

## Potencial productivo del arroz ‘Lombardía FLAR 13’ genotipo de grano largo y delgado de la zona arroceras de Michoacán

Juan Carlos Álvarez-Hernández<sup>1§</sup>

Luis Mario Tapia-Vargas<sup>2</sup>

Leonardo Hernández-Aragón<sup>3</sup>

Leticia Tavitas-Fuentes<sup>3</sup>

Maricela Apaez-Barrios<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parácuaro, Michoacán, México. CP. 60781. <sup>2</sup>Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana núm. 1101, col. Revolución, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60150. (tapia.luismario@inifap.gob.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Zacatepec-INIFAP. Carretera Zacatepec-Galeana km 0.5, Zacatepec, Morelos, México. CP. 62780. (hernandez.leonardo@inifap.gob.mx; tavitas.leticia@inifap.gob.mx). <sup>4</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias-UMSNH, Mariano Jiménez s/n, colonia El Varillero, Apatzingán, Michoacán, México. CP. 60160. (maricela.apaez@umich.mx).

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

### Resumen

En México, ha sido un reto satisfacer la demanda nacional de arroz que superan las 850 000 toneladas anuales, por lo que en los últimos años se ha recurrido a la importación. Ante ello, a fin de contrarrestar esta situación, se ha incentivado el desarrollo de tecnologías propias a los sistemas de producción y la implementación de programas de mejoramiento genético orientados a la generación de genotipos y su adaptación a las zonas arroceras del país. A pesar de los esfuerzos, aun se carece de variedades de arroz de grano largo y delgado que son de buena calidad industrial del grano y competitivo con los arroces de importación; además, que son preferidos por el consumidor. En consecuencia, en la región arroceras de Michoacán se identificaron líneas de arroz avanzadas, donde surgió el genotipo Lombardía FLAR 13. Durante los ciclos 2017 a 2020 este material fue evaluado experimentalmente en comparación con el genotipo Milagro Filipino en Lombardía, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán. Se registraron variables morfológicas y productivas. Con los datos obtenidos además de la verificación de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, se analizaron con la prueba estadística t-student para muestras independientes. Los resultados mostraron superioridad del genotipo Lombardía FLAR 13 sobre el genotipo Milagro Filipino, ya que en la mayoría de las variables morfológicas evaluadas igualó, e incluso superó en las variables productivas, particularmente en esta última, los rendimientos fueron superiores a 9 t ha<sup>-1</sup>, además presentó estabilidad productiva durante los ciclos evaluados, por lo que es competitivo con la variedad convencional Milagro Filipino que se establece en la zona.

**Palabras clave:** *Oriza sativa*, FLAR, fondo latinoamericano de arroz de riego, genotipos de arroz.

Recibido: febrero de 2022

Aceptado: junio de 2022

## Introducción

El arroz (*Oriza sativa* L.) por su importancia alimentaria a nivel mundial es uno de los cereales más apreciados, contiene gran cantidad de energía, proporciona 27% del suministro alimentario, comparado con el trigo que suministra 19% y el maíz solo 5%; en tanto a proteínas, por cada 100 g de arroz contiene aproximadamente 6.8 g de proteína; 1.2 mg de hierro; 0.5 mg de zinc y 0.6 g de fibra; asimismo, constituye una importante fuente de tiamina, riboflavina y niacina (Tavitas *et al.*, 2016a). En consecuencia, a nivel mundial el arroz se produce en 113 países concentrados en las vastas regiones de África, América, Asia, Europa y Oceanía. Según la FAO, en un período de 10 años (2010 al 2019), la producción mundial se incrementó en 8.13%. De esta tendencia, los países concentrados en Asia produjeron el 90% de la producción total, equivalente a 627 452 833 t en el año 2010 y alcanzó las 677 276 789 t en el año 2019. En cambio, África y América en la década de registro participaron con 4% y 5% en la producción mundial, respectivamente, manteniendo el volumen de producción en el último año 2019 las 38 771 392 t y 35 325 593 t, respectivamente. Europa y Oceanía, aún con un importante tonelaje de producción y participación, este fue inferior al 1% en el periodo (FAOSTAT, 2021).

En México, según el SIAP-SADER (2020), esta especie participó con 0.8% de la producción nacional de granos, y el consumo anual *per capita* fue de 9 kg. Así, el arroz es uno de los cuatro cultivos básicos, después del maíz, el trigo y el frijol, que forma parte de la dieta del mexicano. Por ello, la demanda nacional de este cereal ha ido en incremento, estimándose en un millón de toneladas anuales; sin embargo, desde los últimos años, la producción nacional poco ha mejorado, con la consecuencia de depender de la importación masiva de arroz (Osuna *et al.*, 2000; Chávez-Murillo *et al.*, 2011). Ante estas circunstancias, es un gran reto para México y para los propios productores abastecer la demanda nacional. Prueba de ello, en los últimos cinco años la producción nacional poco trascendió al pasar de las 254 043 t en el año 2016 a las 295 338 t en año 2020 (SIAP-SADER, 2021). Por lo anterior, para equilibrar la demanda y el abastecimiento de este grano y a fin de estar en posibilidades competitivas contra otros países productores de arroz, además de las tecnologías desarrolladas e implementadas, se requiere impulsar en forma simultánea el desarrollo de sistemas de producción acordes a condiciones actuales e impulsar los apoyos para la producción y comercialización del grano, orientado lograr una mayor rentabilidad del cultivo en su conjunto (Tavitas *et al.*, 2016b).

Es importante precisar, que en el país se utilizan dos sistemas de producción, uno basado en el suministro de riego y el otro sujeto al abastecimiento por efecto de la precipitación pluvial. El del sistema de riego está localizado principalmente en la región del Pacífico, se compone de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Estado de México, Morelos y Oaxaca. El del sistema de secano está localizado en el sureste, incluye los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Campeche y Quintana Roo (Hernández y Tavitas, 2005). Tanto plagas como enfermedades constituyen las principales limitantes en el cultivo, se reportan 43 enfermedades y de las 70 especies reconocidas, solo 20 insectos plagas son consideradas las de mayor importancia (Pathak y Khan, 1994). Por ello, en los últimos años, se han modificado algunas prácticas agrícolas en el paquete tecnológico, aunado a la liberación variedades con gran potencial de rendimiento (Salcedo y Barrios, 2012; Álvarez *et al.*, 2016; Barrios *et al.*, 2016; Hernandez *et al.*, 2019). Lo anterior ha traído como resultado rendimientos superiores a 9 t ha<sup>-1</sup>.

Particularmente en el estado de Michoacán, el cultivo del arroz representa una actividad económica importante para los productores de los municipios de Buenavista, Parácuaro, Apatzingán, Gabriel Zamora y Nuevo Urecho, por consecuencia, las evaluaciones de líneas avanzadas de arroz para el Valle de Apatzingán se han orientado a la determinación de parámetros de estabilidad de rendimientos (Álvarez *et al.*, 2018). Bajo esta perspectiva, recientemente el genotipo de arroz denominado Lombardía FLAR 13 ha sido un material de arroz adaptado a las condiciones edáficas y climáticas de la región; por tanto, se dio seguimiento a fin de determinar su capacidad y estabilidad productiva. Con base a lo anterior, el objetivo fue evaluar la línea avanzada de arroz Lombardía FLAR 13, comparado con el material convencional en diferentes ciclos productivos, en el Valle de Apatzingán, Michoacán. Bajo este precepto, la hipótesis planteada, fue el genotipo de arroz de grano largo y delgado presentan capacidad de desarrollar y producir adecuadamente en las condiciones climáticas de zona arroceras de Michoacán.

## **Materiales y métodos**

### **Características edáficas, climáticas y de paisaje de la zona arroceras**

En la región arroceras de Michoacán, los suelos se identifican por tener elevada capacidad de retención de agua, altos contenidos de arcilla y por condición de planicie son fácilmente inundables, aunque pueden diferir en color y profundidad, estos suelos son los de mayor rendimiento de grano y corresponden a los Vertisoles pelico (FAO, 2008). Asimismo, en el Valle de Apatzingán es frecuente el clima BS<sub>1</sub>, correspondiente al grupo de climas secos, el menos seco de los BS muy cálido, con temperatura media anual >22 °C, la del mes más frío >18 °C, régimen de lluvias de verano por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el más seco, con porcentaje de lluvia invernal <5% de la anual, con poca oscilación Köppen, modificado por García (2004); INEGI (2016). Respecto al tipo de vegetación, está representado por los tipos vegetativos primarios de selva baja caducifolia, etapas secundarias de sucesión natural (diferentes grados de regeneración después de eliminada), de porte arbustivo de 4 a 8 m de altura y arbóreo de 8 a 12 m de altura y en áreas más altas, pequeñas extensiones de bosques de encino y pino (Andres *et al.*, 1994; García y Linares, 2012).

### **Planeación de los experimentos de estabilidad productiva**

A través de materiales promisorios obtenidos en ensayos compactos nacionales y mediante el establecimiento de parcelas de validación en condiciones de riego y temporal, se seleccionaron líneas experimentales avanzadas de arroz de grano largo y delgado, que durante los ciclos otoño-invierno del año 2013 al año 2016, se observó una línea identificada como Lombardía FLAR 13 que destacó agrónomicamente para la región, esta surgió de una línea avanzada en generación F6 proveniente de una cruce triple con características de grano largo y delgado. Por lo anterior, la línea Lombardía FLAR 13 se sometió a un proceso de validación, que de manera formal inició a partir del año 2017 al año 2020, dando seguimiento a través de experimentos de campo, comparado con la variedad Milagro Filipino. Dentro de predios de productores cooperantes del ejido Lombardía, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán, anualmente se establecieron las parcelas experimentales de validación, cuyas fechas de siembras fueron a partir del 5 de junio, por un periodo aproximado a los cuatro meses a cosecha de cada año. Los datos climáticos promedio anuales de precipitación, temperaturas máximas y mínimas, y evaporación ocurridos durante los periodos 2017 a 2020 se muestran en el (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Variación climática durante las pruebas experimentales.**

Variables climáticas	Valor promedio mensual (junio, julio, agosto, septiembre, octubre)			
	2017	2018	2019	2020
Temperatura máxima (°C)	37	38.1	39	38.2
Temperatura mínima (°C)	18.2	18.9	17.3	17.5
Precipitación (mm)	136.62	114.74	95	102.74
Evaporación (mm)	5.59	5.77	6.52	6.09

Departamento de Hidrometría, Distrito de Riego 097, CONAGUA, México.

La preparación del suelo consistió en labores mecanizadas básicas de barbecho, rastreo, nivelación y formación de bordos a 2.1 m. Enseguida se dispersó la semilla manualmente al ‘voleo’, a densidad de 80 kg ha<sup>-1</sup> y se dio ‘un paso’ con tractor e implemento acondicionada solamente con los timones, marcando pequeños surcos de 0.3 m de separación (Coria *et al.*, 2017). El manejo consistió en labores básicas (Hernández *et al.*, 2013), de aplicación de riego de nacencia, después riegos de auxilio con intervalos entre 5 y 8 días, el control de malezas fue con herbicidas pre y posemergentes selectivos (Esqueda y Tosquy, 2014), la fertilización se hizo en dos etapas (aproximadamente a los 20 días de emergencia y en la etapa de ‘embuche’ o formación de primordio floral) (Tapia *et al.*, 2016) y aplicación de fungicidas sistémicos (Hernández *et al.*, 2018).

Los tratamientos empleados fueron los genotipos Lombardía FLAR 13 (LF 13) y Milagro Filipino (MF), bajo diseño experimental de parcelas independientes, conformados cada tratamiento por cuatro ‘melgas’ de 2.1 m x 40 m, dando un área 336 m<sup>2</sup> por tratamiento. El registro de datos por unidad experimental se formó de cuatro bloques (basado en cada melga de las cuatro consideradas por tratamiento), el número de plantas consideradas por tratamiento fue de 20 para los aspectos morfológicos y fenológicos y para la productividad de un metro cuadrado por cada melga.

Las variables evaluadas fueron altura de la planta (con flexómetro se midió de la base de suelo hasta el punto de unión de entre la panícula y la hoja bandera), el número de macollos (hijuelos), el número de espigas y los granos por espigas, la longitud de espigas (con flexómetro se midió la longitud de la espiga principal), el rendimiento de grano al momento de cosecha, el rendimiento de grano posterior a la cosecha y el peso hectolitro (esto se registró con una báscula digital). La diferencia entre las variables de rendimiento de grano se debe a que el contenido de humedad de los granos es mayor al momento de cosecha.

Los datos fueron verificados mediante pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas previo al análisis estadístico, para después ser comparados en mediante la prueba estadística de t-student para muestras independientes, utilizando el paquete estadístico Past 4.06, software de libre acceso desarrollado por el Natural History Museum, University of Oslo (Hammer, 2021). También, se corrió una prueba de correlación de Pearson ( $r$ ,  $p=0.05$ ), sobre la mayoría de las variables contra las variables rendimiento de grano poscorte.

## Resultados

Los valores promedio comportamiento agronómico en las diferentes variables morfológicas y respectivos años se muestran en el Cuadro 2. En principio, los resultados del análisis estadístico para la variable altura de planta presentó diferencias solo en los ciclos de estudio ( $p=0.00008, 0.03, 0.07, 0.5$ ), 2020 no presentó diferencias. Como se observa en el Cuadro 2, el tratamiento Lombardía FLAR 13 superó al tratamiento Milagro Filipino, en promedio por 4 cm aunque es importante señalar que la condición compacta los materiales de arroz deseables (Cuadro 2).

Respecto al número de ‘macollos’ por planta, el análisis estadístico mostró diferencias significativas solo en los ciclos 2019 y 2020 (Cuadro 2). El tratamiento Milagro Filipino fue superado en 1.5 unidades por el tratamiento Lombardía FLAR 13. Asimismo, a pesar de no mostrar diferencias significativas en los ciclos 2017 y 2018, el tratamiento Lombardía FLAR 13 presentó la mayor cantidad de macollos. Cuantitativamente, el tratamiento Lombardía FLAR 13 presentó valores en la mayoría de los ciclos, ligeramente por encima de 11 ‘macollos’ por planta, en cambio, el tratamiento Milagro Filipino, fue más cercano a 10 macollos por planta (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Comportamiento de las variables morfológicas en los tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 en diferentes ciclos agrícolas, Valle de Apatzingán.**

Ciclos	Tratamientos	Altura de planta	Número de macollos	Número de espigas	Longitud de espigas	Granos por espigas
2017	MF	69.6 ±1.4 b	10.4 ±0.5 a	10.7 ±0.6 b	25.7 ±1 a	183.6 ±12.8 b
	LF 13	74.2 ±1.6 a	11.4 ±0.6 a	12 ±0.5 a	25.9 ±1 a	212 ±20.9 a
2018	MF	71 ±3.4 b	10.4 ±0.7 a	10.2 ±0.7 b	25.9 ±1 a	186.1 ±24.3 a
	LF 13	75.4 ±2.5 a	10.8 ±0.6 a	11.4 ±0.6 a	26.6 ±1.2 a	211.9 ±24.6 a
2019	MF	73.3 ±2.2 b	10.1 ±0.8 b	10.3 ±0.7 a	25.8 ±1.1 a	184.8 ±18.2 a
	LF 13	76.2 ±2.3 a	11.6 ±1.1 a	10.9 ±0.6 a	26.4 ±1.5 a	203.6 ±23.8 a
2020	MF	73.8 ±2.4 a	10.2 ±0.8 b	10.4 ±0.3 b	25.8 ±1.2 a	194.6 ±25 a
	LF 13	74.8 ±3 a	11.5 ±0.6 a	12.2 ±0.5 a	26 ±1.3 a	206.1 ±26.9 a

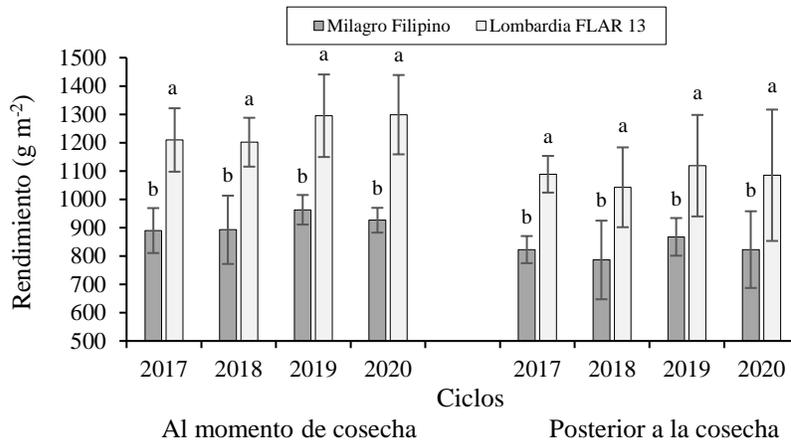
Medias ± amplitud del intervalo de confianza (95%) con letras diferentes indican diferencias estadísticas según prueba t-student ( $p < 0.05$ );  $n = 20$ .

Para el número de espigas por planta, el análisis mostró diferencias estadísticas en la mayoría de los ciclos ( $p = 0.003, 0.01, 0.2, 0.0000006$ ), solo con excepción de 2019, que estadísticamente fue igual. Como se observa en el Cuadro 2, el tratamiento Lombardía FLAR 13 tuvo en promedio dos espigas más que el tratamiento Milagro Filipino (Cuadro 2). Por su parte, en la variable longitud de espigas, el análisis estadístico no encontró diferencia y en promedio se tuvo una longitud de 26 cm, para ambos tratamientos (Cuadro 2).

Un comportamiento muy similar a la variable anterior presentó el número de granos por espiga, donde solo mostró diferencias significativas el ciclo 2017. En los ciclos posteriores no se detectaron diferencias. A pesar de ello, es importante remarcar la tendencia observada en esta variable, ya que tanto el tratamiento Milagro Filipino como el tratamiento Lombardía FLAR 13 presentaron valores estables en los cuatro años y cuya diferencia entre ambos fluctuó solamente en 20 semillas aproximadamente, siendo inferior el tratamiento Milagro Filipino (Cuadro 2).

Para la variable rendimiento por área al momento de la cosecha, el análisis estadístico detectó diferencias significativas en los cuatro ciclos de evaluación (Figura 1). El tratamiento Lombardía FLAR 13 superó en más 333 g m<sup>-2</sup> en promedio de los ciclos de evaluación al tratamiento Milagro Filipino. Así el tratamiento Lombardía FLAR 13 registró valores superiores a 1 250 g m<sup>-2</sup> promedio en los ciclos de evaluación (Figura 1).

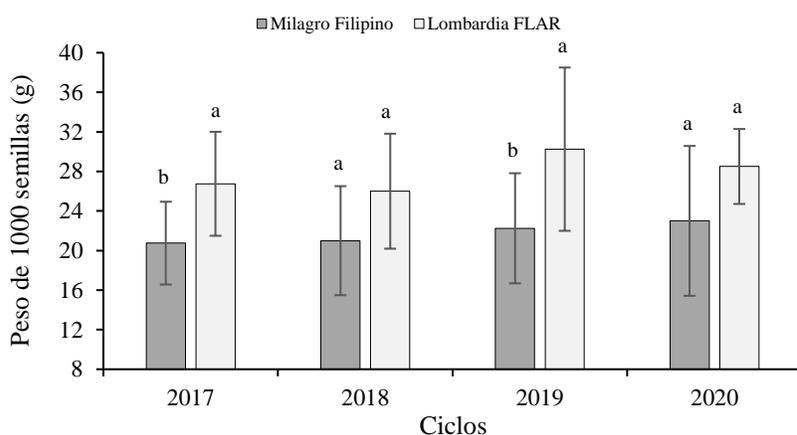
Posteriormente, el análisis estadístico aplicado al rendimiento por metro cuadrado después de la cosecha encontró diferencias estadísticas significativas (Figura 1). Como se observa, el tratamiento Lombardía FLAR 13 continuó siendo superior al tratamiento Milagro Filipino, ya que el tiempo invertido en el secado de la humedad en grano, mantuvo una tendencia parecida a la variable rendimiento por metro cuadrado al corte, por lo que sobresalió el tratamiento Lombardía FLAR 13 con valores entre 1 085 a 1 118 g m<sup>-2</sup>, y de entre 260 g m<sup>-2</sup> por encima del tratamiento Milagro Filipino (Figura 1).



**Figura 1. Comportamiento de las variables rendimiento de grano al momento y después de cosecha en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 en diferentes ciclos agrícolas.** Medias ± amplitud del intervalo de confianza (95%) con letras diferentes indican diferencias estadísticas según prueba t-student ( $p < 0.05$ );  $n = 20$ .

La variable peso hectolítrico, solo en los ciclos 2017 y 2019 de evaluación se presentaron diferencias estadísticas, y en los años 2018 y 2020, los tratamientos no fueron significativos. Como se observa, los valores rondaron entre 20 y 23 g para el tratamiento Milagro Filipino. En cambio, para el tratamiento Lombardía FLAR 13, el peso hectolítrico alcanzó los 28 g en promedio para los cuatro años de estudio (Figura 2).

Además, para determinar la relación existente entre la variable rendimiento de grano y el resto de las variables que forman parte de los componentes del rendimiento, el análisis de correlación ( $r$ ) obtuvo algunas correlaciones positivas en los dos genotipos durante los ciclos agrícolas (Cuadro 3). Como se observa, las variables número de macollos y granos por espiga son las variables más relacionadas con la variable rendimiento de grano. El resto de las variables muestran algunas relaciones positivas, pero no fueron tan constantes (Cuadro 3).



**Figura 2. Comportamiento de la variable peso hectolítrico en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 en diferentes ciclos agrícolas.** Medias  $\pm$  amplitud del intervalo de confianza (95%) con letras diferentes indican diferencias estadísticas según prueba t-student ( $p < 0.05$ );  $n = 20$ .

**Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ,  $p < 0.05$ ) entre la variable de rendimiento de grano posterior a cosecha y las variables agronómicas de los componentes del rendimiento, en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo diferentes ciclos agrícolas. Valle de Apatzingán, Michoacán.**

Variables	Rendimiento por área posterior a la cosecha ( $r$ )							
	2017		2018		2019		2020	
	MF	LF 13	MF	LF 13	MF	LF 13	MF	LF 13
Altura de planta	-0.25	0.69	0.02	-0.11	-0.9	0.63	-0.55	-0.33
Número de macollos	0.14	-0.2	0.54	-0.74	0.41	0.59	0.63	-0.86
Número de espigas	-0.78	0.21	-0.77	0.42	-0.52	0.65	-0.06	-0.99
Longitud de espigas	-0.81	0.7	0.55	-0.16	0.98	-0.28	-0.31	-0.13
Granos por espigas	0.35	0.38	0.4	-0.18	0.57	0.28	-0.83	0.2
Peso 1000 semillas	-0.41	0.4	-0.81	0.98	-0.39	-0.41	0.31	-0.08

## Discusión

México produce dos tipos de granos para consumo, el de grano grueso que abarca 75% y el de grano delgado que abarca 25%, este último en casi un 100% depende de la importación (Barrios *et al.*, 2016). Ante ello, la reciente liberación de las variedades conocidas como INIFLAR R e INIFLAR RT (SNICS, 2021), ambas de grano largo y delgado con alto potencial de rendimiento, resistentes a la enfermedad endémica quema de arroz *Pyricularia oryzae* o *Magnaporthe grisea* y a otras enfermedades, lo que forman parte del acervo de materiales alternativos a la variedad Milagro Filipino, además que compiten con el arroz de grano largo y delgado importado (Hernández *et al.*, 2015).

En tanto, las variedades Pacífico FL15 y Golfo FL16 (SNICS, 2021), también liberadas recientemente, ambas resistentes al complejo sogata-VHB (virus de la hoja blanca) y a la enfermedad endémica quema del arroz (*Pyricularia oryzae*= *Magnaporthe grisea*), y moderadamente resistentes a la enfermedad grano manchado causada por *Helminthosporium oryzae*. Se estima que con estas variedades los productores pueden contribuir con el grano largo delgado que demanda la población (Hernández *et al.*, 2019).

Respecto al estado de Michoacán, como participe de la producción nacional, posicionado en los últimos años en cuarto lugar en superficie establecida y rendimientos ligeramente superiores a las 8 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SADER, 2021), situación que ha impulsado a realizar trabajos experimentales del comportamiento de líneas avanzadas de arroz, surgiendo el genotipo Lombardía FLAR 13 que presenta características que el consumidor demanda. Además, ante la situación que prevalece en la variedad sobreexplotada Milagro Filipino, siendo predominante en las áreas arroceras pero que ha perdido su pureza, cuyos rendimientos son inferiores a los del grupo de materiales de grano largo y delgado (García *et al.*, 2011).

Esta situación se constató en el presente estudio, pues el desarrollo de los macollos y número de espigas, se presentó una diferencia de un macollo y dos espigas entre el genotipo Lombardía FLAR 13 sobre el genotipo Milagro Filipino, respectivamente (Cuadro 1). En el rendimiento de grano al momento de cosecha, el genotipo Lombardía FLAR 13 superó en más 333 g m<sup>-2</sup> en promedio de los años de evaluación al genotipo Milagro Filipino, lo que representa un incremento de tres toneladas por hectárea (Figura 1). Esta respuesta puede atribuirse a la capacidad de adaptación a las condiciones ambientales de la región, lo que le producir mayor número de macollos a su vez mayor número de espigas, pero además, mayor peso de los granos.

Por lo anterior, este material es de alto potencial rendimiento, no se acama, ni desgrana y es tolerante a las enfermedades, ya que estas no se presentaron en los ciclos de evaluación. Además, por los resultados fue estable en la condición climática de la zona arroceras de Michoacán. En cuanto a calidad industrial, el grano largo y delgado que produce fue aceptable, lo que lo hace competitivo con el arroz de importación de Tailandia y Vietnam (Tolentino, 2014).

Por otra parte, la tecnología que se emplea en el cultivo de arroz en Michoacán mejoró, la siembra es directa en surcos y riegos de auxilio. En este aspecto, a diferencia de otras especies, el agua es básica para que la planta de arroz complete sus funciones esenciales y se reduzca la competencia de malezas y otras plantas antagónicas. Un aspecto importante del genotipo Lombardía FLAR 13 al igual que las nuevas variedades liberadas, es que no requieren de inundación continua, lo cual permite tener eficiencia y mejor aprovechamiento del recurso.

En el sistema de producción, funciona significativamente la siembra directa en surcos y riegos de auxilio. En tanto que el estrés por calor que experimenta la planta está en función de la temperatura del aire, y de los factores genéticos y agronómicos que determinan el potencial de enfriamiento evaporativo de la planta (López-Hernández, 2018). Ante esta situación, el manejo del agua en este cultivo gradualmente deberá trascender a nuevos esquemas que den respuesta al inminente cambio climático.

## Conclusiones

El genotipo Lombardía FLAR 13 presentó estabilidad productiva en las condiciones ambientales del Valle de Apatzingán, además es competitivo con la variedad convencional Milagro Filipino, que se establece en la zona, pues en la mayoría de las variables morfológicas evaluadas igualó, e incluso superó en las variables productivas. Lombardía FLAR 13 expresó rendimientos superiores a 9 t ha<sup>-1</sup>, es precoz, resistente al acame y de buena calidad industrial, lo que da certeza a su establecimiento a mayor escala.

## Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por el apoyo otorgado y las facilidades concedidas para llevar a cabo esta investigación.

## Literatura citada

- Andrés, A. J.; Arteaga, L. G.; Blancarte, D. M.; Calderón, A. J. H.; López, P. V.; Rivera, M. S. y Romero, P. J.; Santos, C. C. 1994. La producción agropecuaria de la región Valle de Tepalcatepec Michoacán. 1<sup>ra</sup>. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. 10-55 pp.
- 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. Pub. Esp. 17:3649-3654.
- Álvarez, H. J. C.; Tapia, V. L. M. and Hernandez, P. A. 2018. New genotypes of long and thin grain rice and technology for production in Mexico: Michoacan state as an example. *In*: Tadele, Z. (Ed). Grasses as food and feed. 1<sup>ra</sup>. Ed. INTECHOPEN. United Kingdom. 3-23. pp.
- 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. 2016. INIFLAR RT, variedad de arroz de grano delgado para México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(4):969-976.
- Chávez, M. C. E.; Wang, Y. J.; Quintero, G. A. G. and Bello, Pérez, L. A. 2011. Physicochemical textural and nutritional characterization of Mexican rice cultivars. Cereal Chemistry. 88(3):245-252.
- Coria, A. V. M.; Álvarez, H. J. C.; Venegas, G. E. y Vidales, F. I. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Michoacán. SAGARPA. COFUPRO. INIFAP. México. 180-187 pp.
- Esqueda, E. V. A. and Tosquy, V. O. H. 2014. Validation of cyhalofop butyl clomazone to control *Echinochloa colona* (L.) Link in rainfed rice. Mexican journal of agricultural sciences. 5(5):741-751.
- FAO. 2008. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Base referencia mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Versión en español. Roma, Italia. 96-98 pp. ISBN 978-92-5-305511-1.
- FAOSTAT. 2021. Estadísticas de la producción mundial de arroz. Datos disponibles en internet. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>.
- García, A. E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 5<sup>ta</sup>. Ed. UNAM. México. 62-74 pp. ISBN: 970-32-1010-4.

- 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, R. I. y Linares, L. A. 2012. Árboles y arbustos de la cuenca del río Tepalcatepec (Michoacán y Jalisco, México) para uso urbano. El Colegio de Michoacán AC. e Instituto Politécnico Nacional. 1<sup>ra</sup>. Ed. México. 15-37 pp. ISBN: 978-607-8257-07-2.
- Hammer, O. 2021. PAST V. 3.2. Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo. 47-105 pp.
- Hernández A. L. y Tabitas, F. L. 2005. Plan nacional de investigación y apoyos a la transferencia de tecnología en la cadena agroalimentaria arroz. SAGARPA-INIFAP-CONACYT. Campo Experimental Zacatepec. Publicación especial núm. 42. 1-66 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. Guía técnica núm. 1. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Valle de Apatzingán. 10-43 pp. ISBN: 978-607-37-0071-9.
- Hernández, A. L.; Tavitas, F. L. y Alberto, P. 2015. Paquetes Tecnológicos para el cultivo de arroz en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental “Zacatepec”. Zacatepec, Morelos, México. Folleto técnico núm. 87. 1-29 pp.
- Hernández, A. L.; Tavitas, F. L. y Barrios, G. E. J. 2018. Tecnologías y sistemas de producción para las variedades de arroz de grano largo delgado, INIFLAR R, Pacífico FL 15 y Golfo FL 16. Folleto para productores núm. 71. SAGARPA-INIFAP-CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. 25-45 pp.
- Hernández, A. L.; Tavitas, F. L.; Álvarez, H. J. C.; Tapia, V. L.; Ortega, A. R.; Esqueda, E. V. y Jiménez, C. J. A. 2019. Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, variedades multiambientales de arroz con grano extralargo para México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(1):23-34.
- INEGI. 2016. Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1<sup>ra</sup>. Ed. México. 18-45 pp.
- López, H. M. B.; López, C. C.; Kohashi, S. J.; Miranda, C. S.; Barrios, G. E. J. y Martínez, R. C. G. 2018. Drought and heat tolerance in rice (*Oryza sativa*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 5(15):373-385. Doi: <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1558>.
- Osuna, C. F. J.; Hernández, A. L.; Salcedo, A. J.; Tavitas, F. L. y Gutiérrez, D. L. J. 2000. Manual para la producción de arroz en la región central de México. SAGAR. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. Libro técnico núm. 1. 1-5 pp.
- Pathak, M. D. and Khan, Z. R. 1994. Insect pest of rice. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. 1-3 pp. ISBN 971-22-0028-0.
- Salcedo, A. J. y Barrios, G. E. J. 2012. Morelos A2010: nueva variedad de arroz para siembra directa para el centro de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(7):1453-1458.
- SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Panorama Agroalimentario. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México. 38-39 pp.
- SIAP-SADER. 2021. Estadísticas de la producción nacional de papaya. Datos disponibles en internet. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do).
- SNICS. 2021. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Catálogo Nacional de Variedades de Semillas. <https://datastudio.google.com/u/0/reporting/5b7206ba-e190-48fe-9696-73523bfccf58/page/itBWB>.
- Tapia, V. L. M.; Hernández, P. A. y Álvarez, H. J. C. 2016. Nutrición y manejo de fertilizantes. *En: Hernández-Aragón, L. y Tavitas-Fuentes L. (Ed). El arroz en México. Libro técnico num. 14. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. 309-331 pp.*

- Tavitas, F. L.; Valle, V. M. y Martínez, M. E. 2016a. Calidad del grano. En: Hernández-Aragón, L. y Tavitas-Fuentes L. (Ed). El arroz en México. Libro técnico núm. 14. INIFAP. CIRPAS. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. 393-440 pp.
- Tavitas, F. L.; Hernandez, A. L. y Reyna, T. T. J. 2016b. Producción y postproducción de arroz (*Oriza sativa* L.) en México y la importancia en la seguridad alimentaria. En: Reyna, T. T. J.; Vega, L. M. y Ortuño, G. M. (Ed). Producción, postproducción y agrotecnias de semillas, hortalizas y frutas. Coadyuvantes en la seguridad alimentaria en México y Cuba. Instituto de Geografía UNAM. 66-90 pp. Doi: <http://dx.doi.org/10.14350/gd.02>.
- Tolentino, M. J. M. 2014. The rice production of the state of Morelos under the approach SIAL. Rev. Estud. Soci. 22(44):38-61. ISSN 0188-4557.