de las cosechas, pero sin perder rendimiento ni calidad, tal como se pudo observar, las diferentes etapas de la madurez del grano aparecieron más rápidamente en los materiales de grano largo y delgado (Figura 1), situación claramente diferenciada en el tratamiento “Milagro Filipino”. También es importante señalar, que además de esta característica, se debe explorar otros aspectos como la tolerancia al estrés abiótico (Díaz *et al.*, 2017b), e identificar mutantes de buen comportamiento en condiciones de bajo suministro de agua (González y Martínez, 2016) y otros problemas de origen bióticos (Hernández-Arenas *et al.*, 2012).

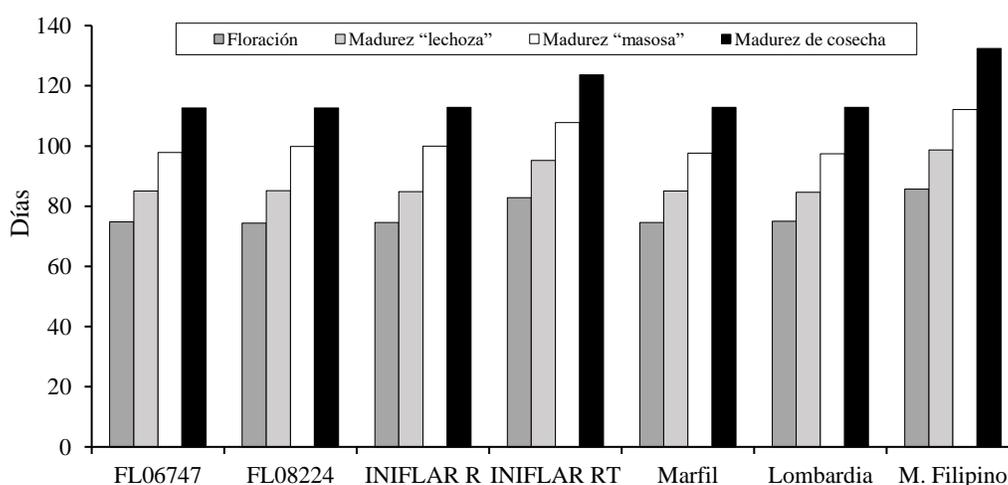


Figura 1. Madurez fisiológica del grano en materiales de arroz, Parícuaro, Michoacán, ensayo 2, año agrícola 2015.

Por otro lado, en el Cuadro 4 se muestran los resultados de las variables altura de planta y rendimiento correspondientes al ensayo 3. Los análisis de varianza solo presentaron diferencias estadísticas en la variable rendimiento, en el cual, el tratamiento Lombardía superó a los tratamientos FL08224 y “Milagro Filipino”. Como se señaló, sin diferencias estadísticas, altura de planta tuvo una tendencia similar a rendimiento, donde los tratamientos FL08224 y “Milagro Filipino” fueron inferiores al tratamiento Lombardía (Cuadro 4). Cabe recordar, que este tercer ensayo se desarrolló en el municipio de Nuevo Urecho, Michoacán y aunque las características edafo-climáticas sugeridas en el apartado correspondiente son similares, el rendimiento del tratamiento FL08224 es inferior al rendimiento presentado en el ensayo 2 con este mismo material, la interpretación a tal efecto puede deberse a los sistemas productivos desde el punto de vista de calidad de semilla y capacidad de adaptación. Esta situación es posible que se presente, pues hay que señalar que el rendimiento es un carácter cuantitativo complejo que en gran medida está influenciado por las fluctuaciones ambientales (Orona *et al.*, 2013).

Cuadro 4. Comparación de medias de las variables altura de planta y rendimiento de granza en materiales de arroz en Nuevo Urecho, Michoacán, ensayo 3, año agrícola 2016.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Lombardía	71.08	12 003 a
FL08224	67.87	7 730 b
Milagro Filipino	68.91	8 255 b
DMS	5.31	3 154
CV	10.84	17.12
Significancia	ns	**

DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; ns= no significativo; ** = $p \leq 0.01$.

De igual forma, la respuesta de las variables altura de planta y el rendimiento de granza en el ensayo 4 se muestran en el Cuadro 5. En este ensayo los análisis de varianza revelaron diferencias estadísticas significativas en ambas variables. En la altura de planta, el tratamiento Lombardía presentó la mayor altura, pero estadísticamente fue similar al tratamiento Marfil y este a su vez al tratamiento “Milagro Filipino”, aunque su altura fue la menor de ambos. En relación al rendimiento de granza, el tratamiento Lombardía superó estadísticamente a los tratamientos Marfil y “Milagro Filipino”, pues rindió más de 13 toneladas por hectárea (Cuadro 5). Como se pudo apreciar en los ensayos descritos, este comportamiento se ha vendido expresando, entre el grupo de tratamientos de grano largo y delgado y “Milagro Filipino” pues la estabilidad de estos materiales se ha manifestado en términos de productividad.

Las evaluaciones que se han venido realizado de líneas experimentales particularmente en Michoacán, han permitido la selección de materiales adaptados a la región, además que presentan características que el consumidor demanda. Es importante resaltar que además del material “Lombardía” cuyo proceso y seguimiento ha sido constante y estable, también el material de arroz denominado “Marfil” ha superado las expectativas (Cuadro 5), pues su comportamiento en campo lo colocan como otra alternativa de estos nuevos materiales de grano largo y delgado. Por su parte “Milagro Filipino” es la variedad predominante en las áreas arroceras; sin embargo, los rendimientos son inferiores a los de grano largo y delgado, además de que es grano grueso y presenta “panza blanca” (García *et al.*, 2011), como se sabe, el arroz de tipo largo y delgado es el de mayor consumo nacional, por lo que se recurre a la importación del mismo.

Cuadro 5. Comparación de medias de las variables altura de planta y rendimiento de granza en materiales de arroz en Nuevo Urecho, Michoacán, ensayo 4, año agrícola 2017.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Marfil	72.05 ab	9 488 b
Lombardía	75.45 a	13 688 a
Milagro Filipino	68.7 b	9 150 b
DMS	3.56	3 556
CV	6.5	16.71
Significancia	***	**

DMS= diferencia mínima significativa; cv= coeficiente de variación; ns= no significativo; ** = $p \leq 0.01$; *** = $p \leq 0.0001$.

Conclusiones

Las líneas avanzadas de arroz de grano largo y delgado presentaron capacidad de adaptación a la zona productora de Michoacán. Estos materiales, son superiores al material convencional “Milagro Filipino” en cuanto a características fenológicas y sus componentes productivos, ya que mostraron consistencia en cada ensayo. Los tratamientos FL06747, INIFLAR R y Lombardía presentaron los mayores rendimientos de granza de las evaluaciones en conjunto, aun así, el tratamiento Lombardía por la respuesta agronómica logró tener estabilidad productiva, por tanto, aporta elementos competitivos, además, su altura es similar a la variedad convencional, por lo que no se tienen caída de plantas. En general, los materiales evaluados son prometedores para su establecimiento en Michoacán, en sustitución de la variedad “Milagro Filipino”.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Dr. Leonardo Hernández Aragón y a la Bióloga Leticia Tavitas Fuentes por las facilidades concedidas en el uso del germoplasma y disponibilidad de la información.

Literatura citada

- Álvarez, H. J. C.; Tapia, V. L. M. y Tavitas, F. L. 2016. Iniflar R, nueva variedad de arroz de grano largo delgado para regiones productoras de riego en México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 17:3649-3654.
- Bajracharya, J.; Steele, K. A.; Jarvis, D. I.; Sthapit, B. R. and Witcombe, J. R. 2006. Rice landrace diversity in Nepal: variability of agro-morphological traits and SSR markers in landraces from a high-altitude site. Field Crops Res. 95(2-3):327-335.
- Barrios, G. E. J.; Rodríguez, M. V. H.; Hernández, A. L.; Tavitas, F. L.; Hernández, P. A.; Tapia, V. L. M. y Pinzón, G. J. M. 2016a. Evaluación de líneas de arroz de grano delgado para riego en México. Interciencia. 41(7):476-481.
- Barrios, G. E. J.; Hernández, A. L.; Tavitas, F. L.; Ortega, A. R.; Jiménez, C. J. A.; Tapia, L. M.; Morelos, V. H.; Hernández, P. A.; Esqueda, E. A. V. y Uresti, D. D. 2016b. INIFLAR RT, variedad de arroz de grano delgado para México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(4):969-976.

- Díaz, S. S. H.; Pérez de, V. F.; Rosas, C. J. y Morejón, R. R. 2017a. Respuesta de diferentes líneas y cultivares de arroz sometidos a bajas temperaturas en condiciones controladas. *Biotecnología Vegetal*. 17(1):57- 65.
- Díaz, S. H.; Morejón, R. y Pérez, N. J. 2017b. Comportamiento y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por el programa de mejoramiento en los palacios. *Cultivos Tropicales*. 38(1):81-88.
- Esqueda, E. V. A. y Tosquy, V. O. H. 2014. Validación de Cihalofop-Butilo + Clomazone para el control de *Echinochloa colona* (L.) link en arroz de temporal. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(5):741-751.
- FAO-UNESCO. 1991. Mapa mundial de suelos. Informe sobre recursos mundiales de suelos. Versión en español. Roma, Italia. 142 p.
- Fu, J. and Yang, J. 2012. Research advances in high-yielding cultivation and physiology of super rice. *Rice Sci.* 19(3):177-184.
- García, A. J. L.; Hernández, A. L. y Tavitas, F. L. 2011. El silverio: nueva variedad de arroz para el trópico mexicano. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(4):607-612.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4a. (Ed.). UNAM. México. 246 p.
- González, C. M. C. y Martínez, R. A. 2016. Selección de mutantes de arroz de buen comportamiento agronómico en condiciones de bajo suministro de agua. *Cultivos Tropicales* 37(1):102-109.
- Hernández, A. L.; Tavitas, F. L.; Candido, P. A.; Jiménez, C, J. A. y López, L. R. 2016. VIII. Tecnologías y sistemas de producción. In: el arroz en México. Hernández-Aragón, L. y Tavitas-Fuentes, L. (Eds.) 1a. Ed. México. 182-245 pp.
- Hernández, A. M.; Barrios, G. E. J.; Canul, K. J.; Berriozabal, O. A. y Rodríguez, E. J. J. 2012. Calidad fitosanitaria y tratamiento químico para control de patógenos en semillas de arroz tipo Morelos. *Investigación Agropecuaria* 9(2):103-111.
- Ireta, P. A. R.; Garza, L. E. B.; Mora, J. S. F. y Peña, B. V. O. 2011. Análisis de la competitividad de la cadena de arroz (*Oryza sativa* L.) con enfoque CADIAC en el sur de Morelos, México. *Agrociencia*. 45(2):259-265.
- Lacerda, M. C. and Nascente, A. S. 2016. Effects of row spacing and nitrogen topdressing fertilization on the yield of upland rice in a no-tillage system. *Acta Scientiarum*. 38(4):493-502.
- Orona, C. F.; Medina, M. J.; Tucuch, C. F. M.; Soto, R. J. M. y Almeyda, L. I. H. 2013. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. *Rev. Inter. Bot. Exp.* 82(1):255-261.
- Ruiz, S. M.; Muñoz, H. Y.; Dell', A. J. M. y Polón, P, R. 2016. Manejo del agua de riego en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) por trasplante, su efecto en el rendimiento agrícola e industrial. *Cultivos Tropicales*. 37(3):178-186.
- SAS Institute Inc. 2002. The SAS System for Windows 9.0. Cary, N.C. USA. 421 p.
- SIAP-SAGARPA. 2016. Estadísticas de la producción nacional de arroz. Datos disponibles en internet. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/avancenacionalcultivo.do>.