

Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, variedades multiambientales de arroz con grano extra largo para México

Leonardo Hernández Aragón^{1§}
Leticia Tavitas Fuentes¹
Juan Carlos Álvarez Hernández²
Luis Mario Tapia Vargas³
Rubén Ortega Arreola⁴
Valentín Esqueda Esquivel⁵
José Alfredo Jiménez Chong⁶
Rutilo López López⁶

¹Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana km 0.5, Zacatepec, Morelos, México. CP 62780. (tavitas.leticia@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parícu, Michoacán. CP 60781. alvarez.juan@inifap.gob.mx). ³Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán. CP 60150. (tapia.luismario@inifap.gob.mx). ⁴Campo Experimental Tecmán-INIFAP. Carretera Colima-Manzanillo km 35, Tecmán, Colima. (ortega.ruben@inifap.gob.mx). ⁵Campo Experimental Cotaxtla-INIFAP. Carretera Veracruz-Córdoba km 34, Medellín, Veracruz. (esqueda.valentin@inifap.gob.mx). ⁶Campo Experimental Huimanguillo-INIFAP. Carretera Huimanguillo-Cárdenas km 1, Huimanguillo, Tabasco. (jimenez.jose@inifap.gob.mx; lopez.rutilo@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: hernandez.leonardo@inifap.gob.mx.

Resumen

Durante 2012-2015 se seleccionaron, evaluaron biométricamente, purificaron y se caracterizaron morfológicamente en planta y grano las líneas de arroz FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-1P-3P-M-150pZa-250pZa-0Za. Por su elevado y estable potencial de rendimiento, tanto en la vertiente del Pacífico como del Golfo de México, en 2016 se propuso su liberación y registro ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) como nuevas variedades Pacífico FL15 (registro ARZ-026-010716) y Golfo FL 16 (registro ARZ-025-010716), y en 2018 fueron asignados los números 1871 y 1872 de título de obtentor, respectivamente. Ambas variedades son resistentes al complejo sogata-VHB (virus de la hoja blanca) y a enfermedad endémica ‘quema del arroz’ (*Pyricularia oryzae*), y son moderadamente resistentes a la enfermedad ‘grano manchado’ causada por *Helminthosporium oryzae* en asociación con otros patógenos. El grano de ambas variedades es extra largo con excelente calidad molinera y buena calidad culinaria. Se produjo semilla básica y en octubre de 2016 se entregaron al Consejo Mexicano del Arroz, AC., 2.42 t de Pacífico FL 15 y 2.1 t de Golfo FL 16, y en otoño-invierno 2016-2017 se inició un programa de producción de semillas registradas y certificadas, para la siembra en áreas arroceras de la vertiente de océano Pacífico y las planicies del Golfo de México. Con estas variedades los arroceros contribuirán con 300 000 t de arroz de grano extra largo que demanda la población.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., calidad industrial, estabilidad de rendimiento, FLAR, semilla.

Recibido: enero de 2019

Aceptado: marzo de 2019

Introducción

Hasta mediados de la década de los ochenta del siglo XX, debido a la producción de arroz (*Oriza sativa* L.) de grano largo delgado ‘tipo Sinaloa’, en México se tenía autosuficiencia en este cereal (Hernandez, 2016). Con la incorporación del país al Acuerdo General sobre Tarifas y Comercio (GATT) en 1986, los permisos a la importación de productos agrícolas se transformaron en aranceles y en 1989, el precio de garantía de los granos básicos, entre éstos el del arroz fue eliminado (Calva *et al.*, 1998). En 1994 entró en vigor el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y se eliminaron los aranceles a la importación de arroz, principalmente del proveniente de los Estados Unidos (Bartra, 2005).

Con la apertura comercial en 2000, el arroz ‘tipo Sinaloa’ perdió competitividad debido a la importación masiva de arroz del mismo tipo de grano, favorecida por la producción y comercialización a bajos precios, generada por los altos subsidios que reciben los productores de los Estados Unidos de América (Ireta *et al.*, 2011). Las consecuencias se reflejaron en una drástica reducción de la superficie sembrada y de los volúmenes de producción de arroz de grano largo delgado en el país (Chávez-Murillo *et al.*, 2011).

Actualmente 75% del arroz que se consume en México es importado y con grano largo delgado, en 2015 se importaron 1 062 500 toneladas con un costo de trescientos millones de dólares, equivalentes a seis mil millones de pesos anuales (Hernández, 2016). Sólo 25% del consumo es abastecido por la producción nacional, de la cual la cuarta parte es ‘arroz Morelos’ (largo con 20% de ‘panza blanca’) y tres cuartas partes es arroz Milagro Filipino (mediano con 10% de ‘panza blanca’) (SIAP-SAGARPA, 2016).

Para coadyuvar a la solución de esta situación, el INIFAP, con el apoyo financiero del Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT en sinergia con el Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego (FLAR) del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Cali, Colombia, durante el período 2012-2015 realizó actividades de selección (Alvarez *et al.*, 2016; Barrios *et al.*, 2016a) y evaluación biométrica de materiales de arroz de grano largo delgado (Barrios *et al.*, 2016b) bajo las condiciones ambientales de los trópicos seco y húmedo de México. Ante esa situación, los objetivos planteados fueron generar nuevas variedades multiambientales de arroz de grano largo delgado, con rendimiento alto y estable, resistentes a las enfermedades prevalentes en México, con buena calidad industrial del grano, y competitivas con los arroces de importación; y producir y entregar la semilla de alta calidad para el establecimiento de programas de producción de semillas certificadas, las cuales coadyuven a la recuperación de los niveles de producción de arroz de grano largo delgado en México.

Materiales y métodos

Durante el año 2012, se introdujeron del FLAR los viveros identificados como VIOFLAR-2008, VIOFLAR-2009, VIOFLAR-2010 y VIOFLAR-2011, e integrados por 40, 35, 40 y 226 líneas F₅, respectivamente.

Los materiales pre-seleccionados se establecieron y evaluaron a través de pruebas preliminares de rendimiento (PPR), ensayos preliminares de rendimiento (EPR), ensayos compactos de

rendimiento (ECR) y validación de la tecnología en los ecosistemas contrastantes y regímenes de humedad de diferentes localidades del trópico seco de la vertiente del Pacífico y de la Depresión del Balsas, así como del trópico húmedo del Golfo de México (Cuadro 1) a su vez, la evaluación de la calidad industrial del grano se efectuó en el laboratorio del Campo Experimental Zacatepec del INIFAP, localizado en Zacatepec, Morelos.

Cuadro 1. Localidades y coordenadas geográficas, regímenes de humedad y ecosistemas donde fueron evaluados los materiales de arroz del FLAR en el período 2012-2015.

Localidades	Latitud norte	Longitud oeste	Regímenes de humedad	Ecosistemas
Ébano, SLP (Las Huastecas)	22°10'20"	98°27'58"	Riego convencional	Trópico sub-húmedo
Zacatepec, Morelos	18°39'17"	99°12'04"	Riego convencional	Trópico seco
Parácuaro, Michoacán	19°10'12"	102°01'55"	Riego convencional	Trópico seco
El Gargantillo, Tomatlán, Jalisco	19°59'58"	105°19'02"	Riego convencional	Trópico seco
Sauta, Santiago Ixcuintla, Nayarit	21°43'35"	105°09'38"	Riego convencional	Trópico seco
Buenavista, Colima	19°15'01"	103°37'38"	Temporal con riegos precarios	Trópico seco
Loma del Chivo, Tres Valles, Cotaxtla, Veracruz	18°50'07"	96°23'41"	Temporal común	Trópico húmedo
Poblado C-21, Huimanguillo, Tabasco	18°26'08"	93°33'06"	Temporal común	Trópico húmedo

Prueba preliminar de rendimiento

Con las 341 líneas iniciales, en 2012 se realizaron cinco PPR sin repeticiones, en las localidades: Tecomán, Colima; Zacatepec, Morelos; Ébano, San Luis Potosí, Cotaxtla, Veracruz, y Palizada, Campeche. Los criterios de selección en primera instancia se basaron en los niveles de resistencia/susceptibilidad a plagas y enfermedades, aceptabilidad fenotípica de las plantas y tipo de grano (IRRI, 1996). La mayor parte de los materiales se descartaron por su alta susceptibilidad a las enfermedades endémicas ‘quema de arroz’ (*Pyricularia oryzae* Cav.) y al ‘grano manchado’ (*Helminthosporium oryzae* Breda de Haan), y sólo fueron seleccionadas 26 líneas (INIFAP, 2013).

Ensayo preliminar de rendimiento

Con las 26 líneas seleccionadas en 2013, se estableció EPR con cuatro repeticiones, en Tecomán, Colima (riego), Tomatlán, Jalisco (riego), Parácuaro, Michoacán (riego), Zacatepec, Morelos (riego), Ébano, San Luis Potosí (riego); Cotaxtla, Veracruz (temporal), Huimanguillo, Tabasco (temporal) y Palizada, Campeche (riego). En cada sitio, las 26 líneas se compararon con tres testigos locales. Se consideraron los mismos criterios de selección utilizados para la PPR y se determinó el potencial de rendimiento y evaluación de la calidad industrial del grano. De este ensayo fueron seleccionados 13 materiales.

Ensayo compacto de rendimiento

En 2014 y 2015 a través del ECR con tres y cuatro repeticiones, respectivamente, se realizó la evaluación biométrica mediante la determinación de la interacción ‘genotipo x ambiente’ y estudio de parámetros de estabilidad. Las 13 líneas élite se compararon con tres testigos, en ocho localidades: Santiago Ixcuintla, Nayarit; Tecomán, Colima; Tomatlán, Jalisco; Parácuaro Michoacán; Zacatepec, Morelos; Ébano, San Luis Potosi; Cotaxtla, Veracruz, y Huimanguillo, Tabasco. En ambos ciclos, por sus niveles de estabilidad, potencial de rendimiento, resistencia a las enfermedades endémicas, y tipo y calidad industrial del grano, destacaron las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M y FL08224-3P-2-1P-3P-M. No obstante, ambas líneas mostraron cierto grado de segregación (INIFAP, 2015; INIFAP, 2016a). Según el FLAR, ambas líneas derivaron de cruce triple FL001028-8P-3-2P-1P-M-2X-3P-1P/FL03146-3P-2-2P-3P-M//FL03188-7P-5-5P-1P-M; y FL05512-7P-6-1P/ FL03157-10P-6-2P-1P-M// FL04577-3P-11-4P-1P-M, respectivamente.

Los datos de los rendimientos de cada sitio fueron integrados y analizados a través de un diseño factorial para la determinación de la interacción “genotipo x ambiente” y estudio de parámetros de estabilidad, con cuya información se realizó un análisis estadístico combinado, con el software SAS (2009), para confirmar la estabilidad de los genotipos (Eberhart y Russell, 1966).

Purificación genética

Debido a que las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M y FL08224-3P-2-1P-3P-M segregaron para tipos de planta y grano en los diferentes sitios evaluados, en el ciclo primavera-verano (P-V) 2014 se establecieron en el Campo Experimental Zacatepec, lotes de purificación genética de ambas líneas por el método de filiación genealógica que se aplica en la tecnología para la producción de semilla de alta calidad (Hernández y Tavitas, 2016). Durante la fase de maduración del grano se colectaron 150 panículas de cada línea. En el ciclo otoño-invierno (O-I) 2014/2015 la semilla de cada panícula se sembró en un solo surco, y al llegar las plantas a la madurez, las mejores panículas de las mejores plantas de cada surco se cosecharon por separado quedando sus genealogías como: FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa y FL08224-3P-2-3P-M-150pZa.

En el siguiente ciclo (P-V 2015) las semillas de cada panícula fueron sembradas nuevamente por separado, y al final de 2015 se seleccionaron 250 panículas, por lo que sus genealogías se ampliaron a FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa y FL08224-3P-2-3P-M-150pZa-250pZa, respectivamente. En el ciclo O-I 2015/2016 cada panícula fue sembrada en un surco, y la cosecha de todos los surcos de cada cultivar se efectuó en forma masal, quedando las genealogías definitivas como FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-3P-M-150pZa-250pZa-0Za. El producto constituyó la semilla original purificada de cada genotipo (López y Hernández, 2006).

Parcelas de validación

En P-V 2015 se realizó la validación tecnológica de ambas líneas en Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Morelos, Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (Huimanguillo y Emiliano Zapata) (INIFAP, 2016b).

Caracterización

La caracterización de un cultivar es de gran importancia para fines de identificación a través de sus características morfológicas, agronómicas e industriales, que pueden ser utilizadas por fitomejoradores, agrónomos y productores de semillas (Tavitas y Hernández, 2007). En el ciclo P-V 2015, en el Campo Experimental Zacatepec, se realizó la caracterización morfológica y agronómica de las plantas y el grano de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-3P-M-150pZa-250pZa-0Za. Lo anterior, se realizó mediante la aplicación de 42 descriptores que recomienda el Centro Internacional de Recursos Genéticos (IRGC, 1980) del IRRI en Filipinas, y de 65 descriptores que exige la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades Vegetales (UPOV, 2004).

Calidad molinera y culinaria

La calidad molinera del grano de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-3P-M-150pZa-250pZa-0Za, se determinó mediante el análisis de muestras de 200 g de grano, de donde se obtuvo el porcentaje de granos pulidos enteros, la clasificación y apariencia del grano; a su vez para la calidad culinaria se determinó la temperatura de gelatinización, la consistencia del gel, el contenido de amilosa y la prueba de cocción y degustación (Tavitas *et al.*, 2009).

Resultados

En el Cuadro 2, se presentan los rendimientos medios de grano del ECR 2015 establecido en las localidades arroceras de México. Como se aprecia, existe variación en el comportamiento de los materiales entre localidades, algunas con rendimientos mayores como Parácuaro Michoacán y Santiago Ixcuintla Nayarit, seguido las demás localidades evaluadas, a excepción de la localidad Huimanguillo Tabasco (temporal), que fue la que obtuvo los rendimientos más bajos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimientos medios (t ha⁻¹) de 15 genotipos que integraron el ECR 2015 establecido en siete localidades del trópico seco y húmedo de México en el ciclo P-V 2015.

Genealogías	Ébano, SLP	Zacatepec, Morelos	Parácuaro, Michoacán	Tomatlán, Jalisco	Santiago Ixcuintla, Nayarit	Buenavista, Colima	Huimanguillo, Tabasco
FL04867-2P-7-3P-3P-M	8.555	8.15	10.156	6.59	10.156	9.201	4.035
FL04952-1P-5-1P-1P-M	9.18	10.6	12.66	8.36	11.502	7.847	3.92
FL06747-4P-10-5P-3P-M	10.664	10.875	12.164	5.98	11.148	7.87	4.799
FL08224-3P-2-1P-3P-M	12.519	11.4	14.272	6.85	13.518	8.337	3.833
FL06689-3P-1-4P-M	9.746	12.1	12.24	7.19	10.014	4.455	4.402
FL06679-3P-5-3P-M	8.144	13.975	12.48	6.64	11.976	8.622	3.797
FL010164-7P-3-1P-1P-M	10.586	10.825	14.648	6.11	12.248	9.818	3.661
FL08378-3P-5-2P-2P-M	10.937	11.7	8.858	5.31	10.594	9.255	3.955
FL010129-12P-4-2P-3P-M	13.125	13	12.072	7.37	11.152	9.178	4.015

Genealogías	Ébano, SLP	Zacatepec, Morelos	Parácuaro, Michoacán	Tomatlán, Jalisco	Santiago Ixcuintla, Nayarit	Buenavista, Colima	Huimanguillo, Tabasco
FL07562-7P-3-3P-2P-M	9.707	9.825	12.74	9.35	11.688	9.835	4.07
FL07162-7P-3-3P-3P-M	9.863	12.825	11.2	8.74	10.628	9.295	3.515
INIFLAR R	9.219	11.4	9.32	6.29	10.308	9.192	4.409
INIFLAR RT	10	6.85	13.908	6.46	12.892	7.378	4.491
El Silverio	8.086	5.35	10.996	7.04	10.214	7.028	3.62
Aztecas	7.109	13.6	12.572	8.3	12.15	8.455	4.242

Como puede observarse en el Cuadro 3, los ambientes donde los 15 genotipos reportaron rendimientos más de 10 t ha⁻¹ fueron: Parácuaro Michoacán, Sauta Nayarit y Zacatepec Morelos; los tres sitios se ubican en el trópico seco y el cultivo se desarrolla en condiciones de riego; en Ébano, San Luis Potosí, localizado en el trópico sub-húmedo, también con riego convencional estuvo ligeramente abajo de 10 t ha⁻¹. En Buenavista Colima, donde el cultivo se desarrolla en condiciones de temporal con riegos precarios, el rendimiento fue inferior a lo reportado, al igual que El Gargantillo, Jalisco localizado en el trópico seco, con régimen de riego y suelos lateríticos delgados. En cambio, para el Poblado C-21 de Huimanguillo, Tabasco, localizado en el trópico húmedo y régimen de humedad de temporal común, el rendimiento fue el más bajo de todos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Respuesta de 15 genotipos de arroz de grano largo en las siete localidades donde se estableció el ECR 2015.

Localidades	Rendimiento promedio (t ha ⁻¹)
Ébano, San Luis Potosí	9.829 bc
Zacatepec, Morelos	10.8 ab
Parácuaro, Michoacán	12.02 a
El Gargantillo, Jalisco	7.105 d
Sauta, Nayarit	11.35 a
Buenavista, Colima	8.651 c
Poblado C-21 de Huimanguillo, Tabasco	4.051 e

Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey $p = 0.05$).

En el Cuadro 4 se indican los resultados de los rendimientos medios de los 15 genotipos a través de la interacción “genotipo x ambiente”. Como puede observarse, los rendimientos cercanos a las 10 t ha⁻¹, correspondieron a las líneas FL010129-12P-4-2P-3P-M, FL010164-7P-3-1P-1P-M, FL08224-3P-2-1P-3P-M y FL07562-7P-3-3P-2P-M, estas dos últimas de grano extra largo. Aunque las variedades INIFLAR e INIFLAR RT de granos medianos (liberadas por INIFAP en 2015), se ubicaron en el mismo nivel de significancia, pero sus rendimientos fueron ligeramente menores, mientras que el rendimiento de la variedad Aztecas fue el menor expresado de todos los genotipos evaluados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimientos medios de los 15 genotipos en los siete sitios en que se estableció el ECR 2015 para determinar la interacción “genotipo x ambiente”.

Genealogías	Rendimiento (t ha ⁻¹)
-------------	-----------------------------------

Genealogías	Rendimiento (t ha ⁻¹)
FL04867-2P-7-3P-3P-M	8.121 ab
FL04952-1P-5-1P-1P-M	9.153 ab
FL06747-4P-10-5P-3P-M	9.071 ab
FL08224-3P-2-1P-3P-M	10.1 a
FL06689-3P-1-4P-M	9.164 ab
FL06679-3P-5-3P-M	9.376 ab
FL010164-7P-3-1P-1P-M	9.835 ab
FL08378-3P-5-2P-2P-M	8.658 ab
FL010129-12P-4-2P-3P-M	9.987 ab
FL07562-7P-3-3P-2P-M	9.825 ab
FL07162-7P-3-3P-3P-M	9.438 ab
INIFLAR R	8.592 ab
INIFLAR RT	8.854 ab
El Silverio	7.476 b
Aztecas	9.49 ab

Medias seguidas de la misma letra dentro de columnas no difieren estadísticamente (Tukey $p = 0.05$).

Por otra parte, los niveles de estabilidad de los 15 genotipos evaluados en los siete sitios, se presentan en el Cuadro 5. Es de resaltar, que las líneas FL08224-3P-2-1P-3P-M y FL07562-7P-3-3P-2P-M presentaron una capacidad para adaptarse en todos los ambientes evaluados, pues se reportaron con niveles de estabilidad aceptables con rendimientos medios de 10.1 y 9.53 t ha⁻¹, respectivamente. Algunas otras líneas, aunque con buenos rendimientos también fueron estables, pero no en todos los ambientes. INIFLAR R, INIFLAR RT y el Silverio, también son estables en todos los ambientes, aunque con menor rendimiento. La variedad Aztecas y la línea FL06747-4P-10-5P-3P-M tienen rendimientos superiores a 9 t ha⁻¹, pero sólo son estables en ambientes favorables (Cuadro 5).

Cuadro 5. Parámetros de estabilidad de los 15 genotipos de arroz de grano largo delgado que integraron el Tercer ECR 2015, ciclo P-V 2015.

Genealogías	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Desviación estándar	Niveles de estabilidad
FL04867-2P-7-3P-3P-M	8.12	-5.31	Estable
FL04952-1P-5-1P-1P-M	9.15	-5.64	Estable
FL06747-4P-10-5P-3P-M	9.07	-5.62	Estable en ambientes favorables
FL08224-3P-2-1P-3P-M	10.1	-5.29	Estable en todos los ambientes
FL06689-3P-1-4P-M	8.59	-2.7	Estable
FL06679-3P-5-3P-M	9.38	-3.88	Estable
FL010164-7P-3-1P-1P-M	9.7	-5.19	Estable
FL08378-3P-5-2P-2P-M	8.66	-3.23	Estable
FL010129-12P-4-2P-3P-M	9.99	-4.17	Estable
FL07562-7P-3-3P-2P-M	9.53	-4.6	Estable en todos los ambientes
FL07162-7P-3-3P-3P-M	9.44	-4.56	Estable
INIFLAR R	8.59	-4.87	Estable en todos los ambientes
INIFLAR RT	8.85	-1.63	Estable en todos los ambientes

El Silverio	7.48	-3.08	Estable en todos los ambientes
Aztecas	9.49	-2.93	Estable en ambientes favorables

Principales características morfológicas y agronómicas de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M y FL08224-3P-2-1P-3P-M.

La identificación de características morfológicas, agronómicas e industriales, son de gran importancia para fines de ser utilizadas en la toma de decisiones relacionadas con esta actividad (Bajracharya *et al.*, 2006; Tavitas y Hernández, 2007), lo anterior se realizó mediante la aplicación de los descriptores que recomienda el Centro Internacional de Recursos Genéticos (IRGC, 1980) del IIRI en Filipinas, y la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades Vegetales (UPOV, 2004). Por tanto, en el cuadro 6, las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M y FL08224-3P-2-1P-3P-M se presentan sus principales características.

Cuadro 6. Principales características morfológicas y agronómicas de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M y FL08224-3P-2-1P-3P-M.

Características	FL07562-7P-3-3P-2P-M	FL08224-3P-2-1P-3P-M
Hojas	Verdes con pubescencia intermedia	Verdes, muy pubescentes
Angulo de tallo y vigor	Intermedio (tallos no gruesos, pero con elasticidad)	Fuerte (porte semi-erectos)
Hoja bandera (ángulo de hoja bandera)	Erecto	Erecto
Porte de tallo	Intermedio (altura intermedia)	Intermedio
Color de nudo y entrenudo	Verde claro	Verde claro
Excerción de panícula	Justa (se encuentra entre hoja bandera y el tallo).	Justa
Grano	No presenta arista	No presenta arista
Cariópside	Extra larga de forma fusiforme, color blanco sin aroma	Extra larga de forma fusiforme, color blanco, sin aroma
Días a floración	113	113
Días a madurez fisiológica del grano	135	135
Aceptabilidad fenotípica	Planta semi-compacta	Planta semi-compacta
Grado de amacollamiento	Mediano	Mediano
Respuesta al acame	Resistente	Resistente
Altura de la planta	99 cm	101 cm
Respuesta a la nueva enfermedad "Manchado del grano"	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Respuesta a la enfermedad "Quema del arroz" (<i>Pyricularia oryzae</i>)	Resistente	Resistente
Respuesta al complejo sogata-VHB (Virus de la hoja blanca)	Resistente	Resistente

Tipo de grano	Extra largo delgado	Extra largo delgado
Estabilidad en trópico seco y trópico húmedo	Estable en todos los ambientes	Estable en todos los ambientes

Calidad industrial del grano de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-1P-3P-M-150pZa-250pZa

Calidad molinera

En la línea FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za el peso de 1000 granos pulidos fue de 22.4 g en promedio, siendo la recuperación de granos pulidos enteros de 60.5%. De acuerdo a la longitud (7.6 a 7.9 mm), ancho (1.9 a 2 mm) y relación largo/ancho (3.7 a 4 mm), el grano se clasificó como extra largo delgado con apariencia cristalina, por lo que se le considera de buena calidad molinera y del tipo de grano que se requiere. En cambio, en la línea FL08224-3P-2-1P-3P-M-150pZa-250pZa, el peso de 1000 granos pulidos fue de 21.1 g en promedio, siendo la recuperación de granos pulidos enteros de 62%, su grano se clasificó como extra largo delgado con apariencia 100% cristalina.

Calidad culinaria

La temperatura de gelatinización de los granos pulidos de la línea FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za fue baja, mientras que el contenido de amilosa fue de 30%, el cual se considera alto. En la prueba de degustación de granos cocidos, éstos presentaron un aroma y sabor débil, un aspecto tierno y brillante, estaban bien separados, y eran masticables con buena apariencia, por lo que su calidad culinaria fue calificada como buena (INIFAP, 2016a). De acuerdo a las características físico-químicas del grano pulido, la calidad culinaria de la línea FL08224-3P-2-1P-3P-M-150pZa-250pZa se considera buena, ya que presenta una temperatura de gelatinización baja, el contenido de amilosa es alto (30%), el sabor y aroma de los granos cocidos es débil; además, los granos permanecen parcialmente separados y alargados, tiernos, moderadamente brillantes, húmedos, masticables con buena apariencia (INIFAP, 2016a)

Propuesta para la liberación y registro de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-1P-3P-M-150pZa-250pZa

Después de realizar la caracterización morfológica, agronómica y de la calidad industrial del grano de las líneas FL07562-7P-3-3P-2P-M-150pZa-250pZa-0Za y FL08224-3P-2-1P-3P-M-150pZa-250pZa, en 2016, ambos genotipos fueron propuestos ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) para su liberación y registro como nuevas variedades. La primera con el nombre de Pacífico FL15 (clave ARZ-026-010716), y la segunda, como Golfo FL16 (clave ARZ-025-010716) (SNICS, 2015). Simultáneamente, en el Campo Experimental Zacatepec se establecieron dos lotes para la producción de semilla básica de ambas variedades, en los cuales se obtuvieron 2 420 kg de semilla de Pacífico FL15 y 2 100 kg de Golfo FL16, mismos que en octubre de 2016 fueron entregados al Consejo Mexicano del Arroz, A.C., para el inicio de sendos programas de producción de semillas registradas.

Discusión

La productividad de las variedades Pacífico FL15 y Golfo FL16 fue de 65.7 y 67.8 kg de grano por día (INIFAP, 2016b). Con la variedad Pacífico FL15 se obtiene un rendimiento medio 9.2 t ha⁻¹, que representa incrementos de 2.6 y 3.7 t ha⁻¹ de arroz palay con respecto a las variedades comerciales Aztecas (6.6 t ha⁻¹) y Milagro Filipino (5.5 t ha⁻¹) del ECR. Por su parte, con la variedad Golfo FL16 se obtiene un rendimiento medio de 9.5 t ha⁻¹, que representa incrementos de 2.9 y 4 t ha⁻¹ de arroz palay con respecto a las variedades comerciales Aztecas y Milagro Filipino del ECR. Además, con las variedades Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, la recuperación de granos pulidos enteros, se incrementa entre 9 y 33% con relación a las variedades comerciales (García *et al.*, 2011).

Otra ventaja de estas variedades consiste en que poseen alto espectro de resistencia al complejo sogata-VHB (virus de la hoja blanca) y a la enfermedad endémica “quema del arroz” (*Pyricularia oryzae*), así como moderada resistencia a la nueva enfermedad “grano manchado”, causada por *Helminthosporium oryzae* en asociación con otros patógenos, y a los barrenadores de los tallos (*Chilo loftini*, *Rupela albinella* y *Diatraea saccharialis*) (Hernandez *et al.*, 2013; Tapia *et al.*, 2013). Además, ambas variedades se distinguen por su grano extra largo con excelente calidad molinera y buena calidad culinaria, por lo que podrán competir con los tipos de grano que se están importando de Tailandia y Vietnam (Tolentino, 2014).

Las variedades multiambientales, son de alto potencial rendimiento, estables en los ecosistemas de ambos litorales, resistentes al acame, al desgrane y a las enfermedades que atacan a este cultivo a nivel nacional, con grano largo delgado de buena calidad industrial, son competitivas con el arroz de importación de este mismo tipo de grano. Además, coadyuvarán a la ampliación de la superficie y aumento de la producción de arroz con este tipo de grano, siendo un referente para contrarrestar los volúmenes de importación de arroz de grano largo delgado, restableciéndose las fuentes de trabajo en el campo y en la industria arrocera.

Conclusiones

Se seleccionaron, purificaron, evaluaron biométricamente y liberaron Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, dos variedades de arroz de grano largo delgado con alto y estable potencial de rendimiento, resistentes a la “quema del arroz” y al complejo sogata-(VHB), con moderada resistencia a la nueva enfermedad “grano manchado”, a barrenadores de los tallos, y con buena calidad industrial del grano. La variedad multiambiental Pacífico FL 15 es estable en todos los ambientes del trópico húmedo del Golfo de México y del trópico seco de la vertiente del océano Pacífico. Puede cultivarse bajo riego en ambas vertientes, pero presenta mayor potencial en la vertiente del Pacífico. La variedad Golfo FL 16 también es multiambiental y estable en todos los ambientes del trópico húmedo del Golfo de México y del trópico seco de la vertiente del Pacífico. Puede cultivarse en ambas vertientes, pero presenta mayor potencial en las planicies del Golfo de México.

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 las regiones productoras de riego en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 17(especial):3649-3654.
- 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. 2016a. INIFLAR RT, variedad de arroz de grano delgado para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(4):969-976.
- 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. 2016b. Evaluación de líneas de arroz de grano delgado para riego en México. *Interciencia*. 41(7):476-481.
- Calva, J. L.; Gómez, M. A. y Schwentesius, R. 1998. La producción de arroz en México en el marco de la apertura comercial. *In: memorias del primer simposium internacional de arroz*. Cocoyoc Morelos, México. 17 p.
- 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 Research*. 95(2-3):327-335.
- Bartra, A. 2005. Crónica de un desastre anunciado, México y el TLC, *Revista Memoria (México)*. 199:5-13.
- Chávez-Murillo, C. E.; Wang, Y. J.; Quintero-Gutiérrez, A. G. and Bello-Pérez, L. A. 2011. Physicochemical textural and nutritional characterization of Mexican rice cultivars. *Cereal Chemistry*. 88(3):245-252.
- Eberhart, S. A. and Russell, A. 1966. Stability parameter for comparing varieties. *Crop Science*. 6:36-40.
- García, A. J. L.; Hernández, A. L. y Tavitas, F. L. 2011. El Silverio: nueva variedad de arroz para el trópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(4):607-612.
- Hernández, A. L. 2016. I. Situación actual del cultivo de arroz en México. *In. El arroz en México*. Hernández-Aragón, L. y Tavitas-Fuentes, L. (Eds.) 1^{ra}. Ed. México. 1-5 pp.
- Hernández, A. L. y Tavitas, F. L. 2016. IV. Mejora genética. *In. El arroz en México*. Hernández-Aragón, L. y Tavitas-Fuentes, L. (Eds.) 1^{ra}. Ed. México. 58-68 pp.
- Hernández, P. A.; Tapia, V. L. M.; Larios, G. A.; Vidales, F. I. y Rico, P. H. R. 2013. Tecnología para la producción de arroz en el trópico seco de Michoacán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Guía técnica número 1. 57 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2013. Evaluación de materiales genéticos de arroz de grano largo delgado para las regiones productoras de México. Segundo Informe Técnico del Proyecto Fondo Sectorial Número 148859. Campo Experimental Zacatepec, Morelos. 29 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2015. Evaluación de materiales genéticos de arroz de grano largo delgado para las regiones productoras de México. Cuarto Informe Técnico del Proyecto Fondo Sectorial Número 148859. Campo Experimental Zacatepec, Morelos. 67 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2016a. Evaluación de materiales genéticos de arroz de grano largo delgado para las regiones productoras de México. Quinto Informe Técnico del Proyecto Fondo Sectorial Número 148859. Campo Experimental Zacatepec, Morelos. 77 p.

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) 2016b. Pacífico FL 15, variedad multiambiental de arroz de grano extra largo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Ficha tecnológica generada. 2 p.
- 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.
- IRGC (International Rice Germplasm Center). 1980. Descriptors for rice. IRRI-PBGR Committee. Manila, Philippines. 21 p.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1996. Standard evaluation system for rice. 4th ed. Manila, Philippines. 52 p.
- López, A. A. y Hernández, A. L. 2006. Tecnología para la producción de semilla de arroz de alta calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Valle de Apatzingán. Folleto para productores núm.1. 14 p.
- SAS Institute Inc. 2009. The SAS System for Windows 9.1. Cary, NC. USA. 121 p.
- SIAP-SAGARPA. 2016. Estadísticas de la producción nacional de arroz. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/AvanceNacionalCultivo.do>.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2018. Documento guía para los solicitantes de título de obtentor. SAGARPA. Datos disponibles en internet. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/289667/GuiaUsuariosDOV_web_.pdf
- Tapia-Vargas L.; Hernández-Pérez A.; Larios-Guzmán A. y Vidales-Fernández I. 2013. Producción de arroz Palay en la Región del Valle de Apatzingán. Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Folleto técnico número 1. 64 p.
- Tavitas, F. L. y Hernández, A. L. 2007. Fundamentos para la caracterización varietal de arroz (*Oryza sativa* L.) en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Publicación especial número 43. 40 p.
- Tavitas, F. L.; Hernández, A. L. y Valle, V. M. 2009. Actualización de las técnicas para la determinación de la calidad del grano de arroz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Folleto Técnico número 36. 29 p.
- Tolentino, M. J. M. 2014. La producción de arroz del estado de Morelos: una aproximación desde el enfoque SIAL. *Revista Estudios sociales*. 22(44):38-61.
- UPOV (International Union for the Protection of New Varieties of Plants). 2004. Guidelines uniformity and stability of rice (*Oryza sativa* L.). Geneve, Switzerland. 38 p.