



**UNIVERSIDAD MICHUACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO
DEL GENOTIPO DE ARROZ “LOMBARDÍA FLAR 13” EN
LA ZONA ARROCERA DE GABRIEL ZAMORA
MICHUACÁN**

TESIS QUE PRESENTA:

JULIO CESAR CHÁVEZ CORTEZ

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO HORTICULTOR**

DIRECTOR DE TESIS

DR. JUAN CARLOS ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

Apatzingán Michoacán, México. Noviembre, 2022.

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y PRODUCTIVO DEL GENOTIPO
DE ARROZ “LOMBARDÍA FLAR 13” EN LA ZONA ARROCERA DE
GABRIEL ZAMORA MICHOACÁN**

TESIS QUE PRESENTA

JULIO CESAR CHÁVEZ CORTEZ

Evaluada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como
requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO HORTICULTOR

COMITÉ PARTICULAR

Director

Dr. Juan Carlos Álvarez Hernández

Asesor

Dra. Maricela Apáez Barrios

Asesor

Dr. Patricio Apáez Barrios

Asesor

Dr. José Luis Escamilla García

Asesor

Mtro. Nelson I. Osorio Lobos

Apatzingán, Michoacán, México. Enero, 2022.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres Ma. Amparo Cortez Vega y Ángel Cesar Chavez Pegueros, ya que me dieron la oportunidad de darme el estudio y esto que estoy logrando es por ellos.

De igual manera quiero dedicárselo a mi familia Cortez Vega, ya que fueron mi motivo para salir adelante y cumplir esta meta, a mis hermanos Luis Ángel Chávez Cortez y José Armando Chavez Cortez vega, ya que son clave de mis logros y deseo que se sientan orgullosos de mí y darles el ejemplo de que todo se puede en esta vida si no lo proponemos.

Este logro también se lo dedico a mi pareja Brenda Sughey Orozco Flores, la cual estuvo conmigo apoyándome en todo momento y nunca me dejó solo en este proceso.

Quiero dedicar este logro a dos personas que no estuvieron físicamente conmigo a lo largo del proceso de titulación, pero sé que estuvieron espiritualmente dándome apoyo y fuerzas para lograr lo que ellos un día quisieron que fuera.

No quiero olvidar dedicárselo a la persona que fue mi mentor, mi colega, mi tío, mi padre, mi amigo, al Ing. José Luis Cortes Vega (Q.E.P.D), el cual estaría orgulloso de ver lo que él empezó a crear y en lo que me estoy convirtiendo.

Al Dr. Juan Carlos Álvarez Hernández, por el gran apoyo que me brindó en cada momento y que nunca me dejó solo en este proceso, por sus enseñanzas y conocimiento brindado.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por el apoyo, las enseñanzas de los profesores y por las instalaciones donde pude adquirir mi educación profesional para poder convertirme en el ingeniero que soy ahora.

AGRADECIMIENTOS

Les doy las gracias inmensas a mis padres por todo el apoyo que me dieron durante mis cinco años de carrera, que estuvieron en cada momento dándome fuerzas y motivaciones para salir adelante y no darme por vencido y terminar mi carrera. También durante el proceso de titulación agradecerles por seguir en el camino conmigo y no dejarme solo y seguirme apoyando en esto que me gusta y que esto que estoy logrando es por ellos y para ellos.

Darle las gracias a la Facultad de Ciencias Agropecuarias por estos cinco años de aprendizajes, que gracias a su apoyo tanto como Facultad y docentes estoy logrando esto, por las nociones que me inculcaron y que estoy llevando acabo ya en mi vida laboral, y también el agradecimiento a los docentes que estuvieron en el transcurso de la titulación apoyándome en cada momento y que pusieron un granito de arena para sacar este título adelante.

Agradecerle al Dr. Juan Carlos Alvarez Hernandez, por el gran apoyo que me brindo durante este transcurso de mi titulación que estuvo día a día conmigo apoyándome para que esto saliera de la mejor manera, por nunca darse por vencido y dedicarme su tiempo para lograr esto que hoy estoy por concluir, por todas esas enseñanzas que me brindo, consejos, sabiduría, etc. Gracias por todo este tiempo que me brindaste para poder concluir con mi titulación, gracias por no dejar caer la toalla y seguir el sueño que empezamos hace mucho tiempo y que hoy se está concluyendo por fin.

Agradezco a mi mentor, al Ing. José Luis Cortés Vega (Q.E.P.D.) que aparte de ser mi tío, fue como un padre, un amigo y un colega para mí, y que estoy agradecido por verme inculcado estos hábitos tan bonitos para lograr ser lo que soy ahora, gracias a él logre ser lo que soy y cada día trato de superarme a mí mismo para lograr ser lo que el quería que fuera, y decirle que hoy estamos concluyendo algo que inicio hace unos años y que se lo dedico hasta el cielo para que siga orgulloso de mi, gracias por todo lo que me enseñó e inculco hoy estamos donde estamos.

Agradecer a mi novia Brenda Sughey Orozco Flores, por motivarme día a día para salir adelante con este trabajo, que estuvo ahí conmigo en los momentos más buenos y difíciles, y que a pesar de todo siguió ahí dándome fuerzas y motivos para concluir mi titulación, gracias por haberme tenido esa paciencia en los momentos más estresantes que tuve durante este transcurso. Gracias por estar aquí, sabes que eres uno de mis motivos para seguir saliendo adelante.

En general, gracias a todos por el apoyo brindado que me dieron y que gracias a todos se está cumpliendo un sueño que un día tuve y que por fin lo estoy cumpliendo, gracias por no rendirse y no dejarme en el olvido, esto es gracias a todos los que estuvieron conmigo de inicio a fin.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
I INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1 Origen y distribución.....	3
2.2 Taxonomía.....	4
2.3 Características botánicas.....	4
2.4 Materiales genéticos de arroz.....	6
III. OBJETIVO GENERAL.....	9
3.1 Objetivos específicos.....	9
IV. HIPÓTESIS.....	10
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
5.1 Localización del área de estudio.....	11
5.2 Características climáticas y edáficas del área de estudio.....	12
5.3 Descripción de los materiales de arroz.....	12
5.4 Diseño experimental.....	13
5.5 Variación climática durante los ciclos experimentales.....	14
5.6 Preparación del terreno.....	15
5.7 Labores básicas del cultivo.....	15
5.8 Variables a evaluar.....	16
5.9 Registro y análisis de datos.....	17
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
6.1 Fundamentos finales de la validación del genotipo de arroz.....	29
VII. CONCLUSIONES.....	32
VIII. LITERATURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Herbicidas selectivos empleados en los experimentos de arroz.....	15
2	Requerimientos de la nutrición en los experimentos de arroz.....	15
3	Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas en datos registrados.....	18
4	Estadísticos muestrales de las variables registradas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas.....	28
5	Coeficiente de correlación de Pearson (r , $P=0.05$) entre la variable de rendimiento de grano después del corte y las variables agronómicas de los componentes del rendimiento.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1 Localización del sitio de estudio. 1) Tepalcatepec, 2) Buenavista, 3) Aguililla, 4) Apatzingán, 5) Parácuaro, 6) Mujica, 7) Gabriel Zamora, 8) Nuevo Urecho, 9) Huacana, 10) Churumuco.....	11
2 Variación climática durante las pruebas experimentales. Fuente: Departamento de Hidrometría. Distrito de Riego 097. CONAGUA. México.....	14
3 Resultado de la variable altura de la planta en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=20.....	20
4 Resultado de la variable número de macollos en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=20.....	21
5 Resultado de la variable número de espigas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=20.....	22

6	Resultado de la variable longitud de espigas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=20.....	23
7	Resultado de la variable granos por espigas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=20.....	24
8	Resultado de la variable peso hectolitrico en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=20.....	25
9	Resultado de la variable rendimiento en grano al corte de tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=4..	26
10	Resultado de la variable rendimiento de grano después del corte en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba <i>t-student</i> ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); n=4..	27

RESUMEN

En México, durante los últimos 10 años, la liberación de variedades de arroz de alto rendimiento, combinado con condiciones climáticas favorables, ha permitido mantener altos estándares de producción. También, se han adecuado algunas prácticas agrícolas en el paquete tecnológico. Lo anterior ha traído como resultado rendimientos superiores. Particularmente en Michoacán, el cultivo del arroz representa una actividad importante para los productores arroceros de la región. Por consecuencia, las evaluaciones de líneas avanzadas de arroz, se han orientado a la determinación de parámetros de estabilidad de rendimientos. Recientemente, el genotipo de arroz Lombardía FLAR 13, ha sido un material adaptado a las condiciones de la región. El objetivo fue evaluar la línea avanzada Lombardía FLAR 13, genotipo de arroz grano largo y delgado, comparado con el material convencional en diferentes ciclos productivos. El genotipo Lombardía FLAR 13 se expuso a un proceso de validación, del año 2018 al año 2020, dando seguimiento a través de experimentos de campo, bajo diseño experimental. Las variables productivas fueron el referente. Los datos se analizaron en comparaciones a los conjuntos mediante la prueba *t-student* durante los ciclos de estudio. El análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento por m² después de la cosecha, encontró diferencias significativas, siendo superado el tratamiento convencional en la productividad durante los ciclos de evaluación, cuya diferencia fue de entre 260 g m² entre el material Lombardía FLAR 13 y el material convencional. El genotipo Lombardía FLAR 13 presentó estabilidad productiva en las condiciones ambientales del Valle de Apatzingán, ya que fue superior en las variables productivas.

Palabras clave: Arroz palay, *Oriza sativa*, materiales genéticos, fenotipo, granza.

ABSTRACT

In Mexico, during the last 10 years, the release of high-yielding rice varieties, combined with favorable climatic conditions, has made it possible to maintain high production standards. Also, some agricultural practices have been adapted in the technological package. This has resulted in higher yields. Particularly in Michoacán, rice cultivation represents an important activity for rice growers in the region. Consequently, evaluations of advanced rice lines have been oriented to the determination of yield stability parameters. Recently, the rice genotype Lombardia FLAR 13 has been a material adapted to the conditions of the region. The objective was to evaluate the advanced line Lombardia FLAR 13, a long and thin grain rice genotype, compared to conventional material in different production cycles. The Lombardia FLAR 13 genotype was exposed to a validation process from 2018 to 2020, following up through field experiments under experimental design. The productive variables were the reference. The data were analyzed in set comparisons using the *t-student* test during the study cycles. The statistical analysis applied to the variable yield per m² after harvest found significant differences, with the conventional treatment being surpassed in productivity during the evaluation cycles, with a difference of between 260 g m² between the Lombardia FLAR 13 material and the conventional material. The genotype Lombardia FLAR 13 showed productive stability in the environmental conditions of the Apatzingan Valley, since it was superior in the productive variables.

Keywords: genetic materials, *Oriza sativa*, palay rice.

I. INTRODUCCIÓN

Debido a su contenido alimenticio, el arroz (*Oriza sativa* L.) es uno de los cereales más apreciados en el mundo, pues éste contiene alta cantidad de energía, proporcionando el 20% del suministro de energía alimentaria, comparado con el trigo que suministra el 19% y el maíz el solo el 5%; en tanto proteínas por cada 100 g de arroz se han determinado 6.8 g de proteína; 1.2 mg de hierro; 0.5 mg de zinc y 0.6 g de fibra, así mismo constituye una importante fuente de tiamina, riboflavina y niacina (FAO, 2006).

En México, la producción de arroz en los 80's y 90's del siglo pasado se sustentó con los tipos de arroz Sinaloa, grano largo delgado simétrico cristalino; y arroz Morelos, largo grueso. Con la producción de ambos tipos de grano casi se cubría la demanda nacional que en esa época era de 850 mil toneladas anuales; pero con la cancelación de los aranceles a la importación de este cereal, el arroz Sinaloa perdió competitividad debido a la importación masiva de arroz del mismo tipo de grano. Las consecuencias de esta situación se reflejaron en una drástica reducción de la superficie sembrada y de los volúmenes de producción de arroz de grano largo delgado en nuestro país (Osuna *et al.*, 2000; Chávez-Murillo *et al.*, 2011). Ante ello, en 1995 se sembraron 90,165 ha de arroz en el país, mientras que en 2000 se cultivaron 87,662 ha, en 2005 se establecieron 64,610 ha, en el año 2010 se registraron 50,203 ha en el país, mientras que en el 2020 sólo se cultivaron 47,553 ha de arroz, donde Michoacán participó con 3,502 ha, ocupando el 4to lugar, después de Veracruz con 4,369, Campeche con 12,279 ha y Nayarit con 14,017 (SIAP, 2021). Particularmente en Michoacán, el cultivo del arroz representa una actividad importante para los productores de los municipios de Buenavista, Parácuaro, Apatzingán y Gabriel Zamora, puesto que las nuevas tecnologías de producción han reducido los costos de producción volviendo rentable el cultivo (Tapia *et al.*, 1996).

Ante tales circunstancias, es un gran reto para México y para los mismos productores, por lo que además de las tecnologías desarrolladas, para estar en posibilidades de ser competitivos con otros países se requiere impulsar en forma simultánea el desarrollo de sistemas de producción, programas de mejoramiento genético orientados a la generación de materiales de grano largo y delgado y la validación de materiales acordes a las zonas arroceras, además de los apoyos para la producción y comercialización del grano, todo orientado a dar como resultado una mayor rentabilidad del cultivo en su conjunto (Tavitas *et al.*, 2016).

II. ANTECEDENTES

2.1 Origen y distribución

De Candolle en sus escritos sobre el origen de las plantas cultivadas y Watt en su diccionario de los productos económicos de la India, opinan que *Oryza sativa* L. fue cultivada originalmente en India, más exactamente al sur de este subcontinente, donde hay condiciones muy favorables para su cultivo. La literatura hindú (cuyas obras datan de 1300 y 1000 AC) describe ya con precisión algunas prácticas de cultivo, como el trasplante, y hace una clasificación del arroz según sus características agronómicas y alimenticias (Degiovann *et al.*, 2010).

El área de domesticación de *O. sativa* posiblemente cubrió del noroeste de India hasta el centro de China y Malasia. De esta área nuclear fueron adaptándose a las condiciones subtropicales, formando la raza “japónica” más tolerante al frío, de granos pequeños y bajo contenido de almidón. Esta es la raza que se cultiva en China y Japón, de donde se ha llevado a Estados Unidos de América, Rusia y Europa; del área nuclear se extendió otra raza, “indica”, hacia Sri Lanka, el archipiélago malayo, sur de China, Medio Oriente, Europa y África. Una sub-raza, “javanica”, seleccionada de “indica”, se extendió por Indonesia, Filipinas y Japón (León, 2000).

Tanto el arroz común *Oryza sativa* de origen asiático, se cultiva en todas las áreas tropicales y subtropicales del mundo; como la otra especie cultivada, *O. glaberrima*, originaria de África Occidental que solo se cultiva en esta región y en unas pocas áreas de Sudamérica, su cultivo ha disminuido rápidamente, sustituido por la primera. Actualmente se acepta que las dos especies cultivadas tienen una norma semejante de evolución, de las especies ancestrales perennes, se derivan especies anuales, de las cuales se domesticaron los arroces cultivados. Para *O. sativa* el antecesor anual sería parecido a *O. nivara* (sinónimo: *O. fatua*), que crece

espontáneamente desde el sur de Asia hasta Australia y se deriva de la especie perenne *O. rufipogon* (sinónimo: *O. perennis*), que tiene una distribución pan-tropical. *Oriza glaberrima* tendría por antecesor anual a *O. barthii* y perenne a *O. longistaminata* (León, 2000).

2.2 Taxonomía

El género *Oryza* incluye unas 24 especies, todas tropicales, con dos áreas de concentración, África Central y Malasia-Filipinas. En América hay unas cinco especies; una especie silvestre, *O. perennis*, se haya tanto en Asia como en África y América.

El arroz pertenece a las Fanerógamas (plantas con flores), tipo Espermatofitas, subtipo Angiospermas, clase Monocotiledóneas, orden Glumifloras, familia Gramíneas, subfamilia Panicoideas, tribu Oryzae, subtribu oryzíneas, género *Oryza* (Angladette, 1969; González, 1985).

2.3 Características botánicas

El arroz es una monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae. Es una planta de suelos húmedos, de estructura adaptada a esas condiciones. La plántula forma órganos primarios, radícula e hipocotilo, de corta duración. El desarrollo del sistema radical secundario y de los tallos aéreos varía mucho según el cultivar y depende primero de factores hereditarios y menos del ambiente (León, 2000). Sin embargo, el efecto del ambiente y las características morfológicas de la planta de arroz tienen una influencia significativa sobre el comportamiento general del crecimiento de la planta, desde germinación hasta madurez, donde se presentan tres fases principales: vegetativa, reproductiva y madurez están presentes (Ortega *et al.*, 2016).

Raíces. Son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Se forman a partir de la semilla (embrionarias) son de naturaleza temporal, siendo reemplazadas por las raíces adventicias secundarias que tienen una libre ramificación, las cuales se desarrollan de los nudos subterráneos de los tallos jóvenes. Cuando la semilla germina posee pocas ramificaciones y sobreviven poco tiempo (Chang y Bardenas, 1965).

Tallo. El tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60-120 cm de longitud, la cual aumenta de los entrenudos inferiores a los superiores (Chang y Bardenas, 1965). Cada nudo o región nodal da origen a una hoja y una yema. Los hijuelos se desarrollan de manera alterna a partir del tallo principal. Los hijuelos primarios se desarrollan de los nudos más bajos, dando origen a los hijuelos secundarios. A su vez, estos últimos producen el tercer grupo de hijuelos (Degiovanni *et al.*, 2010).

Hojas. Están distribuidas y dispuestas en ángulo a lo largo del tallo, en dos hileras alternas, una por cada nudo. En el punto de reunión de la vaina y el limbo se encuentra una lígula membranosa, bífida y erguida que presenta en el borde inferior una serie de cirros largos y sedosos. El mayor número de hojas se desarrolla sobre los hijos primarios y la primera, una hoja rudimentaria sobre la base del hijuelo. Sobre la base de la hoja existe un par de pequeños apéndices llamados aurículas y sobre éstas, la lígula de textura parecida al papel (Chang y Bardenas, 1965; Degiovanni *et al.*, 2010)

Flores. Son de color verde blanquecino dispuestas en espiguillas cuyo conjunto constituye una panoja grande, terminal, estrecha y colgante después de la floración (Degiovanni *et al.*, 2010).

Inflorescencia. Es una panícula determinada que se localiza sobre el vástago terminal, siendo una espiguilla la unidad de la panícula, y consiste en dos lemas estériles, la raquilla y el flósculo. La panícula se mantiene erecta al momento de la

floración, para posteriormente y de acuerdo al avance en la etapa de llenado de grano a madurez del mismo, se va inclinando por su propio peso (Chang y Bardenas, 1965).

Espiguillas. La espiguilla individual la forman dos “glumas externas” (lemas estériles) muy pequeñas, y el resto de las partes florales se localizan entre o por encima de ellas. La flor es hermafrodita formada por seis estambres y un pistilo. Los estambres, a su vez, se componen de antenas bicelulares, que se originan sobre filamentos delgados, y en la parte superior de cada estambre se ubica una antera donde se produce el polen. El pistilo consiste en el ovario, el estilo y los estigmas (Chang y Bardenas, 1965).

Grano. El grano de arroz es el ovario maduro. El grano descascarado de arroz (cariópside) con el pericarpio pardusco se conoce como arroz café; el grano de arroz sin cáscara con un pericarpio rojo, es el arroz rojo. La plúmula se encuentra cubierta en una vaina (coleoptilo) y la radícula está envuelta en la coleoriza (Chang y Bardenas, 1965). El endospermo está constituido principalmente de almidón, incrustado en una matriz proteínica; además, contiene azúcares, grasas, fibra cruda y materia inorgánica (Degiovanni *et al.*, 2010).

2.4 Materiales genéticos de arroz

El aislamiento geográfico ha determinado grados diferentes de esterilidad en cruces entre razas y aun entre cultivares de la misma raza. Aunque no puede descartarse la posibilidad de hibridación, en el arroz han sido las mutaciones la fuerza que ha determinado la innumerable cantidad de cultivares, pues uno de esos pequeños cambios es capaz de formar un cultivar diferente. Dentro de cada uno de los grandes grupos o subespecies de arroz se halla variedades muy similares en características morfológicas o fisiológicas. Cultivares de una subespecie pueden crecer muy bien en ambientes típicos de otra. Los propósitos del mejoramiento de

arroz en los trópicos son la obtención de cultivares de alto rendimiento, de producción temprana, buena reacción al abonamiento, resistencia a sequía, salinidad e inundación, grado bajo de caída de tallo, poca caída de grano y resistencia a enfermedades. Por lo que los trabajos de selección en estaciones experimentales han incrementado considerablemente la riqueza varietal. Generalmente, los métodos utilizados han sido la selección por línea pura, que ha permitido obtener cultivares superiores, mientras que la hibridación constituye el método moderno más usado para seguir tipos nuevos mejorados (León, 2000).

Los arroces varían en porte desde erectos y compactos hasta los tipos flotantes, que viven en el agua, a veces hasta tres metros de profundidad; hay muchos tipos enanos. Otro carácter determinante del porte es el número de ángulo que forman los hijos o brotes basales. Los tipos compactos son recesivos y es probable que las formas originales fueran de porte abierto. El número de nudos por tallo es un carácter bastante constante en un cultivar. El color de los entrenudos varía mucho en los diferentes cultivares, desde verde uniforme hasta rojo oscuro, habiendo también tallos listados o manchados. La forma de la hoja también varía considerablemente, así como la pubescencia, siendo el carácter vellosa dominante sobre glabra. El color de las hojas, así como de otras partes de la planta varía desde completamente verde hasta rojo uniforme; hay dos tipos de hojas manchadas, listadas. La presencia del color puede ocurrir en toda la hoja, solo en una de sus partes (vaina, cuello, aurícula, lígula o lámina) o en varias de ellas. La distribución del color se debe a la acción independiente o conjunta de varios genes de efecto pleiotrópico (IRRI-IRGC, 1980).

Por su valor económico los caracteres de la panícula son los más importantes: la longitud es posiblemente el primer factor determinante del rendimiento, luego la densidad, expresada por el número de raquillas y de flores. La densidad varía desde panículas completamente abiertas, un carácter dominante que debió ser frecuente en los arroces primitivos, hasta compactas; parece haber una relación directa entre panículas compactas y granos pequeños. Otro carácter

importante es que la panícula salga completamente de la hoja que la envuelve pues eso permite una maduración mayor y más uniforme. El tamaño y forma de flor varía mucho. Su coloración es por lo común verdosa al principio, y después puede adquirir tonos y manchas muy variadas de antocianina, que son definidas en la maduración. La forma de la semilla y su tamaño constituyen los factores más corrientes para clasificar comercialmente el arroz. La longitud del grano varía entre cinco y 14 mm. Su forma está determinada por la relación entre la longitud y anchura; esta última varía de 1.5 a 2.5 mm y puede indicarse que entre más largo el grano tiende a ser más angosto. La caída de granos es una característica de gran importancia económica y que depende en primer lugar de condiciones ambientales como nutrición, riego y otros. Se ha determinado que la intensidad de la calidad está asociada con la forma de los granos: entre más redondos más susceptibles a caer. El carácter caedizo del fruto es dominante; esto ocurre también en los tipos primitivos de otros cereales y en los arroces maleza (Tavitas, 2016).

El arroz es una planta autógama con un porcentaje mínimo de cruzamiento natural (3 %), el cual se modifica de acuerdo a la variedad, la época de siembra y las condiciones naturales. Para prevenir mezclas mecánicas, cuando se emplea semilla no certificada, el lote para producción se debe aislar de cualquier otra variedad o incluso de otro lote cultivado con la misma variedad. La distancia tiene que ser de al menos 5 m, si el cultivo adjunto fue sembrado en surcos; 15 m, si la siembra se hizo al voleo; y 50 m, si la dispersión fue aérea (SNICS-SAGARPA, 2014).

III. OBJETIVO GENERAL

Evaluar agronómicamente en tres ciclos el comportamiento del genotipo de arroz denominado Lombardía FLAR 13 contra el genotipo convencional, bajo las condiciones ambientales de zona arroceras de Michoacán.

3.1 Objetivos específicos

1. Comparar los desarrollos alcanzados de las variables físicas presentes los genotipos de arroz de grano largo y delgado y de grano grueso.
2. Determinar los parámetros estadísticos de los conjuntos de valores obtenidos en los genotipos de arroz probados
3. Relacionar la influencia de variables con el rendimiento de grano en los genotipos evaluados.

IV. HIPÓTESIS

Los genotipos de arroz de grano largo y delgado presentan capacidad de desarrollar y producir adecuadamente en las condiciones climáticas de zona arroceras de Michoacán, por lo que pueden igualar o incluso superar al genotipo convencional.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del área de estudio

La evaluación se desarrolló por tres años consecutivos, durante la temporada de establecimiento del cultivo de arroz en la región (junio 2018, 2019 y 2020); en espacios paralelos de parcelas productivas de productores cooperantes del municipio de Gabriel Zamora Michoacán, en la Región del Valle de Apatzingán (Figura 1). La altitud oscilante es de entre 600 y 700 m. Esta región colinda al norte con la región de la meseta Purépecha. Al oriente con la región de la Costa. Al sur con la región de la Costa y al poniente con la región de Tierra Caliente parte baja; sus coordenadas geográficas son longitud oeste $102^{\circ} 21'$ y latitud norte $19^{\circ} 51'$, está ubicada en la depresión del Balsas, la componen lomeríos y cañadas.



Figura 1. Localización del sitio de estudio. 1) Tepalcatepec, 2) Buenavista, 3) Aguililla, 4) Apatzingán, 5) Parácuaro, 6) Mujica, 7) Gabriel Zamora, 8) Nuevo Urecho, 9) Huacana, 10) Churumuco.

5.2 Características climáticas y edáficas del área de estudio

Desde su inicio la producción agrícola ha sido una de las actividades más importantes sobre todo en el área de riego donde el arroz junto con otros cultivos han sido preponderantes en ciertos períodos de tiempo. Esto derivado de las condiciones climáticas presentes en la región. En las partes altas (zonas de transición) con altitudes mayores de 600 m, el clima es cálido-húmedo, variando hacia partes más bajas a cálido sub-húmedo, con baja oscilación térmica y lluvias en verano con media anual de 697 mm, distribuidos de manera irregular. La evaporación es muy alta, lo que limita el sistema de producción de agricultura de temporal. Las temperaturas extremas de 44 °C y 19 °C con media anual de 28 °C, son los factores a considerar durante algunos meses del año. El mes más caluroso es mayo, el mes más frío enero, el mes más seco es febrero y el mes más lluvioso es agosto. El “estiaje” se registra de noviembre a mayo y las lluvias de junio a octubre (INEGI, 2016).

Los suelos son relativamente profundos, de textura fina, mediana y gruesa, con fertilidad potencial alta. En la parte plana abundan los suelos vertisoles y en las partes que no están planas se presentan otros como los fluvisoles, que son suelos profundos, negros volcánicos, a pesar de ser pesados y con alto índice de contracción, en lo general tienen micro relieve accidentado y alta pedregosidad. El modo de formación se ha dado por arrastre de los materiales resultantes del intemperismo de las rocas que se encuentran en las partes altas (INEGI, 1983; INEGI, 1985).

5.3 Descripción de los materiales de arroz

Los materiales utilizados fueron los genotipos de arroz denominados Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13. Las características que presentan son las siguientes:

Milagro filipino. Presenta altura de planta alrededor de 108 cm en el ciclo primavera – verano y alrededor de 80 cm en el ciclo otoño – invierno. El rendimiento Es de 10 t ha⁻¹ en promedio, su grano es de tipo medio, blanco brillante y menos de 15% de panza blanca; su calidad molinera es media, es decir presenta bajo porcentaje de granos pulidos enteros; es susceptible a problemas de alcalinidad de los suelos (Tavitas y Hernández, 2004).

Lombardía FLAR 13. Durante el ciclo otoño-invierno de los años 2013 al 2016 se observó esta línea de arroz de grano largo y delgado. Este material se adaptó a las condiciones agroclimáticas de la región del Valle de Apatzingán, surgió de una línea avanzada en generación F6 proveniente de una cruce triple con características de grano largo y delgado, su potencial de rendimiento es superior a 9 t ha⁻¹, presenta precocidad, resistencia al acame, calidad industrial mayor al 50% de granos enteros, el tipo de grano es traslucido tipo USA y granos separados en la calidad culinaria.

Por lo anterior, el genotipo Lombardía FLAR 13 se expuso a un proceso de validación, dando seguimiento a través de experimentos de campo, comparado con la variedad convencional Milagro Filipino, dentro de predios de productores cooperantes del ejido Lombardía del municipio de Gabriel Zamora, Michoacán, siendo la mayor zona referente del cultivo de arroz en la entidad mexicana.

Por lo que anualmente se establecieron las parcelas experimentales de validación, cuyas fechas de siembras fueron a partir del 5 de junio de cada año, por un periodo de desarrollo cercano a los cuatro meses a cosecha.

5.4 Diseño experimental

Los tratamientos evaluados fueron los genotipos de arroz Milagro Filipino (grano corto y ancho) y Lombardía FLAR 13 (grano largo y delgado).

El diseño experimental fue bajo un diseño experimental de parcelas independientes, conformados cada material (tratamiento) por cuatro “melgas”, cada una de 2.1 m x 40 m, dando un área 336 m² por tratamiento.

5.5 Variación climática durante los ciclos experimentales

Los datos climáticos precipitación, temperaturas máximas y mínimas, y evaporación ocurridos durante los periodos de estudio se muestran en la figura 2.

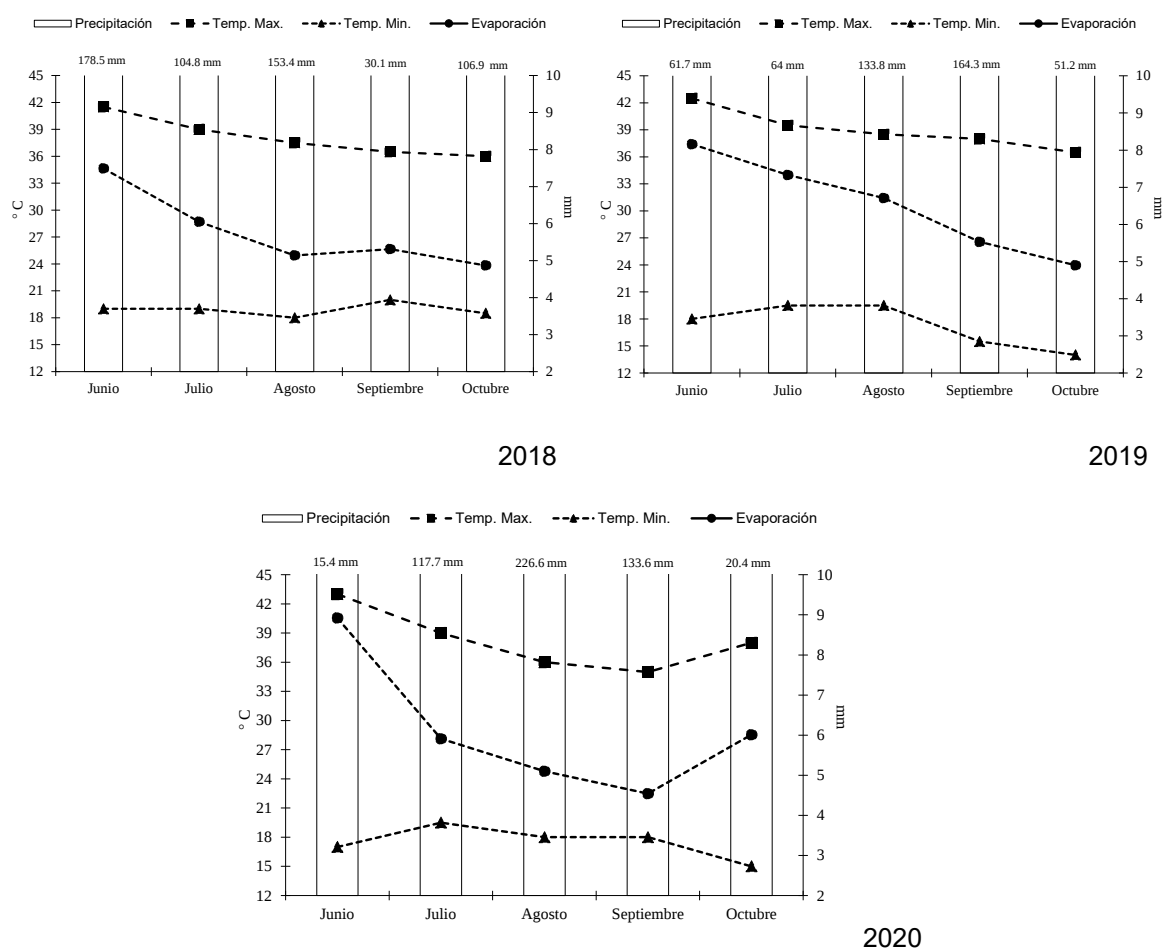


Figura 2. Variación climática durante las pruebas experimentales. Fuente: Departamento de Hidrometría. Distrito de Riego 097. CONAGUA. México.

5.6 Preparación del terreno

Para la preparación del terreno se realizaron labores mecanizadas básicas de barbecho, rastreo y formación de bordos para acondicionar las “melgas”. La siembra de semilla se hizo al “voleo” de forma manual, bajo la densidad de 100 kg de semilla ha⁻¹.

5.7 Labores básicas del cultivo

Las principales actividades o labores básicas desarrolladas destacan el tipo de riego rodado constante, sin llegar a la inundación; el control de maleza con herbicidas selectivos (Cuadro 1); y la fertilización fraccionada bajo la dosis 240-80 de N-P con las fuentes urea (46% N), sulfato de amonio (21% N) y fosfato diamónico (18-46-0 N-P-K) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Herbicidas selectivos empleados en los experimentos de arroz.

Herbicida	Hoja ancha	Hoja angosta
Ronstar (Oxadiazon) (pre-emergente)	4 L ha ⁻¹	
Propanil (Propanil) (post-emergente)		6 L ha ⁻¹
2-4-D (2-4-D) (post-emergente)	0.5 L ha ⁻¹	
Clincher (Cyhalofop butil ester) (post-emergente)		2 L ha ⁻¹

Cuadro 2. Requerimientos de la nutrición en los experimentos de arroz.

Elemento	Pre-siembra	Emergencia (15 cm ó 15-20 días)	Amacollamiento	Primordio floral “embuche”
N	-	80	80	80
P	80	-	-	-

5.8 Variables a evaluar

El registro de datos por unidad experimental se conformó 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 1 m² por cada melga. Las variables registradas fueron:

Altura de la planta. Con flexómetro se midió de la base del suelo al entrenudo en cruce con la hoja bandera y la panoja.

Numero de macollos (hijuelos). Visualmente se contó el número de hijuelos por “planta (matón)”.

Numero de espigas. De manera visual se contó la cantidad de espigas por panoja.

Longitud de espigas. Con una regla graduada, se registró la longitud de la espiga en su punto mayor.

Granos por espigas. Se eligió y cortó una espiga por planta (matón), para contar la cantidad de granos que lo conformaron.

Rendimiento al corte. Al momento de corte, se registró el peso de grano fresco sobre la base de 1 m².

Rendimiento después del corte. Posterior al corte, aproximadamente siete días, se pesó el grano “oreado”.

Peso hectolitro. Para registrar esta variable, se eligieron 1000 granos secos, y fueron pesados.

5.9 Registro y análisis de datos

Los datos registrados se analizaron aplicando pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, para tener certeza de que las muestras representan a las poblaciones totales. Así mismo, las muestras se analizaron haciendo comparaciones a los conjuntos de datos mediante la prueba estadística de *t-student* para muestras independientes. También, se concentraron los estadísticos muestrales, y se corrió una prueba de correlación, sobre la mayoría de las variables contra las variables rendimiento de grano post-corte. El paquete estadístico utilizado fue Past 3.2 (Hammer, 2018).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con los conjuntos de valores numéricos obtenidos de las variables contempladas, la aplicación de las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, presentaron resultados positivos ($P < 0.05$) en su mayoría, es decir, que los datos registrados fueron normales y presentaron homogeneidad de varianzas, a excepción de un solo valor, en la variable número de espigas, ciclo 2020, tratamiento Milagro Filipino (Cuadro 3). Sin embargo, es importante mencionar que bajo esta situación, el resultado de la prueba estadística aplicada, deberá tomarse con cautela.

Por otra parte, a fin de percibir las tendencias experimentales del comportamiento agronómico en las diferentes variables evaluadas y en los diferentes años, los resultados se muestran gráficamente a través de comparaciones múltiples. En la Figura 3, se muestra la variable altura de planta, en la cual solamente en dos años hubo diferencias estadísticas, 2020 no presentó diferencias entre tratamientos. Sobresale el tratamiento Lombardía FLAR 13, ya que superó al tratamiento Milagro Filipino, aunque esta condición compacta es deseable para este cultivo. Las alturas rondaron entre 71 a 73 cm y de 74 a 76 cm, para Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13, respectivamente (Figura 3).

Cuadro 3. Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas en datos registrados.

Variables	Ciclos	Tratamientos	Prueba de normalidad (Shapiro-Wilk)		Prueba de homogeneidad de varianzas		
			Valor	P	Valor	F	P
Altura de planta	2018	Milagro Filipino	0.9364	0.205	53.524	1.8129	0.20389
		Lombardía FLAR 13	0.9463	0.315	29.524		
	2019	Milagro Filipino	0.9317	0.1666	23.713	1.0192	0.96737
		Lombardía FLAR 13	0.9649	0.6446	24.168		
	2020	Milagro Filipino	0.9155	0.08127	27.011	1.6184	0.3027
		Lombardía FLAR 13	0.9718	0.7925	43.713		
Número de macollos	2018	Milagro Filipino	0.9082	0.05883	2.8842	1.3514	0.51791
		Lombardía FLAR 13	0.9231	0.1137	2.1342		
	2019	Milagro Filipino	0.9521	0.4005	2.9763	2.1715	0.099355
		Lombardía FLAR 13	0.9722	0.8009	6.4632		
	2020	Milagro Filipino	0.9541	0.4329	3.5658	1.6524	0.28246
		Lombardía FLAR 13	0.918	0.09062	2.1579		
Número de espigas	2018	Milagro Filipino	0.908	0.05835	2.7237	1.4807	0.4
		Lombardía FLAR 13	0.9265	0.1323	1.8395		
	2019	Milagro Filipino	0.9443	0.2881	2.2395	1.0924	0.84922
		Lombardía FLAR 13	0.961	0.5646	2.05		
	2020	Milagro Filipino	0.7388	0.0001207	0.47105	2.8771	0.02615
		Lombardía FLAR 13	0.8979	0.03763	1.3553		
Longitud de espigas	2018	Milagro Filipino	0.9313	0.1636	5.302	1.2353	0.64979
		Lombardía FLAR 13	0.9467	0.3202	6.5493		
	2019	Milagro Filipino	0.9231	0.1136	6.4237	1.7381	0.23732
		Lombardía FLAR 13	0.9644	0.6341	11.165		
	2020	Milagro Filipino	0.9615	0.5743	6.8789	1.1362	0.78367
		Lombardía FLAR 13	0.9633	0.6124	7.8158		
Granos por espigas	2018	Milagro Filipino	0.9413	0.254	2715	1.0192	0.96738
		Lombardía FLAR 13	0.9378	0.2175	2767.1		
	2019	Milagro Filipino	0.9637	0.6205	1523	1.709	0.25178
		Lombardía FLAR 13	0.9497	0.363	2602.8		
	2020	Milagro Filipino	0.9266	0.1326	2859.7	1.1573	0.75348
		Lombardía FLAR 13	0.9463	0.3149	3309.5		
Peso hectolitro	2018	Milagro Filipino	0.8397	0.1945	12	1.1111	0.93302
		Lombardía FLAR 13	0.9497	0.7143	13.333		
	2019	Milagro Filipino	0.9231	0.5544	12.25	2.1973	0.5346
		Lombardía FLAR 13	0.9259	0.5704	26.917		
	2020	Milagro Filipino	0.911	0.4877	22.667	4	0.28476
		Lombardía FLAR 13	0.911	0.4877	5.6667		
Rendimiento de grano al corte	2018	Milagro Filipino	0.9476	0.7009	5741.7	1.9526	0.59646
		Lombardía FLAR 13	0.9224	0.5505	2940.6		
	2019	Milagro Filipino	0.9969	0.9895	1075.6	7.7989	0.12556
		Lombardía FLAR 13	0.8812	0.3437	8388.7		
	2020	Milagro Filipino	0.9083	0.4733	756.25	10.234	0.087724
		Lombardía FLAR 13	0.9376	0.6395	7739.6		
Rendimiento de grano post corte	2018	Milagro Filipino	0.9532	0.736	7607.3	1.0308	0.98069
		Lombardía FLAR 13	0.9782	0.8917	7841.7		
	2019	Milagro Filipino	0.9231	0.5544	1741.7	7.2763	0.13732
		Lombardía FLAR 13	0.9259	0.5704	12673		
	2020	Milagro Filipino	0.9406	0.6577	7241.7	2.9306	0.40076
		Lombardía FLAR 13	0.8314	0.1714	21223		

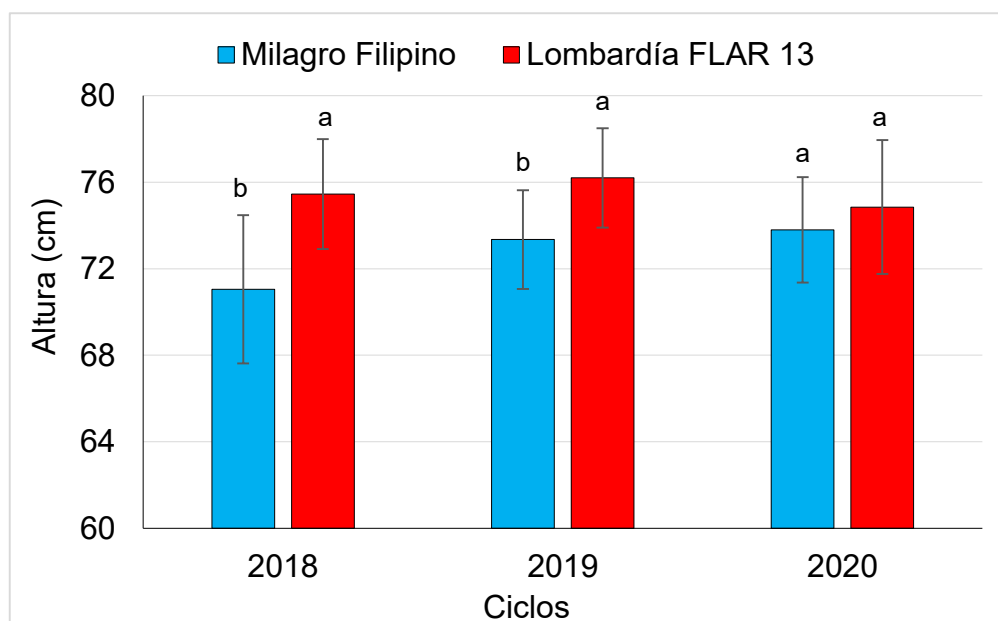


Figura 3. Resultado de la variable altura de la planta en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P < 0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=20$.

Respecto a la variable número de macollos por planta, el análisis estadístico mostró diferencias solo en los años 2019 y 2020, donde el tratamiento Lombardía FLAR 13 fue mayor que el tratamiento Milagro Filipino. De hecho en el año 2018, aun sin diferencias, la tendencia mayor también correspondió al tratamiento Lombardía FLAR 13 (Figura 4). Como se puede observar el tratamiento Lombardía FLAR 13 presentó valores ligeramente por encima de 11 macollos por planta, en cambio, el tratamiento Milagro Filipino, fue más cercano a 10 macollos por planta (Figura 4).

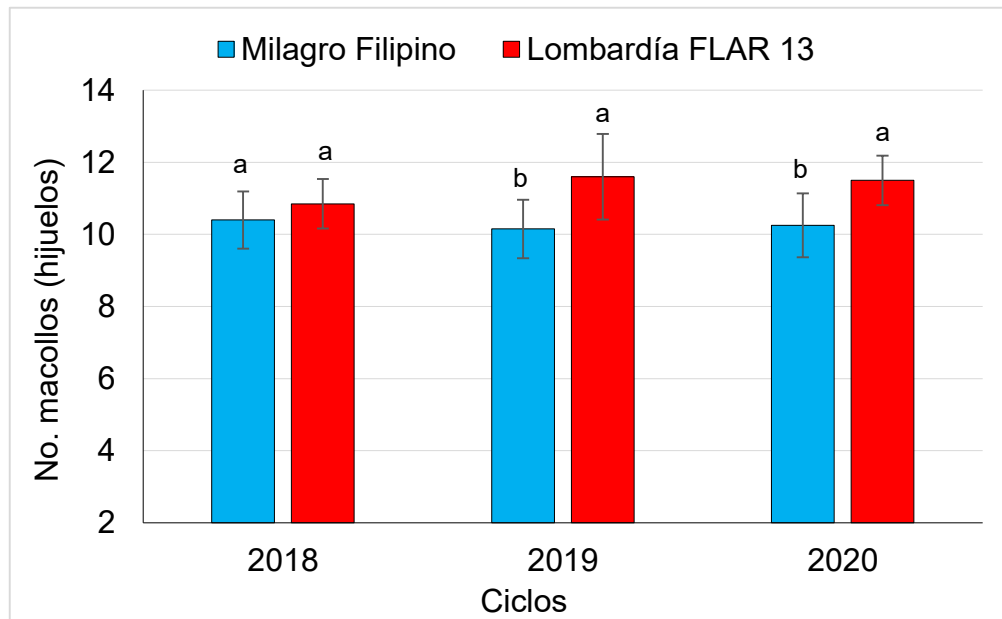


Figura 4. Resultado de la variable número de macollos en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P < 0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=20$.

En la variable número de espigas por planta, el análisis estadístico mostró diferencias, solo con excepción del año 2019, que estadísticamente el comportamiento fue igual entre ambos tratamientos (Figura 5). Como se aprecia, sobresale el tratamiento Lombardía FLAR 13, con valores próximos entre 11 y 12 espigas por planta. En cambio, el tratamiento Milagro Filipino presentó valores sobre 10 espigas por planta (Figura 5).

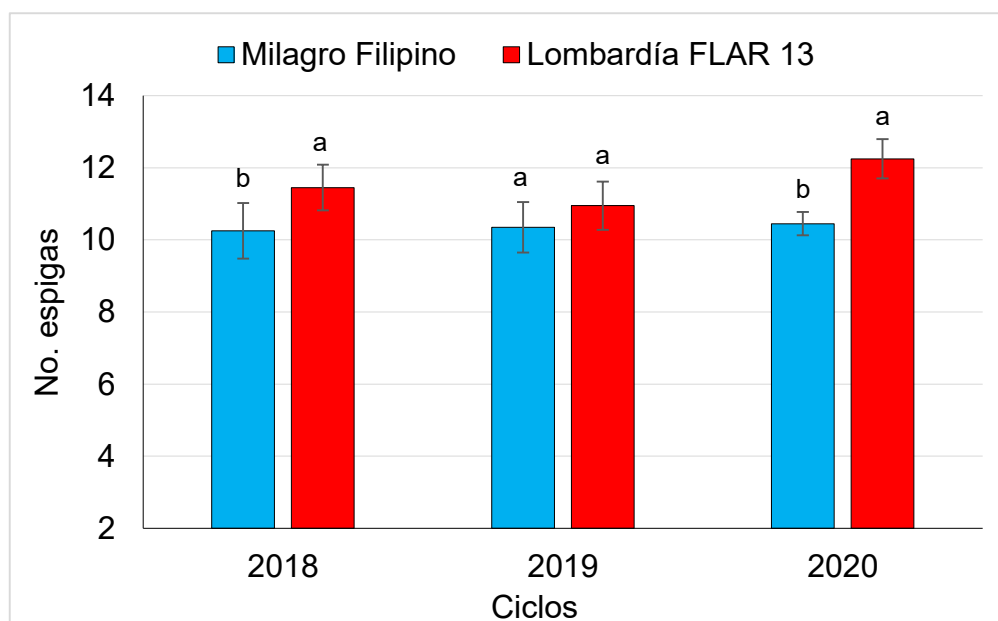


Figura 5. Resultado de la variable número de espigas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P < 0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=20$.

Por su parte, en la variable longitud de espigas, el análisis estadístico no encontró diferencias (Figura 6). Lo que significa que en los tres años, los tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 fueron iguales. De hecho la diferencia numérica corresponde a menos de una unidad del valor de medida entre ambos tratamientos, cuya longitud promedio fue 25.8 cm y 26.3 cm, para ambos tratamientos, respectivamente (Figura 6).

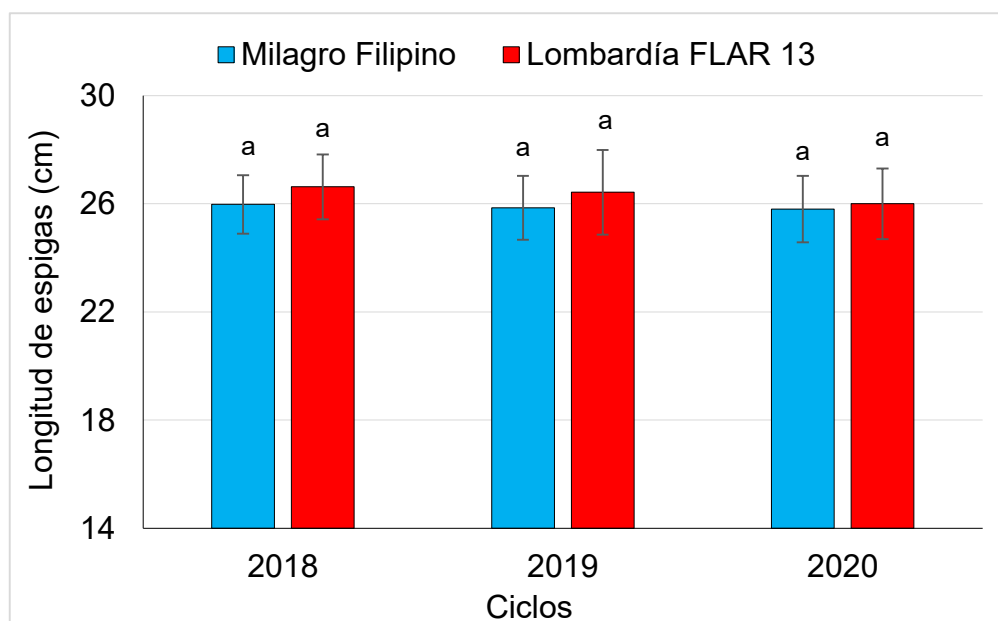


Figura 6. Resultado de la variable longitud de espigas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P < 0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=20$.

De igual forma, el análisis estadístico para la variable granos por espiga no se detectó diferencias (Figura 7). 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 tres años, y cuya diferencia entre ambos fluctuó en 20 semillas aproximadamente entre ambos tratamientos; sin embargo, tendencialmente el tratamiento Lombardía FLAR 13, fue superior (Figura 7).

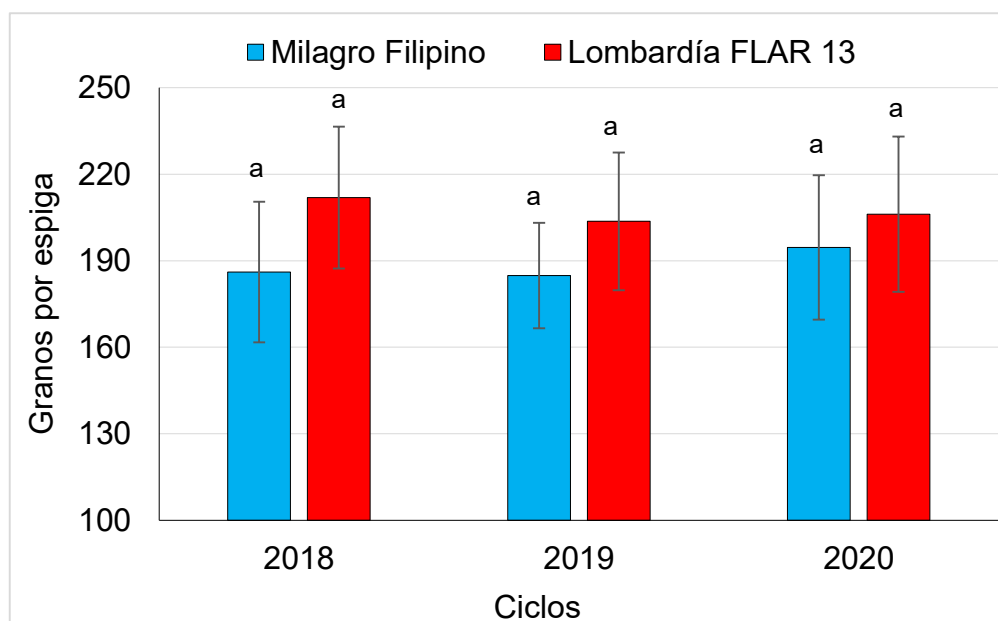


Figura 7. Resultado de la variable granos por espigas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=20$.

Dentro de la productividad, en la variable peso de 1000 semillas, solo en 2019 se presentó diferencias estadísticas. Como se observa, los valores rondaron entre 21 y 23 g para el tratamiento Milagro Filipino. En cambio, para el tratamiento Lombardía FLAR 13, el peso hectolitro alcanzó los 28 g en promedio para los tres años de estudio (Figura 8).

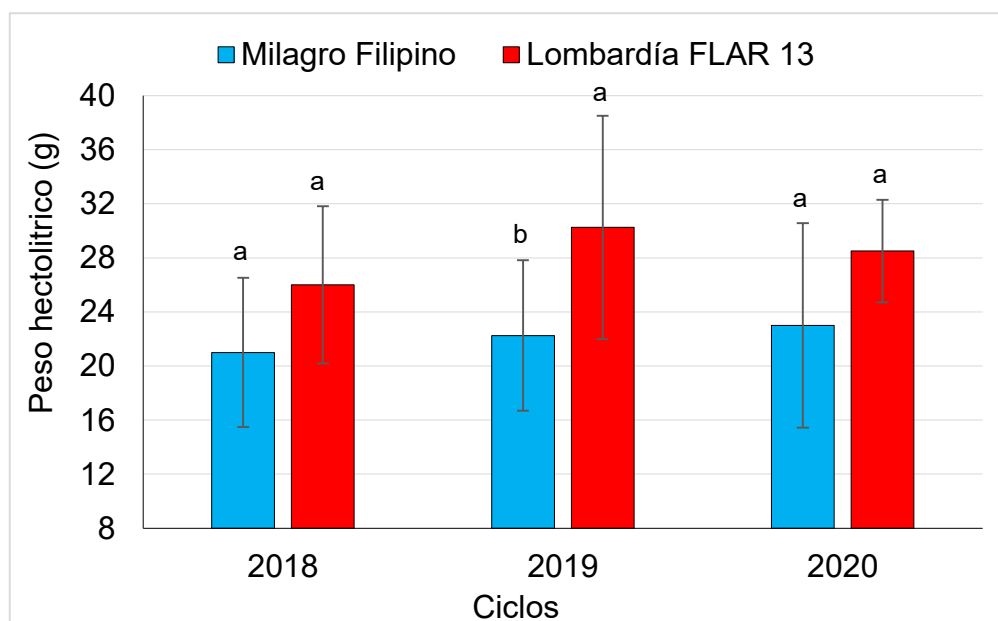


Figura 8. Resultado de la variable peso hectolitrico en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P<0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=20$.

Por lo que concierne a la variable rendimiento por área (base de un m^2) al momento del cosecha, es decir, grano maduro, el análisis estadístico detectó diferencias significativas en los tres años de evaluación (Figura 9). Como se aprecia, el tratamiento Lombardía FLAR 13 superó en más 338 g m^2 en promedio de los años de evaluación al tratamiento Milagro Filipino. Así el tratamiento Lombardía FLAR 13 registró valores superiores a 1250 g m^2 en los años promedio de evaluación (Figura 9).

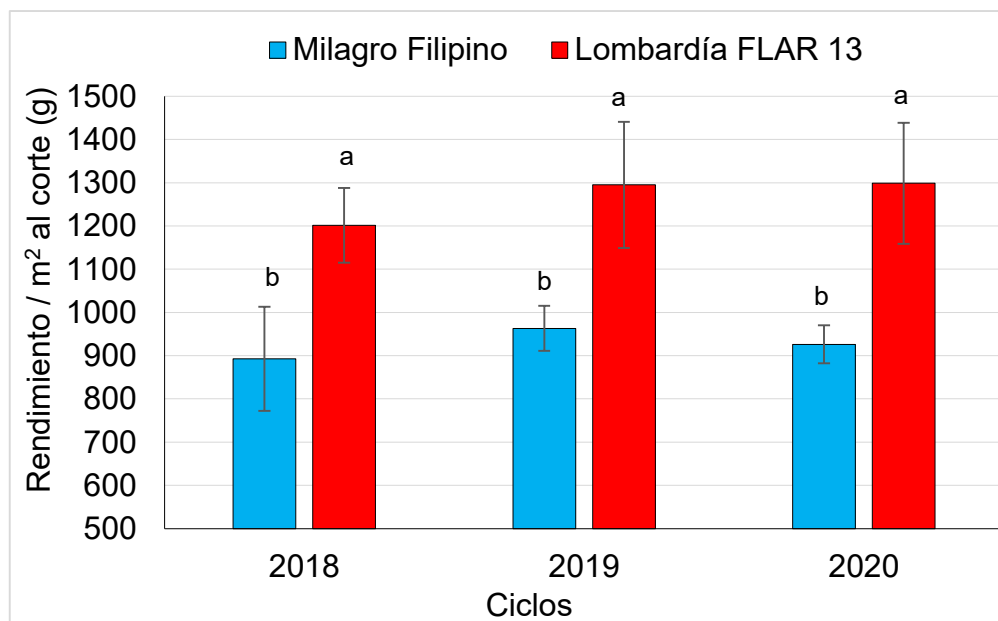


Figura 9. Resultado de la variable rendimiento en grano al corte de tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P < 0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=4$.

Posteriormente, el análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento por área (base de un m^2) después de la cosecha, de forma similar encontró diferencias significativas (Figura 10). 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 área al corte, pues sobresale el tratamiento Lombardía FLAR 13 con valores circundantes de entre 1,085 a 1,118 $g\ m^{-2}$ (Figura 10), y de entre 257 $g\ m^{-2}$ por encima del tratamiento Milagro Filipino.

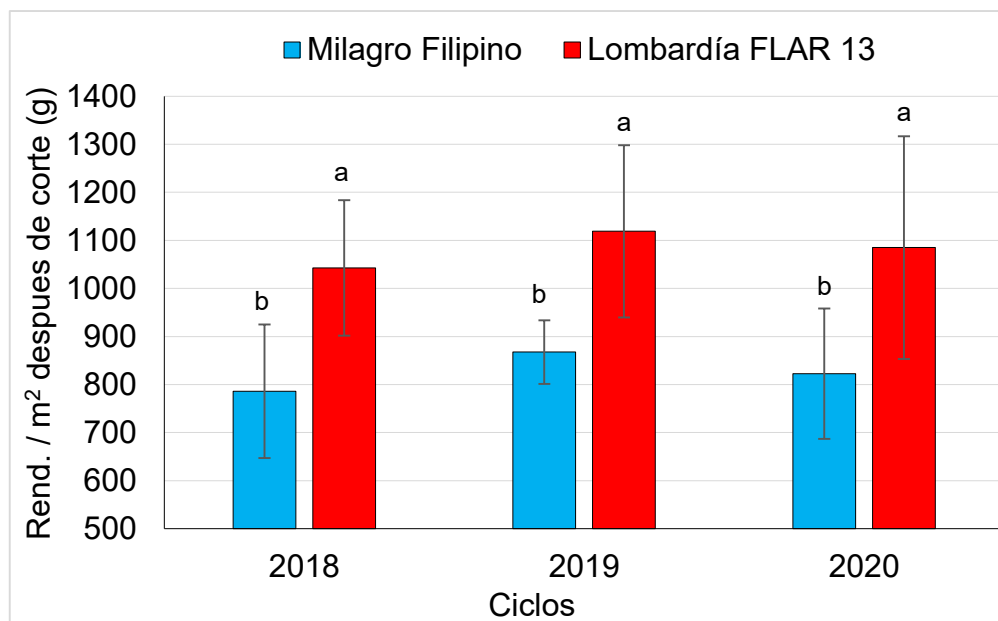


Figura 10. Resultado de la variable rendimiento de grano después del corte en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo tres ciclos agrícolas. Letras diferentes en barras indican diferencia estadística, según prueba *t-student* ($P < 0.05$); líneas verticales corresponden a la amplitud del intervalo de confianza (95%); $n=4$.

En cuanto a los estadísticos muestrales, derivados de los valores calculados de las variables registradas y en los ciclos evaluados de los genotipos de arroz, se muestran en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Estadísticos muestrales de las variables registradas en tratamientos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13
bajo tres ciclos agrícolas.**

	Ciclos	Altura de planta		Número de macollos		Número de espigas		Longitud de espigas		Granos por espigas		Peso hectolitrito		Rend. de grano al corte		Rend. de grano post. corte	
		Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13
Media	2018	71.05	75.45	10.40	10.85	10.25	11.45	25.98	26.63	186.10	211.90	21.00	26.00	892.50	1201.63	786.00	1042.50
	2019	73.35	76.20	10.15	11.60	10.35	10.95	25.85	26.43	184.85	203.65	22.25	30.25	963.15	1295.13	867.50	1118.75
	2020	73.80	74.85	10.25	11.50	10.45	12.25	25.80	26.00	194.60	206.15	23.00	28.50	926.25	1298.75	822.50	1085.00
Valor mínimo	2018	60.00	62.00	8.00	8.00	8.00	9.00	23.00	22.50	104.00	132.00	18.00	22.00	790.00	1130.00	700.00	950.00
	2019	60.00	68.00	6.00	6.00	3.00	6.00	21.00	19.50	117.00	130.00	18.00	24.00	922.80	1212.00	810.00	970.00
	2020	67.00	60.00	6.00	9.00	9.00	10.00	21.00	21.00	120.00	108.00	18.00	26.00	890.00	1215.00	725.00	938.00
Valor máximo	2018	84.00	86.00	13.00	14.00	13.00	14.00	31.00	31.00	312.00	299.00	26.00	30.00	965.00	1250.00	895.00	1155.00
	2019	84.00	85.00	13.00	16.00	9.00	16.00	29.50	32.00	247.00	312.00	26.00	35.00	1001.60	1400.00	905.00	1220.00
	2020	88.00	87.00	14.00	14.00	11.00	14.00	30.00	31.50	338.00	336.00	28.00	31.00	950.00	1420.00	910.00	1220.00
Error estándar	2018	1.64	1.21	0.38	0.33	0.37	0.30	0.51	0.57	11.65	11.76	1.73	1.83	37.89	27.11	43.61	44.28
	2019	1.09	1.10	0.39	0.57	0.40	0.65	0.57	0.75	8.73	11.41	1.75	2.59	16.40	45.80	20.87	56.29
	2020	1.16	1.48	0.42	0.33	0.15	0.26	0.59	0.63	11.96	12.86	2.38	1.19	13.75	43.99	42.55	72.84
Varianza	2018	53.52	29.52	2.88	2.13	2.72	1.84	5.30	6.55	2715.04	2767.15	12.00	13.33	5741.67	2940.56	7607.33	7841.67
	2019	23.71	24.17	2.98	6.46	3.21	8.46	6.42	11.17	1522.98	2602.77	12.25	26.92	1075.64	8388.73	1741.67	12672.92
	2020	27.01	43.71	3.57	2.16	0.47	1.36	6.88	7.82	2859.73	3309.50	22.67	5.67	756.25	7739.58	7241.67	21222.67
Desviación estándar	2018	7.32	5.43	1.70	1.46	1.65	1.36	2.30	2.56	52.11	52.60	3.46	3.65	75.77	54.23	87.22	88.55
	2019	4.87	4.92	1.73	2.54	1.79	2.91	2.53	3.34	39.03	51.02	3.50	5.19	32.80	91.59	41.73	112.57
	2020	5.20	6.61	1.89	1.47	0.69	1.16	2.62	2.80	53.48	57.53	4.76	2.38	27.50	87.97	85.10	145.68
Coeficiente de variación	2018	10.30	7.20	16.33	13.46	16.10	11.85	8.86	9.61	28.00	24.82	16.50	14.04	8.49	4.51	11.10	8.49
	2019	6.64	6.45	17.00	21.92	29.60	27.97	9.80	12.64	21.11	25.05	15.73	17.15	3.41	7.07	4.81	10.06
	2020	7.04	8.83	18.42	12.77	6.57	9.50	10.17	10.75	27.48	27.91	20.70	8.35	2.97	6.77	10.35	13.43

Además, para determinar la relación 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 5). Como se observa, las variables número de macollos y granos por espiga son las más relacionadas con la variable rendimiento de grano. El resto de las variables muestran relaciones positivas, pero no fueron tan constantes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Coeficiente de correlación de Pearson (r , $P=0.05$) entre la variable de rendimiento de grano después del corte y las variables agronómicas de los componentes del rendimiento.

Variables	Rendimiento por área después del corte (r)					
	2018		2019		2020	
	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13	Milagro Filipino	Lombardía FLAR 13
Altura de planta	0.02	-0.11	-0.90	0.63	-0.55	-0.33
Número de macollos	0.54	-0.74	0.41	0.59	0.63	-0.86
Número de espigas	-0.77	0.42	-0.52	0.65	-0.06	-0.99
Longitud de espigas	0.55	-0.16	0.98	-0.28	-0.31	-0.13
Granos por espigas	0.40	-0.18	0.57	0.28	-0.83	0.20
Peso de 1000 granos	-0.81	0.98	-0.39	-0.41	0.31	-0.08

6.1 Fundamentos finales de la validación del genotipo de arroz

México produce y comercializa dos tipos de granos para consumo, el de grano grueso que abarca 25% y el de grano delgado que abarca el 75%, este último

en gran medida depende de la importación (Barrios *et al.*, 2016). Ante ello, la reciente liberación de las variedades INIFLR R e INIFLAR RT, ambas de grano largo y delgado con alto potencial de rendimiento, resistentes a *Magnaporthe grisea* y a otras enfermedades, y buena calidad industrial del grano, lo que se espera que a corto plazo sustituya a la variedad Milagro Filipino y se recupere el nivel de rentabilidad del cultivo y simultáneamente compitan con el arroz de grano largo y delgado importado a fin de reducir los volúmenes de importación (Hernández *et al.*, 2015). En tanto, las variedades Pacífico FL15 y Golfo FL16, ambas resistentes al complejo sogata-VHB (virus de la hoja blanca) y a la enfermedad endémica quema del arroz (*Pyricularia oryzae*), pero 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 estima que con estas variedades los productores de arroz contribuirán con 300,000 t de arroz de grano extra largo que demanda la población (Hernández *et al.*, 2019).

El estado de Michoacán como digno representante de la producción nacional, en los últimos años ha ocupado el cuarto lugar en superficie establecida, lo que ha impulsado a realizar trabajos experimentales de líneas avanzadas de arroz (Álvarez y Tapia, 2016), permitiendo la selección de materiales adaptados a la región como Lombardía FLAR 13, además, que presentan características que el consumidor demanda. Es importante resaltar que además del material Lombardía FLAR 13 cuyo proceso y seguimiento ha sido constante y estable, también el material de arroz denominado Marfil FLAR 13 ha superado las expectativas, 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 mencionó, el arroz de tipo largo y delgado es el de mayor consumo nacional, y al no abastecerlo nacionalmente, se recurre a la importación del mismo.

El genotipo Lombardía FLAR 13, es un material de alto potencial rendimiento, y que por los resultados obtenidos, fue estable en la condición climática del Valle de Apatzingán, Michoacán, México. Es resistente al acame, al desgrane y a las enfermedades que atacan a este cultivo a nivel nacional, pues en los años de evaluación no se presentaron estas problemáticas. En cuanto a calidad industrial, el grano largo y delgado que produce es bueno, lo que lo hace competitivo con el arroz de importación de este mismo tipo de grano, por lo que puede competir con los tipos de grano que se están importando de Tailandia y Vietnam (Tolentino, 2014). Además, coadyuva al aumento de la superficie y de la producción de arroz con este tipo de grano, siendo un referente para contrarrestar los volúmenes de importación, y restablecer las fuentes de trabajo en el campo y en la industria arrocera.

Por otra parte, la tecnología que tradicionalmente se emplea en el cultivo de arroz en el Valle de Apatzingán, Michoacán, México, ha tenido cambios, por lo que se han desarrollado programas de mejora continua representada por el sistema de cultivo en siembra directa en surcos y riegos de auxilio, teniendo presente que el desabasto de agua es el principal problema, por ello, es importante implementar estrategias en la aplicación de la cantidad la lámina de riego requerida sin reducir los rendimientos potenciales. El agua es básica para que la planta de arroz complete sus funciones esenciales, a diferencia de otras especies, pues es un medio necesario para que el arroz se desarrolle adecuadamente y reduzca la competencia de malezas y otras plantas que son antagónicas. Por otra parte, el estrés por calor que experimenta la planta es 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 *et al.*, 2018). Otro aspecto importante es que el genotipo Lombardía FLAR 13 al igual que las nuevas variedades de esta gramínea, no requieren de inundación continua, lo cual permite tener mayor eficiencia y un mejor aprovechamiento de los recursos agua y suelo.

VII. 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 9.0 t ha⁻¹, es precoz, resistente al acame y de calidad industrial mayor al 50% de granos enteros, lo que da certeza a su establecimiento a mayor escala.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarez, H. J. C., Tapia, V. L. M. 2016. Comportamiento agronómico de líneas avanzadas de arroz de grano largo y delgado en Michoacán. Memoria Científica del 3er. Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria A. C. Roque, Celaya Guanajuato, México. p. 585-589.
- Angladette, A. 1969. El arroz. 1ra. Ed. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume, Barcelona. 867 p.
- 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. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(4): 969-976.
- Chávez-Murillo, C. E., Wang, Y., Quintero-Gutiérrez, A. G., Bello-Pérez, L. A. 2011. Physicochemical, textural and nutritional characterization of Mexican Rice Cultivars. Cereal Chemistry. 88(3): 245-252.
- Chang, T. T. and Bardenas, A. E. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. IRRI Technical Bulletin 4. International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 40 p.
- Degiovanni, V., Berrio, L. E., Charry, R. E. 2010. Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). p. 35-59. In: Degiovanni, B. V., Martínez, R. C. P., Motta, O. F. (eds.), Producción eco-eficiente del arroz en América Latina (Tomo I). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali Colombia.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. Sistema de semillas de calidad declarada. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 185. Roma Italia. 267 p.
- 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.
- González, F. J. 1985. Origen, taxonomía y anatomía de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). p. 47-64. *In*: Tascón, E., García, E. (eds.). Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, Colombia.
- Hammer, Ø. 2018. PAST V. 3.2 Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo. 262 p.
- 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 Pacifico Sur. Campo Experimental "Zacatepec". Zacatepec, Morelos, México. Folleto Técnico No. 87. 85 p.
- Hernández, A. L., Tavitas, F. L., Alvarez, H. J. C., Tapia, V. L., Ortega, A. R., Esqueda, E. V., Jiménez, C. J. A. 2019. Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, variedades multiambientales de arroz con grano extra largo para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(1): 23-34.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2016. Anuario estadístico y geográfico de Michoacán de Ocampo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). 723 p.

- Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI) 1983. Colima, Carta Edafológica E. 13-3. Escala 1:250,000. Color. Varios.
- Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI) 1985. Michoacán, Carta Geológica. Escala 1:500,000. Color. Varios.
- IRRI-IRGC. 1980. Descriptors for rice (*Oryza sativa* L.); IRRI-BGPR, Advisory Committee; Los Baños, Laguna, Philippines. 21 p.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3ra. Ed. Agro américa Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José Costa Rica. 522 p.
- López-Hernández, M. B., López-Castañeda, C., Kohashi-Shibata, J., Miranda-Colín, S., Barrios-Gómez, J., Martínez-Rueda, C. G. 2018. Tolerancia a sequía y calor en arroz (*Oryza sativa*). Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. 5(15): 373-385.
- Ortega, A. R., Esqueda, E. V. A., Barrios, G. E. J. 2016. Morfología y fisiología. P. 6-27. In: Hernández-Aragón, L.; Tavitas-Fuentes, L. (eds.). El arroz en México. 1ra. Ed. Libro Técnico No. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. 544 p. ISBN: 978-607-37-0584-4.
- 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 No. 1. 82 p.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2020. Estadística agrícola, Sistema integral de información agroalimentaria y pesquera. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
Consultado en agosto de 2020.

Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SNICS-SAGARPA). 2014. Regla para la calificación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) 13 p.

Tapia, V. M., Muñoz, V. A. 1996. Effect of the water regime in the irrigated rice of the Apatzingán Valley. *Agricultura Técnica en México*. 22(2): 157-174.

Tapia, V. L. M., Alvarez, H. J. C., Larios, G. A., Hernandez, P. A., Vidales, F. I. 2015. Evaluación de líneas avanzadas de arroz de grano largo delgado bajo riego en Parícuaro, Michoacán. *Memorias del XVIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas*. Mexicali, Baja California. México. p. 960-965.

Tavitas, F. L. y Hernández, A. L. 2004. Los Recursos Genéticos de Arroz y su utilización en México. *Publicación Especial No. 40*. 41 p.

Tavitas, F. L., Hernandez, A. L., Reyna, T. T. J. 2016. Producción y postproducción de arroz (*Oryza sativa* L.) en México y la importancia en la seguridad alimentaria. p. 66-90. *In*: Reyna, T. T. J., Vega, L. M., 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.14350/gd.02>.

Tavitas, F. L. 2016. Caracterización de variedades (*Oryza sativa* L.). p. 126-161. *In*: Hernández-Aragón, L.; Tavitas-Fuentes, L. (eds.). El arroz en México. 1ra. Ed. Libro Técnico No. 14. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. 544 p. ISBN: 978-607-37-0584-4.

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.