

EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS DE ARROZ DE GRANO CALIDAD “MORELOS”

EVALUATION AND CHARACTERIZATION OF LINES OF RICE “MORELOS” QUALITY GRAIN

Franccede González-Gabriel¹, Edwin Javier Barrios-Gómez^{1*}, Carlos Sánchez-Abarca², Leonardo Hernández-Aragón¹, Jaime Canul-Ku¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatepec. Km 0.5 Carr. Zacatepec- Galeana, Zacatepec, C.P. 62780 Morelos, México. Tel. 01 (734) 343 0230 ext. 121. Correo-e: fgg20_lz@hotmail.com, edwinb78@colpos.mx, csancheza69@yahoo.com.mx

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5. Carretera México-Texcoco. Chapingo, C.P. 56230, Estado de México, México.

*Autor responsable.

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron evaluar y seleccionar material con mayor vigor inicial en plántulas y tolerantes a enfermedades en la generación F₂. La siembra se realizó en macetas y se utilizaron 29 líneas de arroz en F₂ provenientes de cruces de tres líneas dos con grano calidad Morelos y un arroz tipo cristalino. En el ciclo del cultivo se evaluó la fase inicial, el daño ocasionado por enfermedades, fase de amacollamiento, madurez fisiológica y la caracterización de las plantas. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar y el programa SAS para realizar el

análisis estadístico de los datos. Los resultados mostraron que la línea 27 fue la mejor, ya que durante la fase inicial presentó mayor altura de planta, número de hojas desarrolladas, número de macollos desarrollados, área foliar por planta y peso seco de planta, en amacollamiento presentó mayor número de macollos desarrollados, peso seco, área foliar por planta y número de hojas desarrolladas, en tolerancia a enfermedades presentó menor severidad en daños y durante la madurez fisiológica tuvo mayor tamaño de panícula.

Palabras clave: *Oryza sativa L.*, selección, vigor inicial, tolerancia.

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate and select material greater initial seedling vigor and disease tolerant F2 generation of crosses trilinear. Sowing was done in pots of 29 rice lines in F2 crosses from grain quality trilinear Morelos. In the crop cycle was evaluated initial phase, the damage caused by disease, tillering stage, physiological maturity and characterization of plants. Experimental design was used in a randomized complete blocks and the statistical analysis of the data (SAS). The results concluded that line 27 was the best, because during the initial phase showed higher plant height, number of leaves developed, developed tiller number, leaf area per plant and plant dry weight. At tillering showed higher developed tiller number, dry weight leaf, area per plant and number of leaves developed. Tolerance to disease severity showed less damage and physiological maturity for larger panicle obtained.

Key words: *Oryza sativa* L., selection, initial vigor, tolerance.

INTRODUCCIÓN

En México, en el 2012, el arroz bajo el sistema de riego se cultivó principalmente en los estados de Nayarit, Michoacán, Campeche y Morelos; en cambio, en condiciones de temporal los estados con mayor superficie cultivada fueron Campeche, Veracruz, Colima y Tabasco. En nuestro país, el rendimiento medio más alto se reporta para el estado de Morelos con 10.22 t ha^{-1} ; mientras que, la media nacional es de 5.5 t ha^{-1} (SIAP, 2013).

Entre los factores que han permitido el alto rendimiento del cultivo en Morelos ha sido la liberación de variedades con gran potencial de rendimiento. Actualmente, los productores enfrentan severos problemas en las variedades recién liberadas debido a la susceptibilidad principalmente al

manchado del grano (*Bipolaris oryzae*), que disminuyen el rendimiento en campo y demeritan la calidad del grano en la industria (Salcedo y Barrios, 2011).

El bajo vigor inicial en plántulas y la utilización de las mismas fuentes de resistencia a enfermedades desde los años '90s, ha provocado la susceptibilidad en mayor grado de la variedad de más reciente liberación, traduciéndose en una baja eficiencia en la competencia contra las malezas y la utilización de productos químicos para el control de las mismas, aumenta los costos de producción (Barrios et al., 2011).

Una alternativa para este problema es continuar con el programa de mejoramiento genético en las variedades de arroz de reciente liberación, incorporando mayor resistencia a enfermedades y mayor vigor inicial en plántulas a las nuevas variedades de la serie Morelos, por lo anterior, en el presente trabajo se planteó el siguiente objetivo: Evaluar el vigor inicial, desarrollo vegetativo y reproductivo en plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) en generación la F₂ provenientes de cruza de tres progenitores o trilineales.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatepec del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el km. 0.5 de la carretera Zacatepec-Galeana, a los $18^{\circ} 39'16'' \text{ LN}$ y $99^{\circ}11'54.7'' \text{ LW}$ y una altitud de 911.8 msnm. Presenta un clima Aw₀, que es un cálido subhúmedo con lluvias en verano, donde la precipitación promedio anual es de 800 mm y la temperatura promedio anual de 24 °C (García, 1987).

El programa de cruzamientos inició en el ciclo P-V de 2011, en donde se realizaron cruza simples entre las variedades Morelos A-2010 x Morelos A-98, esto con el fin de incorporar el alto vigor inicial que tiene la variedad Morelos A-98 a la Morelos A-2010.

Las plantas resultado de la generación F₁ de cruza simples que se realizaron en 2011 se cruzaron con nueve líneas provenientes del Banco de Germoplasma de Arroz del INIFAP, campo experimental Zacatepec, seleccionados por su tipo de grano o arquitectura de planta y reconocidos por su resistencia a pyricularia (*Magnaphorte grisea*) y manchado del grano (*Bipolaris oryzae*), con la finalidad de obtener nuevas líneas que expresen las características que se pretenden incorporar como el alto vigor, resistencia a enfermedades y con la misma calidad de grano tipo Morelos. Esto se realizó en el ciclo I-P del 2012.

La semilla proveniente de la F₁ de cruza de tres líneas que se realizaron en el ciclo I-P del 2012, se sembró en una cubierta plástica en forma masal por cada material para la obtención de la F₂. Sembrada la F₂ de cada cruce en forma masiva en invernadero se realizó una minuciosa selección. En esta etapa se realizaron selecciones individuales en el cual se dio énfasis en el vigor inicial en plántulas, la tolerancia al daño ocasionado por enfermedades, en amacollamiento y la última en la madurez fisiológica.

Variables evaluadas

Durante el ciclo del cultivo se evaluaron cinco fases, la fase inicial a los 35 días después de la siembra (DDS), el daño ocasionado por enfermedades a los 40 DDS, la fase de amacollamiento a 82 DDS, la madurez fisiológica a 160 DDS y la caracterización de las plantas a los 130 DDS. Las variables evaluadas para la fase inicial y el amacollamiento fueron: Altura de planta (AP), número de hojas desarrolladas (NHD), número de macollos desarrollados (NMD), área foliar por planta (AFP) y el peso seco de planta (PS), para evaluar el daño ocasionado por enfermedades se registró la incidencia, la intensidad y la severidad de los daños ocasionados en la planta y en las poblaciones, en la madurez fisiológica se determinó los días a floración (DAF), longitud de la panícula (LDP), longitud de la excerción (EXC), número de granos por panícula

(NGP) y la altura de planta (AP). Durante la caracterización de las plantas se registró el inicio de la floración (IF), el tipo de excerción en las plantas, tipo de hoja, tipo de tallo, hábito de crecimiento, follaje, la presencia o no de arista y el encañe en los tallos.

Análisis estadístico

En análisis estadístico se realizó en cada una de la fases de evaluadas a excepción de la caracterización de las plantas. Para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos, se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar y se utilizó el programa SAS (2002). También se realizó una prueba de medias utilizando Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase inicial

El análisis estadístico mostró diferencias significativas para número de hojas desarrolladas, número de macollos desarrollados, peso seco de planta y área foliar de planta. Para altura de planta no presentó diferencias significativas (Cuadro 1). El promedio de macollos desarrollados a los 35 DDS fue de 1.7, las plantas presentaron un rango de 1 a 4 macollos y de 4 a 10 hojas con lígula expuesta (Cuadro 1), estos resultados coinciden con lo mencionado por Luna (2011), la formación de macollos en la planta de arroz dura de los 25 a los 55 DDS y el primer macollo se desarrolla después de la quinta hoja. Los macollos que se desarrollan en los nudos más bajos del tallo principal producen macollos secundarios y éstos últimos producen los terciarios (Calixto, 1990). En este estudio, el número de macollos desarrollados también favoreció el aumento del área foliar en la planta y el peso seco, se obtuvieron coeficientes de correlación altamente significativos ($\alpha=0.01$) entre estas variables igual a 0.73 y 0.83, respectivamente.

Los factores climáticos que puede afectar el desarrollo de macollos en la planta

de arroz son la temperatura y la radiación solar. A temperaturas altas se aumenta la tasa de emergencia de las hojas y se mantiene un mayor número de tallos, pero cuando la radiación solar se reduce, algunas de las yemas no se diferencian en tallos por la falta de carbohidratos (Osuna, 2001).

Se obtuvo un coeficiente de correlación de altura de planta (AP) contra el peso seco (PS) altamente significativo ($\alpha=0.01$) igual a 0.68, esto indica que plantas más altas tienden a presentar mayor peso seco, aunque no siempre es así, ya que esta característica sólo se presentó en las líneas 21, 23, 27, 28 y 29, como se muestra en la Figura 1.

Para la fase de plántula, el peso seco obtenido de las muestras fue muy bajo, lo

que coincide con investigaciones anteriores donde se menciona que durante los primeros 30 a 40 DDS, la producción de materia seca es muy lenta, siendo menos del 3% total producido hasta la fase de grano pastoso (Medina, 2009). Sin embargo, es importante conocer el peso seco, ya que en este estudio, la variable PS tuvo coeficientes de correlación altamente significativos ($\alpha=0.01$) con todas las demás variables evaluadas, como se muestra en el Cuadro 2.

Este resultado coincide con los de Osorio (2007) quien encontró que existe una estrecha relación entre el área foliar y la acumulación de materia seca en la planta.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables AP, NHD, NMD, PS y AFP. Zacatepec, Morelos. 2013.

LINEA	AP (cm)	NHD	NMD	PS (g)	AFP (cm ²)	LINEA	AP (cm)	NHD	NMD	PS (g)	AFP (cm ²)
1	34.0a	6.4a	1.8a	0.27a	55.0a	18	29.0a	6.0a	1.2b	0.18b	41.4a
2	32.4a	7.4a	1.8a	0.27a	45.6a	19	31.4a	6.0a	1.6a	0.22a	29.0b
3	30.4a	8.8a	2.4a	0.30a	53.9a	20	34.0a	5.6a	1.4b	0.23a	24.3b
4	31.8a	9.0a	2.6a	0.31a	50.9a	21	33.6a	10.2a	2.8a	0.40a	76.5a
5	29.8a	4.8b	0.8b	0.17b	26.8b	22	33.2a	5.8a	1.4b	0.26a	33.5b
6	35.8a	7.2a	2.2a	0.26a	36.9a	23	34.2a	9.8a	2.4a	0.38a	71.7a
7	35.7a	7.4a	2.0a	0.25a	38.3a	24	31.6a	7.4a	2.0a	0.26a	51.6a
8	32.4a	6.6a	2.0a	0.19b	41.3a	25	30.2a	5.6a	1.0b	0.20b	28.3b
9	30.5a	7.4a	1.2b	0.18b	47.9a	26	37.0a	4.6b	0.8b	0.23a	32.4b
10	35.0a	6.0a	1.8a	0.22a	27.4b	27	32.1a	10.8a	3.8a	0.41a	62.4a
11	31.0a	5.2b	1.2b	0.17b	25.3b	28	29.3a	10.6a	3.2a	0.36a	58.1a
12	30.6a	5.6a	1.6a	0.20b	25.9b	29	41.5a	10.2a	3.0a	0.49a	72.1a
13	34.4a	7.0a	1.4b	0.27a	57.7a	CV	17.0	32.2	54.8	44.2	41.2
14	31.8a	5.0b	0.8b	0.21b	28.6b	R ²	0.28	0.46	0.44	0.40	0.51
15	28.6a	7.0a	1.6a	0.22a	31.9b	MG	32.4	7.0	1.7	0.2	42.7
16	29.6a	5.2b	0.8b	0.19b	35.9a	DMS	13.4	5.4	2.3	0.2	42.6
17	30.8a	5.4a	1.2b	0.19b	27.0b						

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$); AP=altura de planta, NHD=número de hojas desarrolladas, NMD=número de macollos desarrollados, PS=peso seco de planta, AFP= área foliar por planta, CV=coeficiente de variación; R²= ajuste de los datos al modelo, MG=media general, DMS= diferencia mínima significativa.

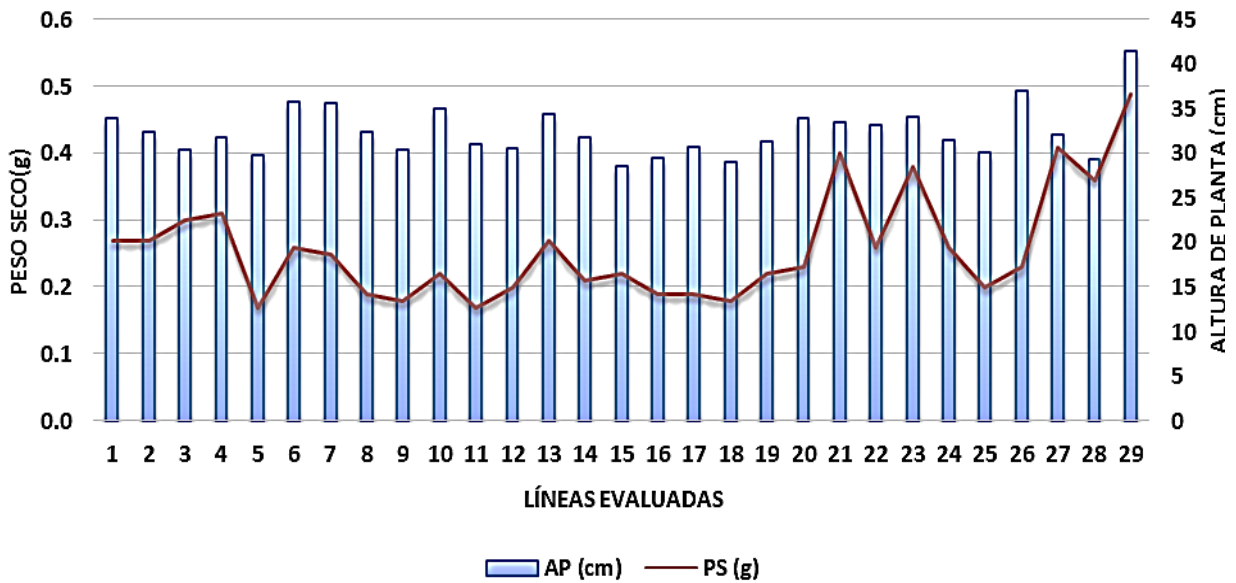


Figura 1.- Altura de planta (AP) y peso seco (PS) en la fase inicial. Zacatepec, Morelos. 2013.

La determinación del área foliar es una medida necesaria para el cómputo de la tasa de asimilación de las plantas y para el análisis de crecimiento de un cultivo. En arroz, se mide solamente el área de la lámina foliar debido a que la fotosíntesis en vainas y tallos es insignificante (Osorio, 2007). A través del área foliar se puede determinar el índice de área foliar (IAF). Con un alto IAF y en condiciones favorables del ambiente se produce una buena cantidad de carbohidratos, lo cual a su vez da como beneficio un alto número de granos con buen peso por panícula (Arce, 2006). Las prácticas agronómicas de densidad de plantas y aplicación de nitrógeno, son los dos factores más importantes que influyen en el incremento del área foliar, bajo la mayoría de las condiciones (Osorio, 2007).

Evaluación de daños ocasionados por enfermedades.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la intensidad de daños ocasionados por enfermedades.

Las líneas 6 y 13 presentaron menor incidencia de daño ocasionado por enfermedades. Por el contrario, las líneas 3, 4, 15, 17, 18, 22, 23 y 29, presentaron mayor incidencia, con el 100 % de plantas enfermas. La línea 29 fue estadísticamente diferente a las demás, presentó la más baja intensidad de daños, con una media de 11.19 % de hojas dañadas. Seguido de las líneas 28 y 27 con 11.96 y 12.28 % de hojas dañadas, respectivamente. Por el contrario, la línea 18 presentó la más alta intensidad de daños, con un promedio de 39.12 % de hojas afectadas por planta, seguido de las líneas 1 y 25, con 35 y 36 %, respectivamente.

Las líneas 27, 28, 13 y 29 presentaron menor severidad de daños en las hojas. Es decir, si el 100 % de las plantas en cada línea estuvieran enfermas, cada planta sólo presentaría entre 10 y 11 % de hojas dañadas. Por el contrario, la línea 18 presentó la mayor severidad de daño, con un valor de 39.12 %.

En la Figura 2 se observa la poca relación que hay entre la incidencia y la intensidad del daño causado por

enfermedades. Sin embargo, la severidad muestra la relación que existe entre las variables antes mencionadas.

Fase de amacollamiento

El análisis estadístico mostró diferencias significativas para número de hojas desarrolladas, altura de planta y peso seco de planta. Para área foliar de planta y número de macollos desarrollados no presentaron diferencias significativas (Cuadro 3).

La altura de planta puede representar una desventaja, ya que en estudios anteriores se menciona que entre más alta

sea la planta menor es el rendimiento en grano, debido a la relación grano/paja. La resistencia de las plantas al acame está relacionada principalmente con la poca altura (Arce, 2006). Se obtuvieron coeficientes de correlación con las variables evaluadas y éstos fueron muy bajos. El mayor coeficiente altamente significativo obtenido ($\alpha=0.01$) fue el de PS con AP, con un valor de 0.30. La altura de planta en esta fase, no representa ventaja alguna en la obtención de mayores rendimientos; por el contrario, una mayor altura en la planta representa una mayor susceptibilidad al acame.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre la variable PS con AP, NHD, NMD y AFP. Zacatepec, Morelos. 2013.

Variables	AP (cm)	NHD	NMD	AFP (cm ²)
PS (g)	0.68	0.82	0.83	0.87

PS= peso seco, AP= altura de planta, NHD= número de hojas desarrolladas, NMD=número de macollos desarrollados, AFP= área foliar por planta.

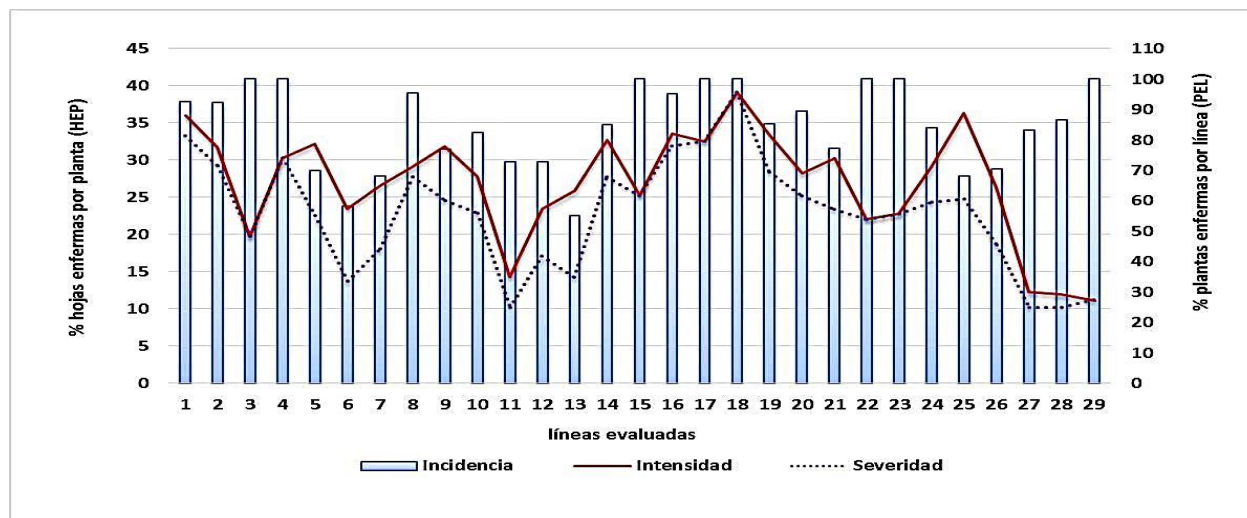


Figura 2.- Incidencia (PEL), intensidad (HEP) y severidad del daño causado por enfermedades. Zacatepec, Morelos. 2013.

La variable NHD obtuvo coeficientes de correlación altamente significativos ($\alpha=0.01$) de 0.80, 0.85 y 0.87 contra las

variables NMD, PS y AFP, respectivamente. Al igual que en la primera fase de evaluación (plántula), un mayor número de hojas

desarrolladas proporcionan mayor área foliar.

El número de macollos desarrollados no presentó diferencias significativas entre líneas ($\alpha=0.05$); sin embargo, esta característica es importante dado que los componentes que determinan el rendimiento son las panículas por unidad de superficie que se establece durante el periodo vegetativo, el número de espiguillas por panícula, el porcentaje de espiguillas llenas y el peso de los granos. En esta etapa el nitrógeno es fundamental para lograr un alto número de macollos y acumulación de biomasa (Quintero, 2008). Además, durante esta fase se forman los aerénquimas que son tejidos capaces de conducir oxígeno (Luna, 2011). En plantas mejoradas se prefiere un alto amacollamiento para lograr una productividad máxima con poblaciones moderadas y densas. La habilidad de amacollamiento es una característica genética, pero está influenciada por factores como la densidad de siembra, disponibilidad de nutrientes y manejo del agua de riego (Medina, 2009).

El PS en la planta de arroz durante la fase de amacollamiento, está influenciado por el número de hojas desarrolladas y el área foliar por planta, ya que se obtuvieron coeficientes de correlación altamente significativos ($\alpha=0.01$), con valores de 0.85 y 0.90, respectivamente. En estudios anteriores se menciona que 40 DDS la producción de materia seca es muy rápida por el inicio de amacollamiento activo y el crecimiento de varias partes de la planta. En las variedades de alto rendimiento, alrededor de la mitad de la materia seca total termina en los granos, dando como resultado un índice de cosecha del 50 % o una relación grano-paja cercana a la unidad. Al final, casi el 18 % de la materia seca es inactiva como hojas muertas, la mitad de estas a partir del estado de floración (Medina, 2009).

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis estadístico practicado a las variables consideradas en la fase de amacollamiento. En la Figura 3 se observa el comportamiento entre el PS y el AFP. Esto coincide con los resultados obtenidos en la fase de plántula, en donde también se observó una estrecha relación entre el área foliar y la acumulación de materia seca en la planta.

El área foliar por planta se encuentra altamente relacionado con el NHD y el NMD por planta, ya que se obtuvieron coeficientes de correlación altamente significativos ($\alpha=0.01$) igual a 0.87 y 0.71, respectivamente.

Madurez fisiológica

El análisis estadístico mostró diferencias significativas para días a floración, longitud de panícula y altura de planta. Para número de granos por planta y excerción no presentaron diferencias significativas (Cuadro 4).

Las líneas 5 y 16 fueron las más tardías para la etapa reproductiva, el inicio de la floración de las líneas más precoces comenzó a los 105 DDS. El ciclo de vida de la planta de arroz está en un rango de 100 a 210 días, variedades con ciclos de 150 a 210 días son usualmente sensibles al fotoperiodo. La mayor parte de las variedades modernas son de maduración intermedia (110 a 135 días) y rinden más que las que maduran precozmente (menor a 110 días) o más tarde (mayor a 135 días) (Arce, 2006), con excepción de las variedades Morelos que rinden arriba de 10 toneladas. Sin embargo, también se menciona que el rendimiento agrícola es mayor en las variedades de ciclo corto que en las de ciclo medio, con mayores índices de área foliar (IAF).

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables AP, NHD, NMD, PS y AFP. Zacatepec, Morelos. 2013.

LÍNEA	AP (cm)	NHD	NMD	PS (g)	AFP (cm ²)	LÍNEA	AP (cm)	NHD	NMD	PS (g)	AFP (cm ²)
1	70.8b	82.2a	29.0a	14.7a	1468.5a	18	76.4b	101.4a	32.6a	22.3b	2615.6a
2	70.2b	95.0a	32.2a	16.2a	1677.0a	19	75.8b	74.0a	23.6a	16.4a	2179.9a
3	78.0b	110.2a	35.6a	21.7a	2710.5a	20	83.0a	63.8a	20.2a	13.1a	1386.8a
4	69.4b	73.0a	24.2a	12.1a	1683.2a	21	74.4b	86.6a	30.2a	18.2a	2037.6a
5	69.1b	50.6b	16.8a	8.9b	1205.3a	22	74.2b	86.0a	28.4a	19.4b	2229.7a
6	68.8b	86.8a	30.0a	12.2a	1832.7a	23	80.0a	60.2a	19.8a	14.7a	1948.4a
7	76.6b	62.2a	20.2a	9.2a	1097.2a	24	87.0a	106.4a	33.6a	25.7a	2817.2a
8	81.4a	59.0a	20.8a	13.0b	1572.3a	25	82.6a	78.2a	27.2a	12.4a	1461.7a
9	85.0a	49.8b	15.6a	9.2b	1210a	26	81.0a	69.4a	23.8a	11.7a	1038.0a
10	77.2b	79.0a	24.4a	13.0a	1730.2a	27	89.4a	89.0a	27.2a	20.6a	2565.5a
11	85.2a	50.2b	33.8a	8.0b	1214.9a	28	76.0b	109.4a	33.4a	18.0a	2246.1a
12	82.0a	88.8a	29.4a	15.5b	2176.5a	29	97.8a	101.8a	32.2a	28.6a	2978.9a
13	80.0a	60.4a	19.2a	12.0a	1414.8a	CV	9.76	30.1	33.3	31.8	33.59
14	78.6b	61.4a	15.6a	12.3b	1205.8a	R ²	0.51	0.46	0.41	0.63	0.59
15	76.6b	99.6a	34.8a	21.2a	2615.3a	MG	78.38	77.5	25.8	15.2	1809.44
16	80.2a	53.8a	17.4a	11.0b	1096.7a	DMS	18.54	56.6	20.9	15.5	1951.1
17	66.4b	60.4a	19.8a	9.8b	1057.9a						

Medias con la misma letra, dentro de cada columna, son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). AP=altura de planta, NHD=número de hojas desarrolladas, NMD=número de macollos desarrollados, PS=peso seco de planta y AFP= área foliar por planta. CV= coeficiente de variación, R²= ajuste de los datos al modelo, MG=media general, DMS= diferencia mínima significativa.

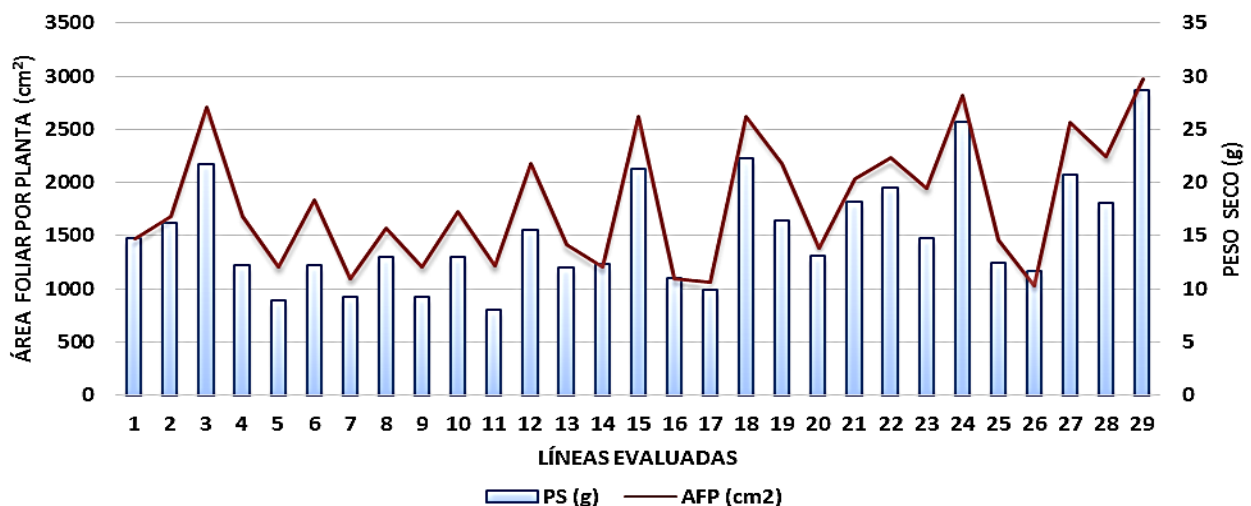


Figura 3.- Peso seco (PS) y área foliar por planta (AFP) en amacollamiento. Zacatepec, Morelos. 2013.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias practicada a las variables consideradas en la etapa de madurez fisiológica.

En la Figura 4, se observa que las líneas 14 y 16 fueron las más tardías, pero con mayor tamaño de panícula, mientras que, la línea 27, fue la más precoz con menor tamaño de panícula. El coeficiente de correlación entre las variables DAF y LDP fue altamente significativo ($\alpha=0.01$) igual a 0.35, lo que indica que la relación es poca, es decir, esta correlación no se aplica para todas las líneas evaluadas.

Para la longitud de panícula la mayoría de las líneas fueron estadísticamente iguales con excepción de las líneas 1, 2 y 18.

Los coeficientes de correlación entre las variables evaluadas en la madurez fisiológica fueron muy bajos, el valor más alto y altamente significativo ($\alpha=0.01$) fue de 0.48, se obtuvo entre las variables LDP con NGP. Lo que indica que en esta etapa, las plantas con mayor tamaño de panícula tienden a tener mayor número de granos en la misma, aunque esta característica no se cumplió en todas las líneas evaluadas, como se observa en la Figura 5.

Para longitud de la excerción, todas las líneas fueron estadísticamente iguales. Sin embargo, se obtuvo un coeficiente de variación de 149.53, lo que indica que los datos obtenidos para esta variable fueron altamente influenciados por el ambiente, aunque también pudo deberse a la alta variabilidad que se presentó, ya que incluso entre líneas hubo una gran variación en la longitud de la excerción en las panículas.

En un programa de mejoramiento genético se deben seleccionar líneas con

mayor excerción en la panícula, ya que la excerción es la capacidad de las panículas de emerger completamente de la vaina de la hoja bandera. La excerción inhibida de las panículas es un carácter indeseable y provoca que las espiguillas encerradas en la vaina sean estériles o se llenen tan solo parcialmente, produciendo pérdidas moderadas de grano (Arce, 2006).

No hubo diferencias significativas entre líneas para la variable NGP, lo que indica que todas las líneas tienen el mismo potencial de rendimiento para esta variable. Se han demostrado en estudios anteriores que el rendimiento en grano del arroz está condicionado por tres factores: número de panículas por unidad de superficie, número de granos llenos por panícula y el peso promedio de los granos por panícula (Arce, 2006).

Otras investigaciones mencionan que la distribución de los componentes de rendimiento revela que el número de granos por unidad de superficie contribuye con el 74 % del rendimiento y el resto de factores con un 26 % (Arce, 2006). Un genotipo responde en rendimiento de grano, en función a su estructura genética y factores ambientales, acompañado de un eficiente manejo tecnológico (Beltrán, 2012).

Al igual que en las evaluaciones anteriores (fase inicial y amacollamiento), la variable AP tuvo poca correlación con las demás variables; sin embargo, es necesario seleccionar líneas de poca altura para asegurar una mayor resistencia al acame; las líneas más altas presentaron un rango de 130 a 120 centímetros de altura, a diferencia de los más cortos que tuvieron entre 80 y 85 centímetros.

Cuadro 4. Comparación de medias de las variables DAF, LDP, EXC., NGP y AP. Zacatepec, Morelos. 2013.

LINEA	DAF	LDP (cm)	EXC. (cm)	NGP	AP (cm)	LINEA	DAF	LDP (cm)	EXC. (cm)	NGP	AP (cm)
1	115f	21.6b	0.6a	93a	89.8b	18	113g	23.4b	2.7a	98a	90.2b
2	117f	23.2b	0.9a	91a	95.0b	19	119e	27.3a	1.4a	129a	110.4a
3	118e	28.1a	1.3a	118a	89.0b	20	119e	24.8a	0.5a	97a	85.4b
4	121e	28.2a	2.0a	90a	96.2b	21	121e	26.1a	0.0a	114a	79.2c
5	139a	26.1a	0.7a	84a	110.1 a	22	115f	26.1a	1.9a	103a	95.7b
6	120e	29.9a	0.6a	106a	85.5b	23	108h	24.6a	0.0a	78a	89.2b
7	117f	23.9a	0.3a	106a	86.5b	24	119e	27.5a	1.1a	101a	95.8b
8	117f	28.5a	0.8a	108a	101.9 b	25	118e	26.1a	2.4a	125a	105.3b
9	117f	28.0a	1.0a	131a	99.1b	26	121e	26.5a	2.5a	110a	109.1a
10	117f	28.1a	2.8a	118a	117.1 a	27	108h	23.9a	0.6a	81a	94.5b
11	112g	24.4a	0.6a	96a	94.0b	28	109h	26.8a	0.65a	93a	91.0b
12	116f	30.0a	1.2a	113a	104.8 b	29	113g	26.2a	1.5a	87a	109.2a
13	112g	23.9a	3.0a	112a	101.9 b	CV	2.12	15.3	149.5	30.7	15.48
14	135b	30.6a	3.5a	120a	131.5 a	R ²	0.93	0.34	0.22	0.19	0.42
15	119e	24.1a	3.4a	115a	104.1 b	MG.	118	26.2	1.44	104.7	99.03
16	137a	29.3 ^a	3.4a	106a	125.4 a	DMS	4.2	6.7	3.6	54.4	25.89
17	114f	24.0a	0.2a	102a	85.1b						

Medias con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). DAF=días a floración, LDP=longitud de panícula, EXC=longitud de la excerción, NGP=número de granos por panícula, AP=altura de planta, CV=coeficiente de variación, R²= ajuste de los datos al modelo, MG=media general, DMS: diferencia mínima significativa.

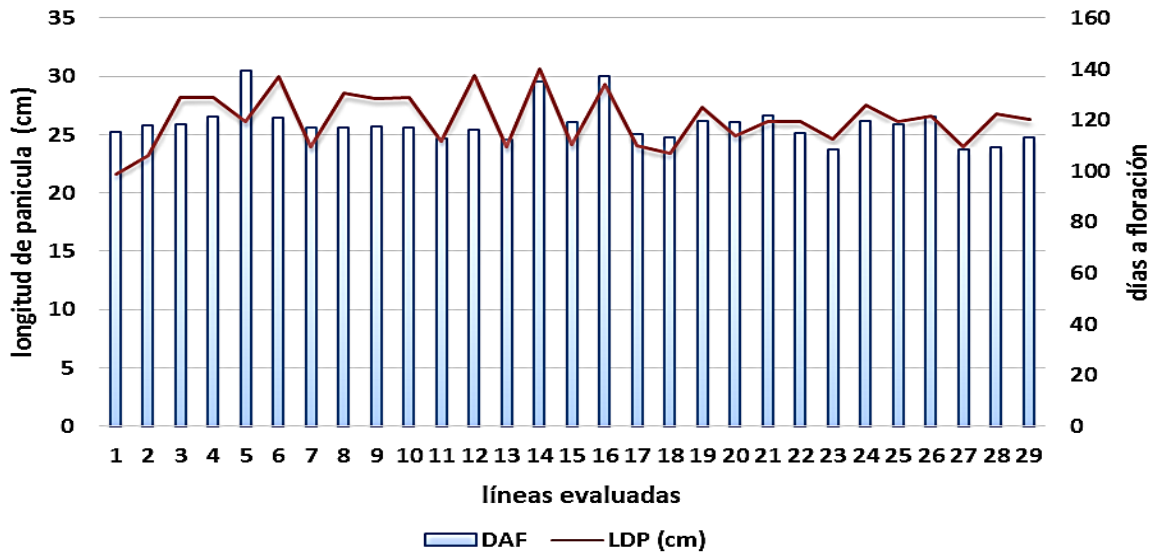


Figura 4. Días a floración (DAF) y longitud de la panícula (LDP), antes y durante la madurez fisiológica. Zacatepec, Morelos. 2013.

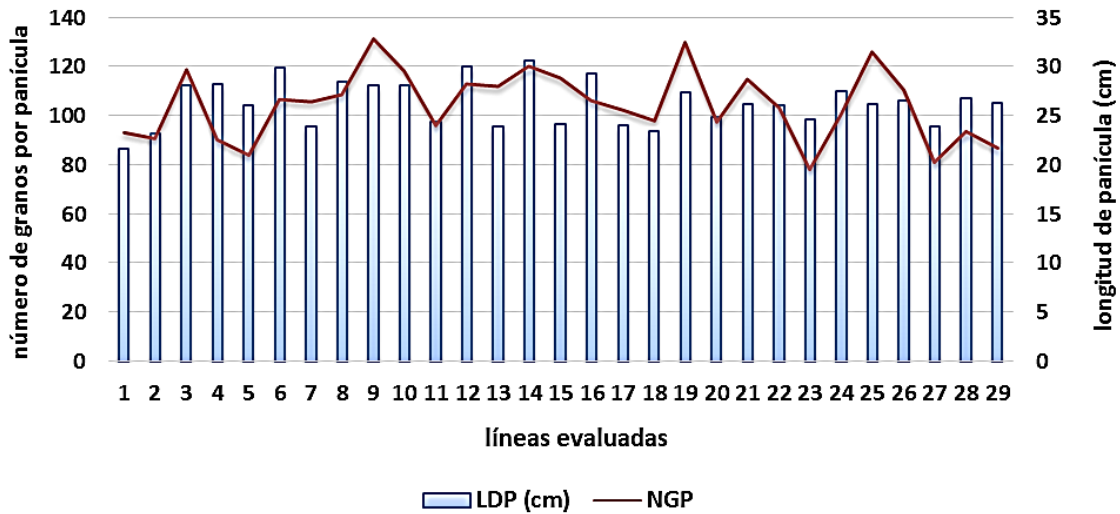


Figura 5. Longitud de panícula (LDP) y número de granos por panícula (NGP). Zacatepec, Morelos. 2013.

Las principales cualidades en materiales de alto rendimiento son baja altura y dureza del tallo, ya que minimizan los riesgos de acame y poseen una mayor relación grano/paja. El rendimiento y la respuesta al nitrógeno de las variedades de arroz están a menudo correlacionados

inversamente a la altura de la planta (Medina, 2009).

CONCLUSIONES

Durante las diferentes fases evaluadas, la línea 27 fue la mejor.

La altura de planta tuvo poco efecto significativo sobre el número de hojas desarrolladas, número de macollos desarrollados, peso seco y área foliar por planta, por lo que su efecto en el rendimiento también fue poco significativo.

En mejoramiento genético en arroz, deben seleccionarse plantas de paja corta, con tolerancia a enfermedades, alta capacidad de amacollamiento, mayor longitud de panícula y mayor número de granos por panícula.

Las líneas difirieron en cuanto a tolerancia y susceptibilidad al daño ocasionado por enfermedades; sin embargo, se pudo detectar materiales con tolerancia.

LITERATURA CITADA

Arce, S. O. E. 2006. Evaluación y selección de líneas de arroz (*Oryza sativa*), del vivero ION- CIAT-SECANO, en base a características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera. Instituto tecnológico de Costa Rica.

Barrios, G. E. J.; Salcedo, A. J.; Hernández, A. L.; Tavitás, F. L. 2011. Tecnología para la producción de semilla de arroz de alta calidad. INIFAP campo experimental Zacatepec, Morelos, México.

Beltrán M. J. E. 2012. Evaluación agronómica de las variedades de arroz "La Esperanza" y "F-21" en presencia de diferentes niveles de fertilización química. Tesis profesional. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Los Ríos, Ecuador.

Calixto, C. N. 1990. El arroz su cultivo en México. UACH. Chapingo, México.

García, E. 1987. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 246 pp.

Luna, L. S. 2011. El cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio de Jojutla, Morelos un breve análisis. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.

Medina, R. J. H. 2009. Avanzan pruebas de nueva variedad en el Cesar. Revista arroz. 57 (482). Bogotá, Colombia.

Osorio, S. J. F. 2007. Evolución del crecimiento, rendimiento de grano y partición de fotosintatos en 14 variedades de arroz representantes de diversos ciclos de mejoramiento en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Palmira, Colombia.

Osuna, C. F. J. 2001. Fundamentos de la producción de arroz. INIFAP Campo experimental Zacatepec. Morelos, México.

Quintero, C. E. 2008. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina. Tesis doctoral. Universidad de Coruña. Entre Ríos, Argentina.

Salcedo, A. J.; Barrios, G. E. 2011. El cultivo de arroz por el sistema de siembra directa en el estado de Morelos. INIFAP Campo experimental Zacatepec. Morelos, México.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013.