



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA:
VICTOR MANUEL PECH ALVARADO

ASESOR INTERNO:
MÓNICA BEATRIZ LÓPEZ HERNÁNDEZ

TÍTULO:
"Evaluación de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de temporal en Campeche, México"

MAYO 2026



**20 años de
Margarita
Maza**



Calle 11 S/N entre 22 y 28, Chiná, Campeche, C.P. 24520.

Tel. 9818272052 y 9818272082 dir_china@tecnm.mx www.itchina.edu.mx



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA:

VICTOR MANUEL PECH ALVARADO

ASESOR INTERNO:

MÓNICA BEATRIZ LÓPEZ HERNÁNDEZ

TÍTULO:

**“Evaluación de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de temporal en
Campeche, México”**

MAYO 2026



**20 años de
Margarita
Maza**
APRENDER PRODUCIENDO





Instituto Tecnológico de Chiná
Dirección

Chiná, Campeche; 11/mayo/2026
Oficio No. DIR/479/2026

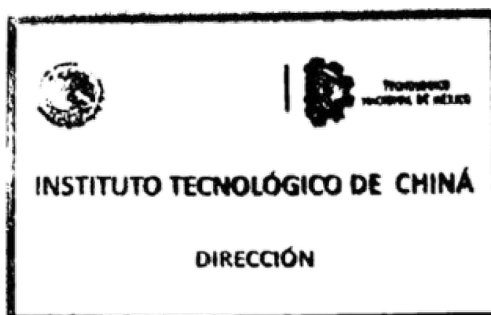
C. PECH ALVARADO VICTOR MANUEL
PRESENTE

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo de la Titulación Integral por Tesis denominada **"Evaluación de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L) en condiciones de temporal en Campeche, México"**; es **APROBADO** como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Aprender Produciendo

MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR



2026
año de
Margarita
Maza



COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por el C. **PECH ALVARADO VICTOR MANUEL** como requisito parcial para obtener el título de: **INGENIERO AGRÓNOMO** el día 25 del mes de mayo del año 2026 en Chiná, Campeche.

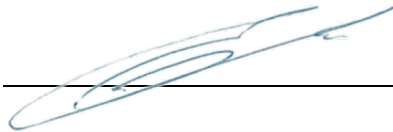
MONICA BEATRIZ LOPEZ HERNANDEZ
Presidente



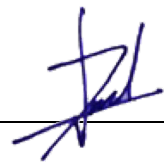
ANTONIO VILLALOBOS GONZALEZ
Secretario



ENRIQUE ARCOCHA GOMEZ
Vocal



VÍCTOR DANIEL CUERVO OSORIO
Vocal Suplente



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme brindado su amor incondicional y misericordia, me ha dado fortaleza, inteligencia y sabiduría, por no haberme dejado solo en el transcurso de mi carrera, cuando estuve por rendirme me incitaron a seguir adelante y me brindaron consejos que me apoyaron en seguir adelante. “Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en donde quiera que vayas” (Reina valera,1960, Josué 1:9). Muchas gracias, Dios por haber empezado a cumplir esta promesa desde el día que salí de mi casa, para cumplir mi sueño de poder concluir una carrera hermosa que me permitirá compartir conocimientos necesarios a las personas que día a día trabajan en el campo.

Agradezco al instituto nacional de México, campus Chiná (TECNM), por ofrecerme la posibilidad de haber podido estudiar la carrera de ingeniería en agronomía con una especialidad en fitotecnia tropical sustentable y también doy gracias al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). por permitirme realizar mi proyecto de tesis en su institución.

Agradezco a mi directora de tesis, Dra. Mónica Beatriz López por el a acompañamiento brindado en el transcurso de mi tesis, por brindarme consejos durante todo este transcurso, de igual forma por alentarme a seguir estudiando.

A mi codirector, Dr. Antonio Villalobos González por el apoyo brindado durante este tiempo en la realización de esta tesis, por compartir de su conocimiento durante el periodo de mi proyecto en las prácticas de campo, su paciencia, indicaciones y consejos durante este periodo.

Agradezco a mis padres Wilber Pech Pech por todo el apoyo emocional y económicamente, por todos eso consejos por siempre alentarme a seguir adelante aun cuando sentía que no podía seguir adelante, por ser una de las personas en creer en mi aun cuando cuestionaron si iba a poder sustentar los gastos de mi carrera, y por siempre estar orgulloso de mi al igual yo estoy orgulloso de tener un padre como el, que nunca me dejó solo.

A mi madre Flor Alvarado Rodríguez que siempre oraba por mí a Dios para que me cuidara, me diera la inteligencia necesaria, le doy las gracias por siempre creer en mí, por nunca haberme dejado solo, siempre brindarme consejos para mi vida, estar orgullosa de mí y cada

llamada que me realizaba me mostraba su apoyo, al igual estoy feliz y orgulloso de tener una madre como ella.

Agradezco a mi abuelo Victor Manuel Pech por haber me ayudado económicamente por preocuparse por mí, por preguntar cómo estaba cada vez que hablaba con él siendo una de las personas que me brindaba su apoyo incondicional.

Estoy agradecido con mis hermanas Diana Laura Pech Alvarado, Rosa Pech Alvarado por brindarme su apoyo emocional y económicamente, por no permitir que me rindiera en el transcurso de mi carrera y siempre contar con su apoyo, a mi sobrinita Ana Paula Gómez Pech por hacerme feliz desde el día que llegó a nuestras vidas y ser mi fortaleza a seguir adelante. A mis cuñados Omar Alberto Tahan Canul y Alejandro Gómez Morales, por brindarme de su apoyo siempre. Y a doña María Magdalena por haberme permitido vivir en su casa durante el transcurso de mi carrera.

Agradezco a mi mejor amiga Nayeli del Carmen Cab Dzul por su amistad y acompañarme en la estancia de mi carrera, por estar ahí siempre que la necesité, compartir momentos bonitos durante esta estancia y por todos esos consejos compartidos, a mi mejor amigo Juan Moises May Chan por su amistad y ser compañero de trabajo en el transcurso de mi estancia y por todos aquellos momentos compartidos, a mis amistades que hice en el transcurso de mi carrera, MVZ. Ana Paola Matos Arteaga mi primer amistad que hice al inicio de esta carrera, Ing. Ana Yeli Tzeek Díaz, Ing. Litzy Odeth Yan, Ing. Luis Edgar Sánchez Toral, Joana Nicol Álvarez Ku, Milagros Betsabe Novelo Paat, Francisco Manuel de los Ángeles Pérez Cach, Merari Yazmin Chan Chan, Yuremi Estefanía Balan Pérez, Manuel Leonel Villareal Mendoza, Mariano Alberto Alonzo León y Leonardo Manuel Rosado Pech, desde lo más profundo de mi alma les agradezco por haberme proporcionado sus ánimos, paciencia y, sobre todo, su amistad en todo momento.

DEDICATORIA

A DIOS

Por acompañarme siempre en este transcurso de mi carrera, de manera que no me dejo solo siempre me ha estado acompañando en todas las altas y bajas que tuve durante esta estancia y ser pilar de mi vida.

A mis Padres

por su apoyo incondicional en todo momento, por creer en mí siempre, por todos los consejos que me brindaron, por haber solventado toda mi carrera que a pesar de las altas y bajas nunca me faltó su apoyo tanto como económicamente, emocionalmente y ese amor incondicional que me ha brindado durante todo este tiempo.

A mi Abuelo

Por contar con su apoyo económicamente y emocionalmente por ser parte de su orgullo de igual forma sus consejos y por estar pendiente siempre de mí.

A mis Hermanas

Por su apoyo por creer en mí de que, si lo podía lograr, por apoyarme económicamente y emocionalmente de igual forma siempre me han impulsado a seguir adelante.

A mi sobrinita

Por creer en mí por ser mi apoyo emocionalmente y ser una motivación desde el día que llego a mi vida.

A todas y cada una de esas personas que me apoyaron aportando su granito de arena que me fueron impulsando y motivando para superarme en esta vida.

Y finalmente me la dedico a mí por haber logrado este sueño que a pesar de las altas y bajas que han pasado en este transcurso de carrera muchas felicidades tu sueño de ser ingeniero agrónomo se ha cumplido.

RESUMEN

En México, la mayoría de las cosechas agrícolas se mantienen en la modalidad de temporal. En otras palabras, dependen del agua de lluvia. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar diferentes genotipos de arroz en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano en Campeche. En este contexto el estudio agrupó a 18 materiales de arroz que se establecieron de forma manual en julio del 2025. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela estaba constituida de tres surcos de diez metros de longitud, separados a 0.20 metros entre surco. Alrededor todo el contorno de las parcelas útiles se formaron bordos para la aplicación de riego de auxilio. Los genotipos más tardíos fueron IR 69915-12MI-15UBN-22, IR8-2, INIFLAR RT-2, PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P y PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-1P. Mientras que los precoces fueron Milagro (Zacatepec), PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y Tabasqueña A-17-2. Temporalero A-95, Miloax 98-2 y INIFLAR RT-1 presentaron mayor altura de planta. La línea PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P y la variedad El Silverio-2 sobresalieron con mayor longitud de hoja bandera. Asimismo, Miloax 98-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y INIFLAR RT-1 presentaron mayor ancho de hoja. IR8-2 y Miloax y Pacífico-FL 15-1 sobresalieron con mayor longitud de panícula. El material PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P, Miloax 98-2 y Milagro (Zacatepec) presentaron mayor número de semillas completas. Mientras que Miloax 98-2, INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2 y Pacífico FL-15-2 presentaron menor número de semillas vanas por panícula. Asimismo, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P obtuvo mayor número de semillas totales por panícula. El menor porcentaje de esterilidad por panícula se presentó en Miloax 98-2, INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y Pacífico FL-15-2. Los materiales que sobresalieron con mayor peso de semillas completas y total por panícula fueron INIFLAR RT-1, Miloax 98-2 y PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P. INIFLAR RT-1, IR8-2, Temporalero A-95 y IR 69915-12MI-15UBN-22 y EL Silverio-2 presentaron mayor peso de 1000 semillas. El material que presentó mayor rendimiento fue Milagro (Zacatepec), seguido por PCTMADR-707-2-1-1-3RS-2P. Las mayores correlaciones fueron entre pesos de semilla completa y total, número de semillas completas y totales por panícula.

Palabras clave: variedades, adaptación, producción.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	III
RESUMEN	IV
INDICE DE FIGURAS	VII
INDICE DE CUADROS	IX
I. INTRODUCCIÓN.	1
II. OBJETIVOS	3
1.2 Objetivo general	3
2.3 objetivos específicos	3
III. HIPOTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERARIA	4
4.1 El arroz a nivel mundial	4
4.1.1 consumo doméstico del arroz	5
4.2 El arroz en México	6
4.2.1 Distribución y comportamiento del área plantada de arroz en México	7
4.2.2 Distribución y conducta de la productividad arroceras en México	8
4.3 Condiciones climáticas para la producción de arroz	9
4.4 Usos del arroz	10
4.5 El estrés por sequia	10
4.6 El estrés por altas temperaturas	10
V. MATERIALES Y METODOS	11
5.1 Ubicación del experimento	11
5.2 Material genético	12
5.3 Diseño experimental	12
5.4 Manejo del experimento	13
5.5 Variables registradas	13
5.6 Análisis estadístico	14
5.7 Comportamiento de la precipitación	14
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
6.1. RESULTADOS	15
6.1.1 Número de días a floración	16
6.1.2 Altura de planta	17
6.1.3 Longitud de hoja bandera	18
6.1.4. Ancho de hoja bandera	19

6.1.5 Longitud de panícula.....	19
6.1.6. Número total de semillas completas por panícula.....	20
6.1.7. Número total de semillas vanas por panícula	21
6.1.8. Número total de semillas por panícula.....	21
6.1.9. Porcentaje de esterilidad por panícula.....	22
6.1.10. Peso total de semillas completas por panícula	23
6.1.11. Peso de semillas vanas por panícula.....	23
6.1.12. Peso total de semillas por panícula.....	24
6.1.13. Peso de 1000 semillas	25
6.1.14. Rendimiento	25
6.2. DISCUSIÓN	26
6.2.1. Días a floración	26
6.2.2. Altura de planta.....	26
6.2.3. Longitud de hoja bandera.....	27
6.2.4. Ancho de hoja bandera.....	27
6.2.5. Longitud de panícula.....	27
6.2.6. Número total de semillas completas, vanas y total por panícula	27
6.2.7. Porcentaje de esterilidad por panícula.....	28
6.2.8. Peso total de semillas vanas, completas y total por panícula	28
6.2.9. Peso de 1000 semillas.....	29
6.2.10. Rendimiento kg/ha	29
6.2.11. Correlación de variables.....	29
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. BIBLIOGRAFIA	33

INDICE DE FIGURAS

	PÁG.
FIGURA 1. PRODUCCIÓN ESTIMADA DE ARROZ POR CAMPAÑA AGRÍCOLA, 2023/2024-2024/2025 (MILES DE TONELADAS).....	5
FIGURA 2. ESTIMADOS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO MUNDIAL DE ARROZ, SEGÚN CAMPAÑA AGRÍCOLA 2017/2018 - 2024/2025.....	6
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE COSECHADA DE CEREALES EN MÉXICO, 2024.	7
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA DE ARROZ PALAY EN MÉXICO, 2024	7
FIGURA 5. COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE SEMBRADA TOTAL DE ARROZ PALAY EN MÉXICO, 1994-2024 (HA).	8
FIGURA 6. RENDIMIENTO DEL ARROZ PALAY EN MÉXICO, PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES, 2024 (T HA-1).	9
FIGURA 7. PANORÁMICA DEL EXPERIMENTO DE ARROZ EN EL SITIO EXPERIMENTAL EDZNÁ. SAN FRANCISCO DE CAMPECHE, CAMP., MÉXICO. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025.	12
FIGURA 8. PANORÁMICA DEL ARREGLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE ARROZ EN EL SITIO EXPERIMENTAL EDZNÁ. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025.	13
FIGURA 9. PRECIPITACIÓN DURANTE EL EXPERIMENTO DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ EN EL SITIO EXPERIMENTAL EDZNÁ. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. FDS=FECHA DE SIEMBRA.....	15
FIGURA 10. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO DE DÍAS A FLORACIÓN DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	17
FIGURA 11. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE A LA ALTURA DE PLANTA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	18
FIGURA 12. PANORÁMICA DEL REGISTRO DE ALTURA DE PLANTA.	18
FIGURA 13. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE A LA LONGITUD DE HOJA BANDERA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	19
FIGURA 14. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL ANCHO DE HOJA BANDERA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	19
FIGURA 15. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE A LA LONGITUD DE ESPIGA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	20

FIGURA 16. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO TOTAL DE SEMILLAS COMPLETAS POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	20
FIGURA 17. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO DE SEMILLAS VANAS POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	21
FIGURA 18. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO DE SEMILLAS TOTALES POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	22
FIGURA 19. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL PORCENTAJE DE ESTERILIDAD POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	23
FIGURA 20. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL PESO TOTAL DE SEMILLAS COMPLETAS POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	23
FIGURA 21. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL PESO TOTAL DE SEMILLAS VANAS POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	24
FIGURA 22. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL PESO TOTAL DE SEMILLAS POR PANÍCULA DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	24
FIGURA 23. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL PESO DE 1000 SEMILLAS DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	25
FIGURA 24. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL RENDIMIENTO POR HECTÁREA DE ARROZ PALAY DE MATERIALES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	26

INDICE DE CUADROS

	PÁG.
CUADRO 1. PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ARROZ POR CAMPAÑA AGRICOLA, 2017/2018 - 2024/2025. ...	4
CUADRO 2. MATERIAL GENÉTICO DE ARROZ UTILIZADO EN EL CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 2025. UZAHZIL EDZNÁ, CAMPECHE, MÉXICO.	12
CUADRO 3. RESULTADOS DEL ANOVA DE CUADRADOS MEDIOS DE NÚMERO DE DÍAS A FLORACIÓN Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ. CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 2025.	15
CUADRO 4. RESULTADOS DEL ANOVA DE CUADRADOS MEDIOS DE CARACTERÍSTICAS DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ. CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 2025.....	16
TABLA 5. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE MATERIALES DE ARROZ. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. CAMPECHE.	30

I. INTRODUCCIÓN.

En México, la mayoría de las cosechas agrícolas se mantienen en la modalidad de temporal. En otras palabras, dependen del agua de lluvia. La agricultura de temporal está expuesta a una incertidumbre significativa, debido a que la producción de cultivos está sujeta a la presencia de lluvias, es decir, depende de ellas. Asimismo, es afectada por el comportamiento del clima y otras variables; además, está sujeta debido a la falta y el atraso de las lluvias y, en ocasiones, por la lluvia excesiva (Conagua, 2021).

En México, el arroz es visto como uno de los cultivos clave en la dieta, solo superado por el maíz, los frijoles y el trigo. Entre los años 2010 y 2017, el consumo por persona de este cereal en México aumentó de 9.4 kg a 11 kg. Esto refleja la creciente demanda que tiene México por este alimento y su relevancia en la alimentación de la gente (Favila y Herrera 2023; CEDRSSA, 2020).

El arroz (*Oryza sativa* L.) se cultiva de manera comercial en 110 naciones, y el 85% de su producción global proviene del continente asiático, que ocupa el 12% de las tierras agrícolas. En varios países asiáticos, el 50% de las necesidades calóricas de la población dependen de este cultivo, creando alrededor de 2.000 millones de puestos de trabajo, tanto directos como indirectos (Dorairaj y Govender, 2023).

La producción global de arroz entre 2016 y 2022 tuvo un crecimiento anual promedio de 0.8%, lo que se traduce en un incremento de 36.1 millones de toneladas durante ese tiempo. China ha sido históricamente el mayor productor de arroz en el planeta. En 2022, la producción de arroz llegó a más de 776.4 millones de toneladas, con China e India liderando la producción con participaciones de 26.85% y 25.27%, respectivamente; seguidos por Bangladesh (7.37%), Indonesia (7.05%), Vietnam (5.5%), Tailandia (4.42%), Myanmar (3.18%), Filipinas (2.54%), Camboya (1.5%), Pakistán (1.41%), Brasil (1.39%) y Japón (1.33%); mientras que México tuvo una mínima contribución del 0.03%. De estos países, India tuvo la tasa de crecimiento anual compuesta más alta del período 2016-2022 con 2.98%, seguida de Camboya con 2.62% y Bangladesh con 2.11%, mientras que Myanmar experimentó la tasa más baja con un decremento de -0.92% (FAO, 2024).

En el ámbito nacional, la extensión cultivada de arroz en 2022 alcanzó las 37,994 hectáreas; de este total, un 21.49% se cultivó de manera temporal, mientras que el resto se llevó a cabo con riego. La mayor área de cultivo temporal se observó en Campeche con un 30.74%,

seguida por Veracruz con un 23.41%, Colima con un 22.4%, Nayarit con un 15.52% y Tabasco con un 3.64%, lo que en conjunto sumó 7,815 hectáreas (SIAP, 2024).

El cultivo de arroz (Ireta, 2023) en México se concentra principalmente en Nayarit, Campeche, Michoacán, Veracruz, Colima, Jalisco, Tabasco y Morelos (SIAP, 2020). El tipo de arroz más consumido en el país es el de grano largo y delgado (Álvarez et al., 2018), seguido por el grano corto y grueso y, finalmente, por el grano grueso y largo. En el estado de Morelos se cultiva el arroz de grano grueso y largo, el cual cuenta con la denominación de origen (DO) de arroz del estado de Morelos (DOF, 2012) y está regulado por la norma oficial mexicana NOM-080-SCFI-2016, que respalda la DO del arroz de Morelos (DOF, 2017).

En este contexto, es relevante señalar que existen dos métodos de producción en el país: uno que depende del riego y otro que se basa en la recolección de agua de lluvia (Álvarez et al., 2022).

Entre los factores más restrictivos en el cultivo de arroz, se encuentran las plagas y las enfermedades. En este sentido, se han documentado 43 enfermedades, y de las 70 especies identificadas, únicamente 20 insectos plaga se consideran de gran relevancia (Pathak y Khan, 1994). Un elemento que impacta la producción del arroz es la influencia del cambio climático, que se manifiesta a través de variaciones en el clima, como temperatura, humedad relativa, precipitaciones y radiación solar, entre otros. Valle et al., (2022) mencionan que un aumento de 1 °C en la temperatura del aire (tanto la media como la máxima) puede provocar una disminución del 13 % en el rendimiento del arroz, afectando variedades como IACuba 31 e IACuba 40.

Las temperaturas elevadas tanto durante el día como en la noche pueden reducir significativamente el potencial productivo del arroz, pues acortan el ciclo del cultivo y causan esterilidad en las espigas (Castro 2010). Esta situación se puede mitigar mediante la selección de genotipos que sean más resistentes a altas temperaturas del aire durante la fenología de floración, así como ajustando el momento de siembra.

Con frecuencia, la sequía se presenta junto a temperaturas elevadas o calor extremo, lo que repercute en los procesos fisiológicos de la planta, como el cierre de estomas, la reducción en la transpiración y el incremento de la temperatura (Bazzaz et al. 2015). En áreas tropicales como Campeche, la humedad relativa agrega una dimensión que puede intensificar el estrés térmico de dos maneras: (i) el aire saturado disminuye el potencial de enfriamiento por evaporación de la planta y (ii) las altas temperaturas nocturnas (Reynolds et al. 2010).

La capacidad de soportar estrés por falta de agua y calor, junto con otras estrategias, puede ayudar a identificar los mecanismos que impulsan la tolerancia al calor, lo que podría favorecer

la producción o ayudar a conservarla en el cultivo de arroz. Con base a lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar genotipos de arroz en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano, con el fin de identificar los materiales más sobresalientes y estrategias que mejoren su rendimiento en condiciones adversas, en Campeche, México.

II. OBJETIVOS

1.2 Objetivo general

Evaluar diferentes genotipos de arroz en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano en Campeche.

2.3 objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas de genotipos de arroz en condiciones de temporal
- Evaluar el rendimiento de grano de genotipos de arroz en condiciones de temporal.

III. HIPOTESIS

H1: Al menos un material de arroz presenta un buen comportamiento agronómico en condiciones de temporal en el estado de Campeche.

H2: Ningún material de arroz presenta un buen comportamiento agronómico en condiciones de temporal en el estado de Campeche.

IV. REVISIÓN DE LITERARIA

4.1 El arroz a nivel mundial

Con respecto a la campaña de 2024/2025, se prevé que la producción global aumente un 2,0%, alcanzando un récord de 532,7 millones de toneladas de arroz blanco. Este aumento se atribuye principalmente a la notable recuperación de la producción en India, que se espera que llegue a 145 millones de toneladas, lo que representa un incremento del 5,2%, cifra que podría incluso llegar a 147 millones de toneladas gracias a la favorable cosecha prevista para esta campaña. India superará así la producción de China, que se estima en 145,3 millones de toneladas, con un crecimiento del 0,45%. En este contexto, para la campaña 2024/2025, China tendría una participación del 27,3% en la producción global, mientras que India alcanzaría un 27,2%, lo que significa que juntas representarían el 54,5% de la producción total, según estimaciones de marzo de 2025 (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Midagri], 2025).

Cuadro 1. Producción mundial de arroz por campaña agrícola, 2017/2018 - 2024/2025.

Posición	País	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021	2021/2022	2022/2023	2023/2024	2024/2025 E/
	Total	494,8	498,4	498,7	509,4	514,1	516,7	522,3	532,7
1	China	148,9	148,5	146,7	148,3	149,0	145,9	144,6	145,3
2	India	112,8	116,5	118,9	124,4	129,5	135,8	137,8	145,0
3	Bangladesh	32,7	34,9	35,9	34,6	35,9	36,4	37,0	36,6
4	Indonesia	37,0	34,2	34,7	34,5	34,4	33,9	33,0	34,0
5	Vietnam	27,7	27,3	27,1	27,4	26,7	27,1	26,3	26,5
6	Thailand	20,6	20,3	17,7	18,9	19,9	20,9	20,0	20,1
7	Burma	13,2	13,2	12,7	12,6	12,4	11,8	11,9	11,9
8	Philippines	12,2	11,7	11,9	12,4	12,5	12,6	12,3	12,0
9	Pakistan	7,5	7,2	7,2	8,4	9,3	7,3	9,9	10,0
10	Brazil	8,2	7,1	7,6	8,0	7,3	6,8	7,2	8,0
11	Japan	7,8	7,7	7,6	7,6	7,6	7,5	7,3	7,4
12	United States	5,7	7,1	5,9	7,2	6,1	5,1	6,9	7,1
13	Cambodia	5,7	6,0	6,2	6,3	6,6	7,0	7,4	7,4
14	Nigeria	4,5	5,3	5,3	5,1	5,3	5,4	5,6	5,2
20	Perú	2,1	2,5	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6
	Otros	48,5	48,8	51,1	51,4	49,3	50,8	52,5	53,8

E/ Estimado a marzo 2025

Fuente: United States Department of Agriculture - Grain: World Markets and Trade Report, marzo 2025

Elaboración: Midagri-Dirección de Estudios Económicos

Otros países que contribuirían a este notable aumento en la producción a nivel mundial incluyen a Indonesia, con un crecimiento del 3%, llegando a 34 millones de toneladas (6% de

participación), Vietnam con un incremento del 0,8%, alcanzando 26,5 millones de toneladas, Brasil con un aumento del 11,1%, subiendo a 8 millones de toneladas; Camboya, con un crecimiento del 2,8%, alcanzando 7,4 millones de toneladas; y otros países como Pakistán, Tailandia y Estados Unidos, que registrarían tasas de crecimiento mínimas

Las estimaciones del USDA correspondientes a marzo (2025) indican que en América La actuación del bloque económico del Mercado Común del Sur (Mercosur) está mejorando. y se calcula que la cosecha conjunta será de 10,8 toneladas de arroz. 2024/2025, mostrando una recuperación de su producción (10.9%) en comparación con la campaña previos (9,8 millones de toneladas), debido principalmente a la significativa subida de los cálculos de la producción brasileña, que supondría un 73,8% de la producción total del Mercosur, Uruguay contribuiría con un 9,7% del total y con un 16,7% del aumento de su producción, en tanto que el resto de los países miembros también habrían incrementado su producción (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Midagri], 2025).

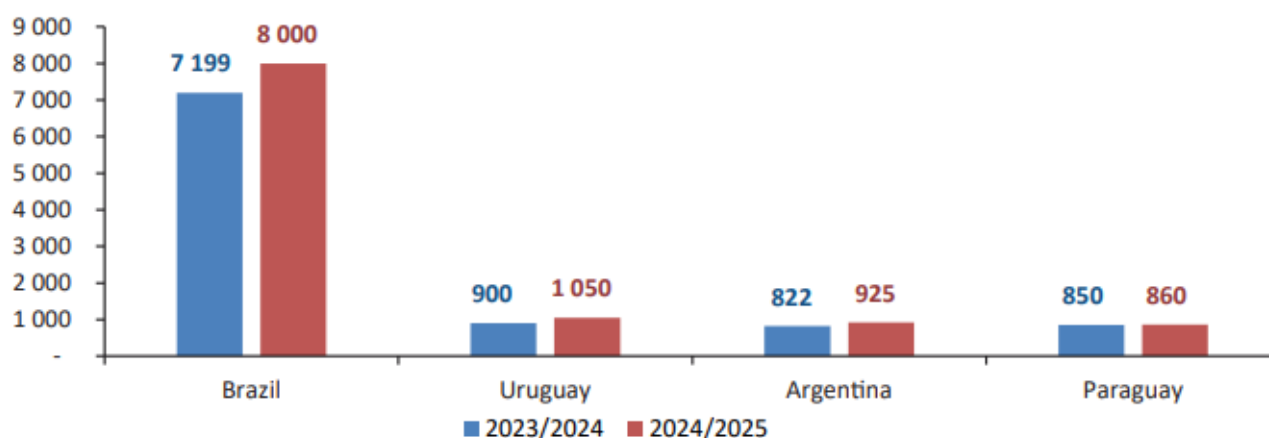


Figura 1. Producción estimada de arroz por campaña agrícola, 2023/2024-2024/2025 (miles de toneladas).

Fuente: United States Department of Agriculture - Grain: World Markets and Trade Report, marzo 2025.

Elaboración: Midagri - Dirección de Estudios Económicos

4.1.1 consumo doméstico del arroz

En comparación con campañas recientes, las estimaciones del USDA (marzo de 2025) muestran que un crecimiento acelerado del consumo interno global hasta la campaña 2022/2023, alcanzando, por el contrario, por encima de la producción mundial con 522,4 millones de toneladas que la producción mundial fue de 516,7 millones de toneladas. En la próxima campaña (2023/2024) el consumo cayó ligeramente, mientras que la producción

aumentó que las dos variables se cruzan en el nivel de 520 millones de toneladas. En la próxima campaña 2024/2025, las estimaciones del USDA muestran una recuperación significativa de la producción, 532,7 millones de toneladas, una proporción mayor que el consumo de 527,5 millones de toneladas. toneladas, lo que sitúa el volumen de producción por encima del consumo (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Midagri], 2025).

Recientemente. Estas cifras han aumentado en alrededor de 535,7 millones de toneladas. producción y 532 millones de toneladas de consumo, mantiene la misma participación diferencia entre dos variables. Si bien ambas variables aumentarán casi constantemente, cabe señalar que el consumo ha aumentado una media del 1,3% anual en estas ocho últimas campañas al año y la producción en un 1%, lo que ha llevado a superar el consumo mundial algunas campañas para la producción global; Sin embargo, esta brecha se cerraría Campaña 2023/2024 y se espera que la actual 2024/2025. La producción está aumentando nuevamente y tiende a exceder al consumo. aunque ahora la distancia es más corta (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [Midagri], 2025).

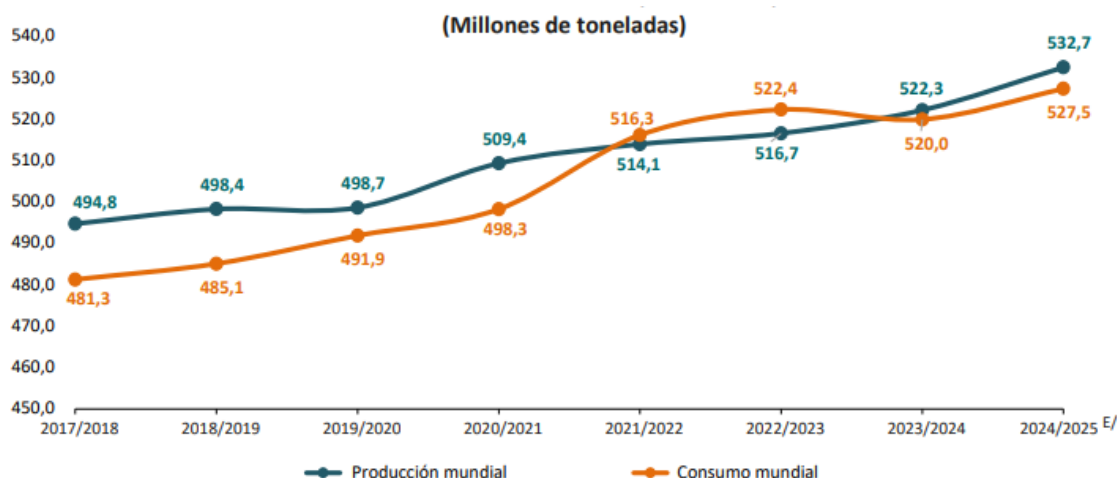


Figura 2. Estimados de producción y consumo mundial de arroz, según campaña agrícola 2017/2018 - 2024/2025

E/ Estimado a marzo 2025 Fuente: United States Department of Agriculture - Grain: World Markets and Trade Report, marzo 2025. Elaboración: Midagri - Dirección de Estudios Económicos

4.2 El arroz en México

En México, los cereales cubrieron la mayor parte del área plantada anualmente. terreno con 7.533.726 ha, que representa el 37,67% del total del área cultivada. El año 2024. La principal producción del grano es el maíz, que representa el 87,93%. del área cosechada y el 85,56%

del volumen de producción; lo sigue el trigo con el 6,54% del área cosechada y el 9,42% del volumen producción, cebada con el 4,01% del área cosechada y el 2,94% del volumen de producción, avena con 0.60% del área cosechada y 0,27% del volumen de producción; En quinto lugar, está el arroz. 0,42% del área cosechada (Figura 3) y 0,78% de la producción (SIACON, 2025).

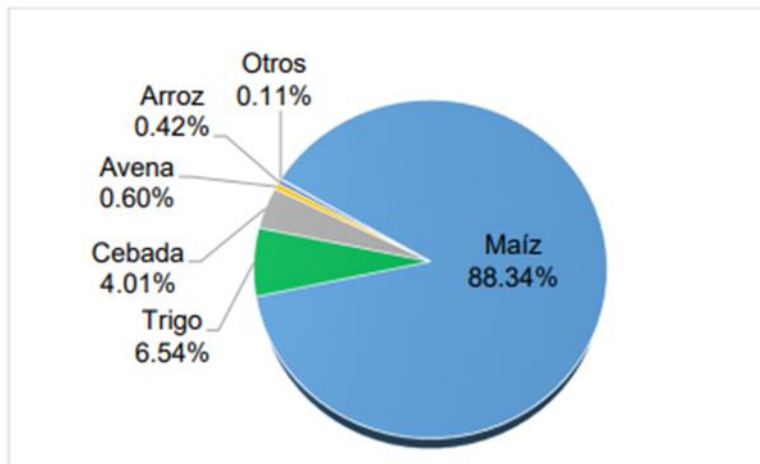


Figura 3. Distribución de la superficie cosechada de cereales en México, 2024.

Fuente: Elaborado con datos del SIACON (2025)

4.2.1 Distribución y comportamiento del área plantada de arroz en México

En México, la mayor producción de arroz se concentra en cinco estados, en los cuales se concentraron la mayor superficie plantada, es Nayarit con 10,691 ha. (34,11%), Campeche con 4820 ha (15,38%), Veracruz con 3935 ha (12,55%), Michoacán con 3,726 ha (11.89%) y Jalisco con 2,982 ha (9.51%) como. En conjunto, representaron el 83,44% del área plantada en 2024 (Figura 4).

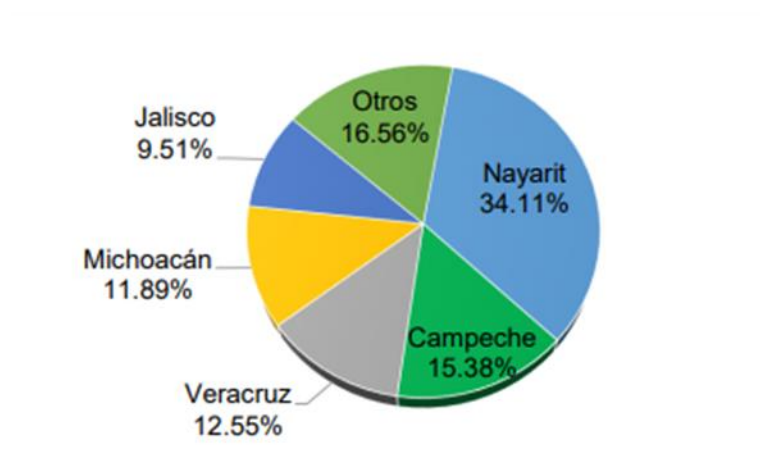


Figura 4. Distribución de la superficie sembrada de arroz palay en México, 2024

Fuente: Elaborado con datos del SIACON (2025).

Entre 1994 y 2024, el área sembrada de arroz en México disminuyó un 67,57%, de 96.657 a 31.346 ha, con una tendencia disminuye de 1994 a 2012, luego es ligeramente aumentando de 2013 a 2020 y tendencia nuevamente de 2021 a 2024 disminuye (Figura 5).

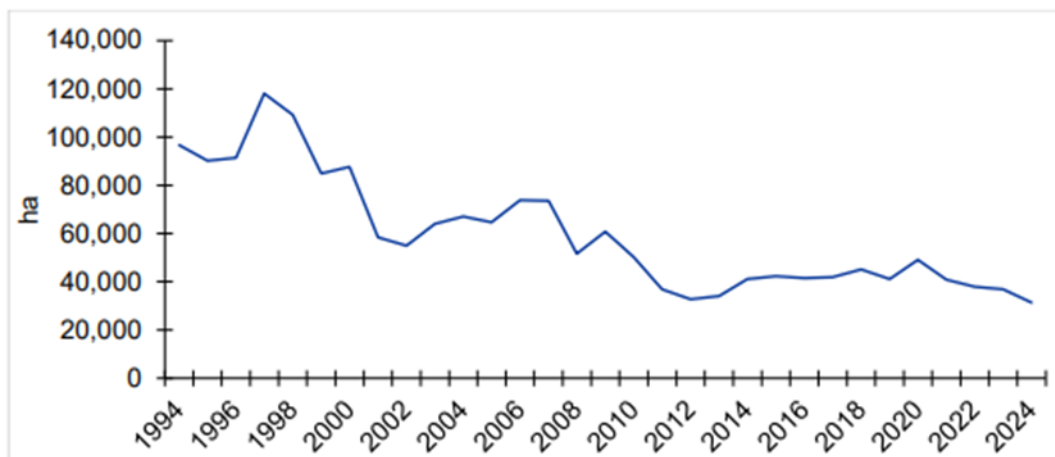


Figura 5. Comportamiento de la superficie sembrada total de arroz palay en México, 1994-2024 (ha).

Fuente: Elaborado con datos del SIACON (2025)

4.2.2 Distribución y conducta de la productividad arroceras en México

En el año 2024, en México, la producción media de arroz fue de 6.1 t ha⁻¹. que, como se mencionó previamente, en 2023 superó el rendimiento medio mundial e incluso al de la mayoría de los principales países productores. Esto indica que México tiene un buen nivel tecnológico en su producción agrícola. Naciones que, aunque forman parte de un país, muestran un rendimiento superior al de los países convencionales. Los productores Michoacán (8.00 t ha⁻¹), Veracruz (8.27 t ha⁻¹) y Nayarit (7.50 t ha⁻¹) tuvieron un rendimiento superior al del estado de Campeche, que fue de 5.45 t ha⁻¹ (ver Figura 6). Es importante señalar que el estado de Morelos, que fomenta el 3.2% de la producción de arroz, su rendimiento de 10,39 t ha⁻¹, más alto del país (SIACON, 2025)

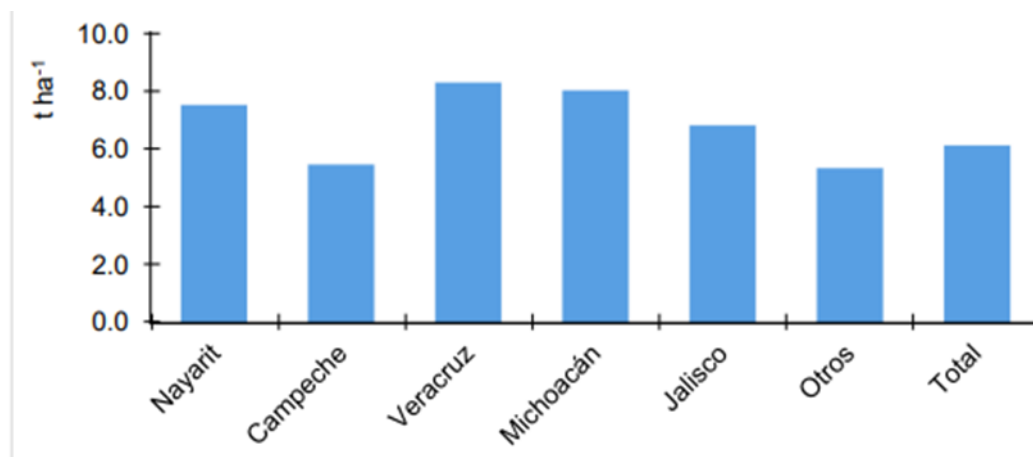


Figura 6. Rendimiento del arroz palay en México, principales estados productores, 2024 (t ha⁻¹).

Fuente: Elaborado con datos del SIACON (2025).

4.3 Condiciones climáticas para la producción de arroz

El cultivo en cuestión es característico de áreas tropicales y subtropicales, pero Su producción se enfoca, sobre todo, en los climas tropicales húmedos. Sin, No obstante, es posible cultivarlo en zonas húmedas de los subtrópicos, por lo tanto, como en climas mediterráneos y templados (Buelvas, 2021).

Cuando el cultivo requiere más agua de la que se encuentra accesible por un tiempo determinado, el cual se establece según su el índice de transpiración (Villar, 2019). La precocidad de los materiales, que está relacionada con la cosecha anticipada, es un factor crucial que se evalúa tanto cualitativa como cuantitativamente ante el aumento de la inestabilidad climática (Díaz et al., 2017).

Aunque se han llevado a cabo principalmente en condiciones temporales, las evaluaciones en líneas mejoradas de arroz se han dirigido a establecer parámetros de estabilidad de los rendimientos (Orona et al., 2013). Para establecer cuándo se cosechará y sembrará el arroz, es esencial contar con información acerca de la fenología del arroz. La investigación que se basa en la fenología ofrece información importante acerca de cómo la planta reacciona a las condiciones del clima, lo cual es indispensable para alcanzar una producción de alimentos más elevada (Waldini et al., 2021).

4.4 Usos del arroz

Está destinado al consumo humano debido a su alto valor nutricional que va desde la energía hasta las proteínas. El salvado o la harina obtenida por pulido forma parte de una alimentación animal equilibrada. La importancia del grano es que se utiliza en la industria de la cerveza de arroz. La tripa se utiliza para producir piensos equilibrados para la alimentación animal (SAGARPA 2017-2030).

4.5 El estrés por sequia

La sequía limita la producción de arroz porque afecta a nivel morfológico (reduce germinación, biomasa vegetal, número de tallos, diversas características de raíces y hojas) y fisiológico (reducción de fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática, contenido de clorofila, actividad del fotosistema II y contenido relativo de agua) (Ruiz20 et al.2018). También a nivel bioquímico modifica la acumulación de osmoprotectores como prolina, azúcares, poliaminas y compuestos antioxidantes, así como la producción de hormonas (auxinas, citoquininas, giberelinas, etileno y ácido abscísico).

El arroz (*Oryza sativa* L.) requiere de una gran cantidad de agua para crecer en su ciclo biológico en comparación con otros cultivos, aunque no es una planta acuática. Por lo tanto, el estrés por sequía representa una grave amenaza para la producción de arroz (Pandey y Shukla 2015). La sequía se reconoce como un desastre ambiental que perjudica la producción de arroz. Mejorar la tolerancia a la sequía en el arroz es una tarea difícil debido a su naturaleza compleja e impredecible (Pandey y Shukla 2015). El déficit de agua altera la fisiología de la planta de arroz de innumerables maneras, como la fotosíntesis neta (Yang, et al., 2014), la tasa de transpiración (Lauteri, et al., 2014), la eficiencia del uso del agua (Akram, et al., 2013), el contenido relativo de agua (Cha-Um, et al., 2010), la estabilidad de la membrana 0 y 1 (2, et al.). 2010). otros, 2014); y a nivel bioquímico, el contenido de especies reactivas de oxígeno (Yang, et al., 2014).

4.6 El estrés por altas temperaturas

La sequía suele ir acompañada de altas temperaturas o calor, lo que afecta los procesos fisiológicos de las plantas, como el cierre de las estomas, la reducción de la transpiración y el

aumento de la temperatura (Bazzaz et al. 2015). En las regiones tropicales, la humedad relativa es una dimensión adicional que puede exacerbar los efectos del estrés por calor de dos maneras: (i) el aire saturado reduce el potencial de enfriamiento por evaporación de la planta y (ii) las altas temperaturas nocturnas (Reynolds et al. 2010). El estrés calórico que experimenta la planta depende de la temperatura del aire y (López-Hernández, et al., 2018) de los factores genéticos y agronómicos que determinan el potencial de enfriamiento evaporativo de la planta. Los factores genéticos que más influyen en el calentamiento de las plantas son la corola o corola (Hatfield y Prueger), la arquitectura de la copa, la conductancia estomática, la composición de pigmentos, la cera epicuticular, el crecimiento de las raíces, las señales del sistema radicular y la fenología; además de factores agrotécnicos como fecha de siembra, método de siembra, riego, sistema de cultivo, residuos, control de malezas, plagas y enfermedades (Reynolds et al. 2010).

De manera similar, otro factor genético es la esterilidad de las espigas durante la floración (Bheemanahalli et al. 2017); Por lo tanto, la floración temprana en la mañana puede ser una estrategia que reduzca el daño por calor, un rasgo que puede usarse como criterio de selección en programas de mejoramiento genético para el desempeño en estrés por calor (Bheemanahalli et al. 2017).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación del experimento

El levantamiento de información del presente estudio se realizó en el Sitio Experimental Edzná que está ubicado en la localidad de Uzahzil Edzná, Municipio de San Francisco de Campeche, Camp, con coordenadas en latitud: 19.609430 y longitud: -90.220306, y 27 msnm. El experimento se desarrolló sobre los suelos denominados en la región como Yax-chom y/o llamados Vertizoles.



Figura 7. Panorámica del experimento de arroz en el Sitio Experimental Edzná. San Francisco de Campeche, Camp., México. Ciclo Primavera-Verano 2025.

5.2 Material genético

El trabajo estuvo constituido por 18 materiales de arroz provenientes del germoplasma de Campo Experimental Zacatepec que pertenece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias y ubicado en el estado de Morelos, Mexico. En el Cuadro 1, se describe los materiales empleados en el presente estudio.

Cuadro 2. Material genético de arroz utilizado en el Ciclo de Primavera-Verano 2025. Uzahzil Edzná, Campeche, México.

Número de tratamiento	Nombre del tratamiento
1	Milagro (Zacatepec)
2	Miloax 98-2
3	INIFLART RT-1
4	IR 69915-12MI-15UBN-22
5	IR8-2
6	El Silverio-2
7	INIFLAR RT-2
8	Tabasqueña A-17-2
9	Temporalero A-95
10	Pacífico-FL-15-1
11	FL06689-3P-1-4P-1P-M-1P
12	FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
13	Pacífico FL 15-2
14	FL084430-8P-4-3P-3P-M
15	PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P
16	PCTMADR-682-2L-2-3-3SR-2P
17	PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P
18	PCTMADR-707-2-1-4-2SR-2P

5.3 Diseño experimental

Las líneas y variedades de arroz que agrupo el estudio se establecieron de forma manual el día 01 junio del 2025. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada parcela estaba constituida de tres surcos de seis metros de longitud, separados a 0.20 metros entre surco. Alrededor todo el contorno de las parcelas útiles se formaron bordos para la aplicación de riego de auxilio.

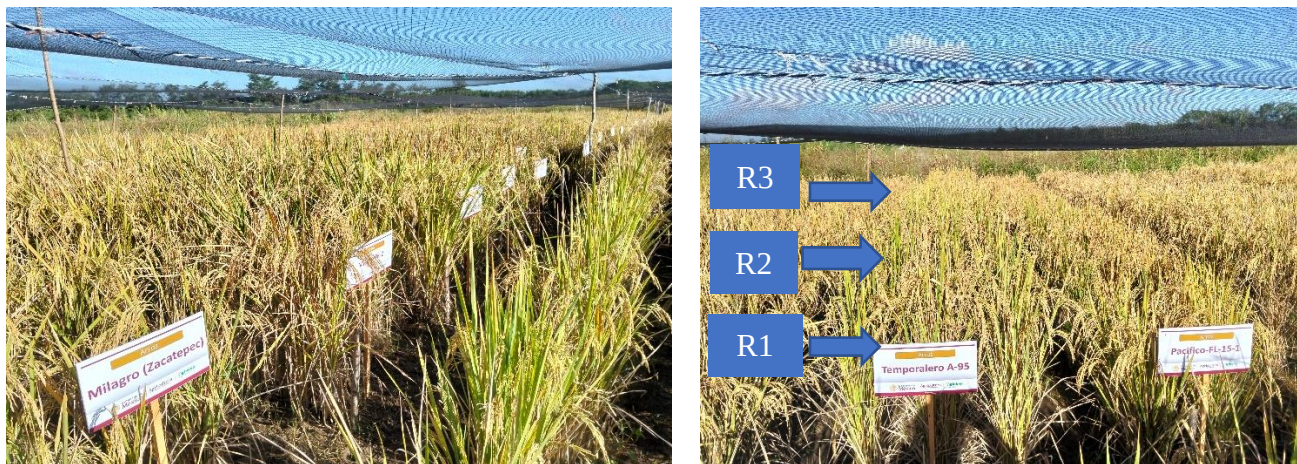


Figura 8. Panorámica del arreglo del diseño experimental de arroz en el Sitio Experimental Edzná. Ciclo Primavera-Verano 2025.

5.4 Manejo del experimento

Antes de la instalación del experimento de las líneas y variedades de arroz se realizó la preparación de terreno mediante dos pases de rastra. El primero se efectuó con rastra semi-pesada en el mes de mayo. El segundo se efectuó con una rastra más ligera de forma cruzada al primero en julio. Antes de la emergencia se realizó la aplicación de 150 ml de Glufosinato de amonio más 100 ml de Tromba (2,4-D Amina), mezclados en 20 litros de agua. En relación a la fertilización, se utilizó la fórmula 92-46-60. La cual se aplicó el 100 % del fósforo antes del segundo rastreo agrícola. Mientras que la urea se fracciona en dos partes, aplicando el 50 % a los 35 días después de la germinación y el otro 50 % a la formación del primordio floral. Dentro del manejo fitosanitario de plagas, se realizó muestreos para verificar la incidencia.

5.5 Variables registradas

- A.** Días a floración masculina (DF); se tomó cuando la antesis se presentó en el 50 % de las plantas por unidad experimental.
- B.** Altura de planta (ALP, cm); se registró al inicio de la floración y se determinó al medir desde la base del suelo hasta la el ápice de la panícula.
- C.** Longitud de hoja bandera (LH, cm); de 30 hojas seleccionados al azar; se determinó al utilizar una regla milimétrica.
- D.** Ancho de hoja bandera (AH, cm); de 30 hojas seleccionados al azar; se determinó al utilizar una regla milimétrica.

- E.** Longitud de panícula (LP, cm); de 30 panículas seleccionados al azar; se determinó al utilizar una regla milimétrica.
- F.** Número total de semillas completas por panícula (NSC); se determinó al contar el número de semillas completamente formados por panícula.
- G.** Número total de semillas vanas por panícula (NSV); se determinó al contar el número de semillas vanas por panícula.
- H.** Número total de semillas por panícula (NTP); se contabilizo el número total de semillas completas y semillas vanas por panícula.
- I.** Porcentaje de esterilidad por panícula (PEP); se obtuvo entre el número de semillas no llenas y el total de semillas por panícula.
- J.** Peso total de semillas completas por panícula (PSC, mg); se realizó el peso de las semillas completas por panícula.
- K.** Peso total de semillas vanas por panícula (PSV, mg); se realizó el peso de las semillas vanas por panícula.
- L.** Peso total de semillas por panícula (PTP, mg); se realizó el peso de las semillas completas y semillas vanas por panícula.
- M.** Peso de 1000 semillas (P1000, gr); se seleccionaron al azar 1000 semillas, se registró utilizando una báscula digital.
- N.** Rendimiento kg/ha (RE); se estimó al cosechar un m² de cada parcela, se registró utilizando una báscula digital.

5.6 Análisis estadístico

Cada una de las variables en estudio fue sometida a un análisis en el programa SAS (Statistical Analysis System, para Windows Versión 9.0) (SAS, 2002) en forma individual. Se calculó la diferencia mínima significativa (DMS de Tukey, $P \leq 0,05$) para la comparación de medias.

5.7 Comportamiento de la precipitación

La precipitación se determinó mediante la colocación de un pluviómetro en el centro del experimento. En el cual se registró diariamente a las 7:00-8:00 am el dato de lluvia (cm). El registro se realizó desde 01 de julio del 2025 (Figura 9). Asimismo, cada semana se aplicó un riego de auxilio al experimento.

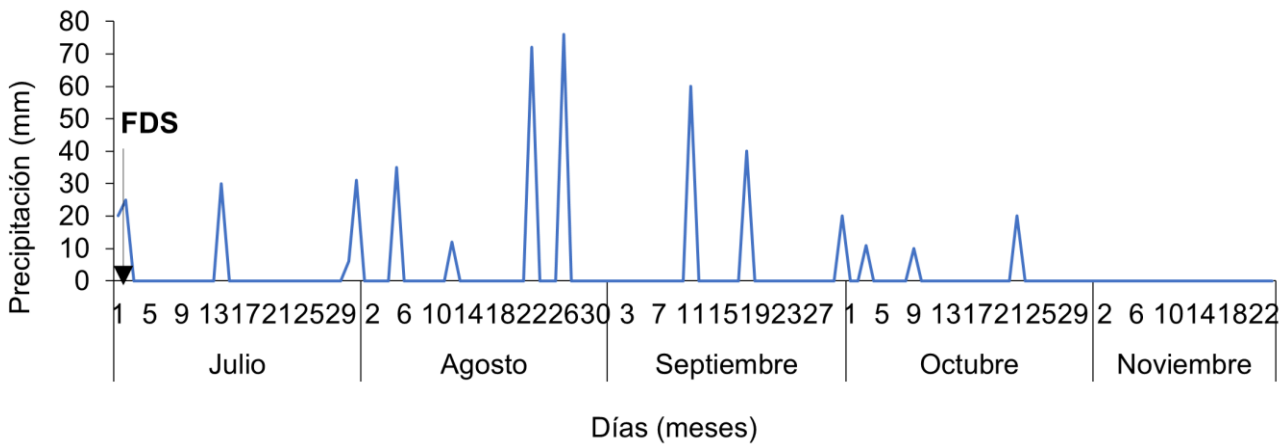


Figura 9. Precipitación durante el experimento de líneas y variedades de arroz en el Sitio Experimental Edzná. Ciclo Primavera-Verano 2025. FDS=Fecha de siembra.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. RESULTADOS

El análisis de ANOVA indica que existen diferencias significancia ($P \leq 0.05$) con base a las líneas y variedades de arroz para siete características evaluadas (Cuadro 2 y 3). De acuerdo a la suma de cuadrados medios, el número de semillas completas (NSC) y vanas (NSV) por panícula y altura de planta (ALP), figuraron como los que presentaron mayor variabilidad.

Cuadro 3. Resultados del ANOVA de cuadrados medios de número de días a floración y otras características de líneas y variedades de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2025.

FV	GL	DF	ALP	LH	AH	LP	NSC	NSV
Genotipo	17	53.9**	177.1**	49.3**	0.03**	9.0**	1666.8*	295.4**
Repetición	2	10.1**	10.8 ^{ns}	8.6 ^{ns}	0.007 ^{ns}	2.3 ^{ns}	22.6 ^{ns}	101.1 ^{ns}
Error	34	0.69	8.57	7.11	0.007	1.14	458.1	46.2
Error total	53							
C.V. %		0.76	2.64	9.4	6.5	4.23	15.1	18.9

FV=Factor de variación; GL=Grados de libertad; DF=Número de días a floración; ALP=Altura de planta; LH=Longitud de hoja; AH=Ancho de hoja; LP=Longitud de panícula; NSC=Número

de semillas completas por panícula; NSV=Número de semillas vanas por panícula; *= $P \leq 0.05$; **= $P \leq 0.01$; ^{ns}= no significativo.

En el Cuadro 2 y con base al análisis de ANOVA se observa que existen diferencias significancia ($P \leq 0.05$) para líneas y variedades de arroz en siete características evaluadas. Asimismo, de acuerdo a la suma de cuadrados medios, se observó la más alta variabilidad para rendimiento por hectárea (RE), peso de semillas completas (PSC), peso de semilla por panícula (PTP) y peso de semilla vana (PSV), respectivamente.

Cuadro 4. Resultados del ANOVA de cuadrados medios de características de líneas y variedades de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2025.

FV	GL	NSP	PEP	PTP	PSC	PSV	PMS	RE
Genotipo	17	1381.2*	119.2**	881499.1*	950966.0*	11303.5*	13.3**	2313057.5**
REP	2	141.7 ^{ns}	20.7 ^{ns}	99294.2 ^{ns}	88288.6 ^{ns}	10522.3 ^{ns}	2.5 ^{ns}	26270.5 ^{ns}
Error	34	488.2	17.7	327415.6	204567.2	5442.8	2.3	233704.1
Error total	53							
C.V. %		12.4	20.4	13.8	14.1	33.0	5.2	11.5

FV=Factor de variación; REP=Repetición; GL=Grados de libertad; NSP=Número total de semillas por panícula; PEP=Porcentaje de esterilidad por panícula; PTP=Peso de semillas por panícula; PSC=Peso de semilla completa por panícula; PSV=Peso de semilla vana por panícula; PMS=Peso de 1000 semillas; REN=rendimiento por hectárea. *= $P \leq 0.05$; **= $P \leq 0.01$; ^{ns}= no significativo.

6.1.1 Número de días a floración

Los resultados indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el número de días a floración (DF) (Figura 10). Los genotipos que sobresalieron ($P \leq 0.05$) con mayor DF fueron: IR 69915-12MI-15UBN-22, IR8-2, INIFLAR RT-2, PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P y PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P en comparación con Milagro (Zacatepec), PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y Tabasqueña A-17-2 que obtuvieron ($P \leq 0.05$) el menor DF con un promedio de 100 a 102 días.

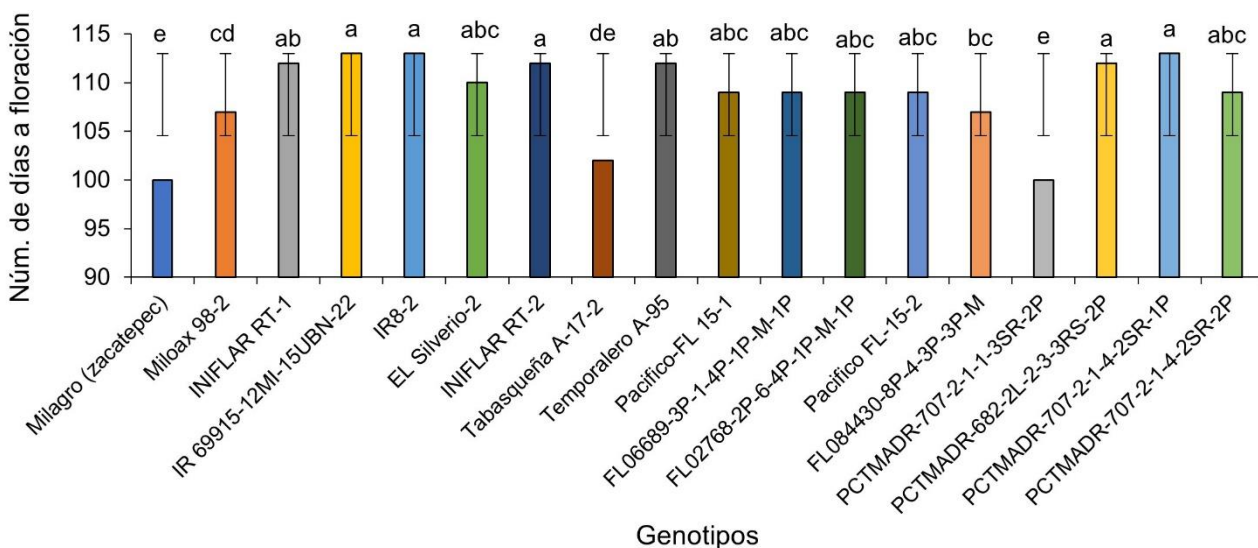


Figura 10. Comparación de medias con base al número de días a floración de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.2 Altura de planta

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre genotipos para la altura de planta (ALP, cm). Los materiales que presentaron mayor ($P \leq 0.05$) ALP fueron: Temporalero A-95, Miloax 98-2 y INIFLAR RT-1 con un promedio de 121 a 123 cm ALP. (Figura 11 y 12). Mientras que los genotipos que obtuvieron el menor ($P \leq 0.05$) ALP fueron: FLO2768-2P-6-4P-1P-M-1P, INIFLAR RT-2 y PCTMADR-707-2-1-4-2SR-2P con un promedio de 95 a 102 cm.

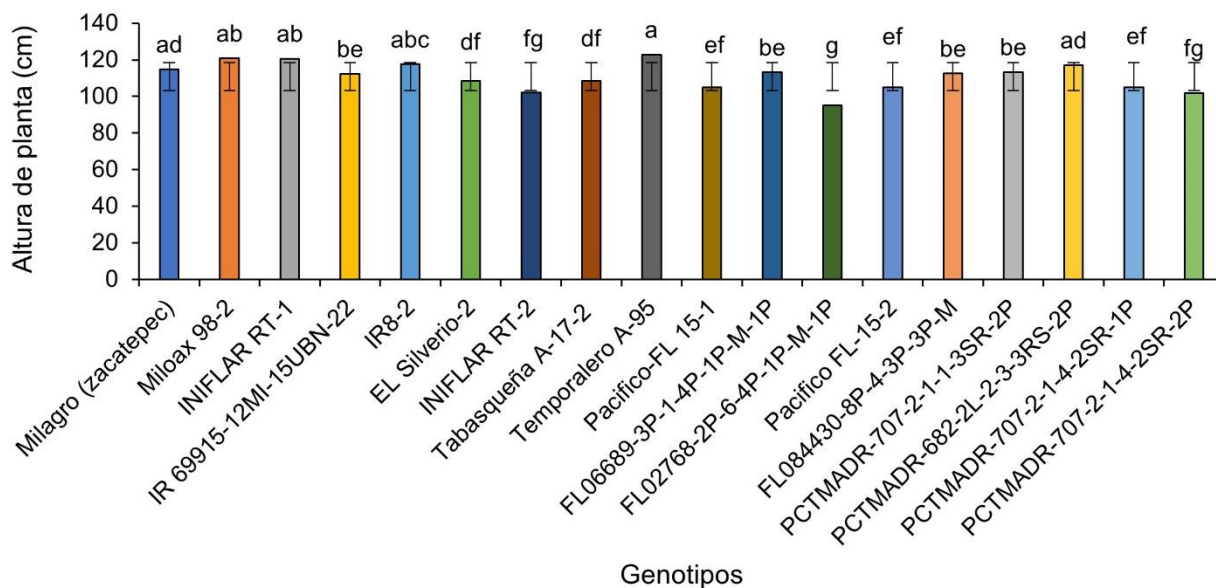


Figura 11. Comparación de medias con base a la altura de planta de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).



Figura 12. Panorámica del registro de altura de planta.

6.1.3 Longitud de hoja bandera

El análisis de comparación de medias indica diferencias ($P \leq 0.05$) significativas entre los genotipos (Figura 13). Asimismo, en la Figura 13, se muestra que la línea PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P y la variedad El Silverio-2 sobresalieron con mayor longitud de hoja bandera (LH) con 35 y 34 cm en comparación con la variedad Pacifico-FL 15-1 y la línea FLO84430-8P-4-3P-3P-M que presentaron la menor LH con 22 cm.

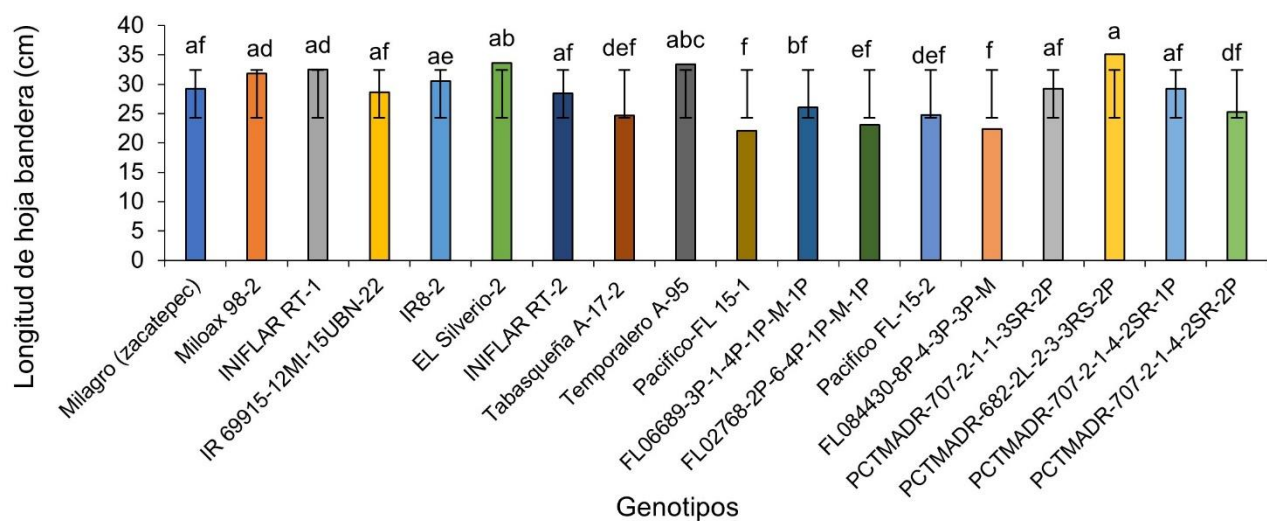


Figura 13. Comparación de medias con base a la longitud de hoja bandera de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.4. Ancho de hoja bandera

En la Figura 14, se observa que existen diferencias ($P \leq 0.05$) significativas entre los genotipos para el ancho de hoja bandera (AH). Además, se aprecia que la variedad Miloax 98-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y INIFLAR RT-1 presentaron mayor AH con un promedio de 1.5 cm. Mientras que los materiales IR8-2, IR 69915-12MI-15UBN-22 y FLO6689-3P-1-4P-1P-M-1P presentaron el menor AH con un promedio de 1.2 cm, respectivamente.

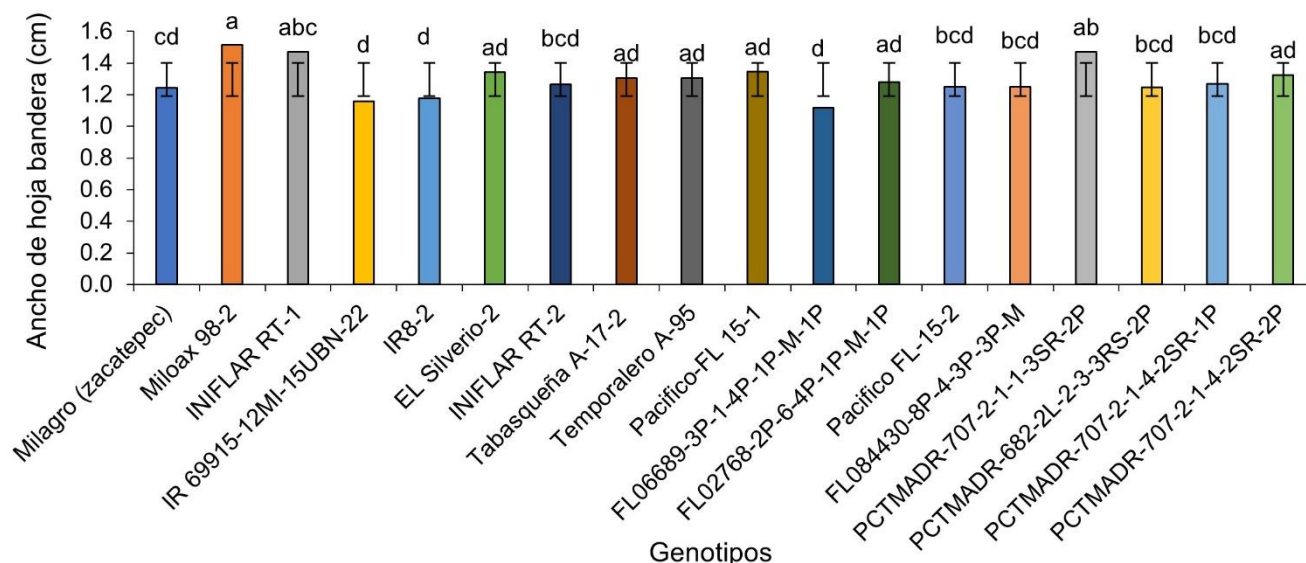


Figura 14. Comparación de medias con base al ancho de hoja bandera de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.5 Longitud de panícula

Los materiales de arroz presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) significativas para la longitud de panícula (LP) (Figura 15). Los materiales que sobresalieron con mayor LP fueron: IR8-2 con 29.2 cm, Miloax 98-2 con 27.5 cm y Pacifico-FL 15-1 con 27.3 cm.

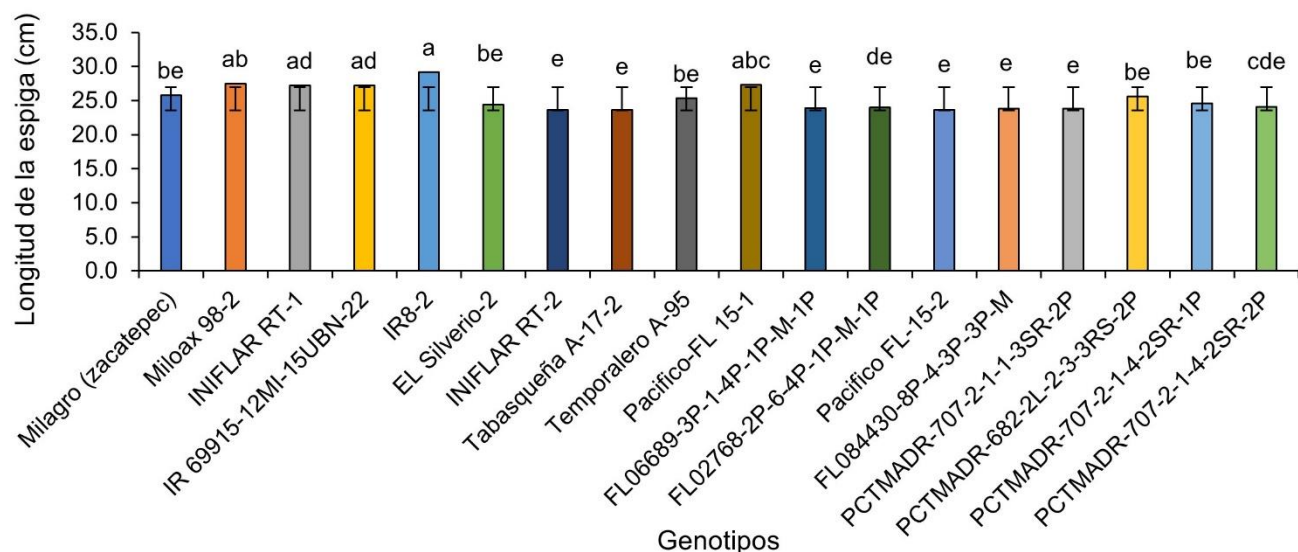


Figura 15. Comparación de medias con base a la longitud de espiga de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.6. Número total de semillas completas por panícula

El análisis de comparación de medias indica que existen diferencias ($P \leq 0.05$) significativas para el número de semillas completas por panícula (NSC). Los genotipos que presentaron mayor NSC fueron: PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P con 195 semillas, Miloax 98-2 con 176 semillas y Milagro (Zacatepec) con 163 semillas (Figura 16). Mientras que IR 69915-12MI-15UBN-22 obtuvo el menor ($P \leq 0.05$) NSC con 92 semillas.

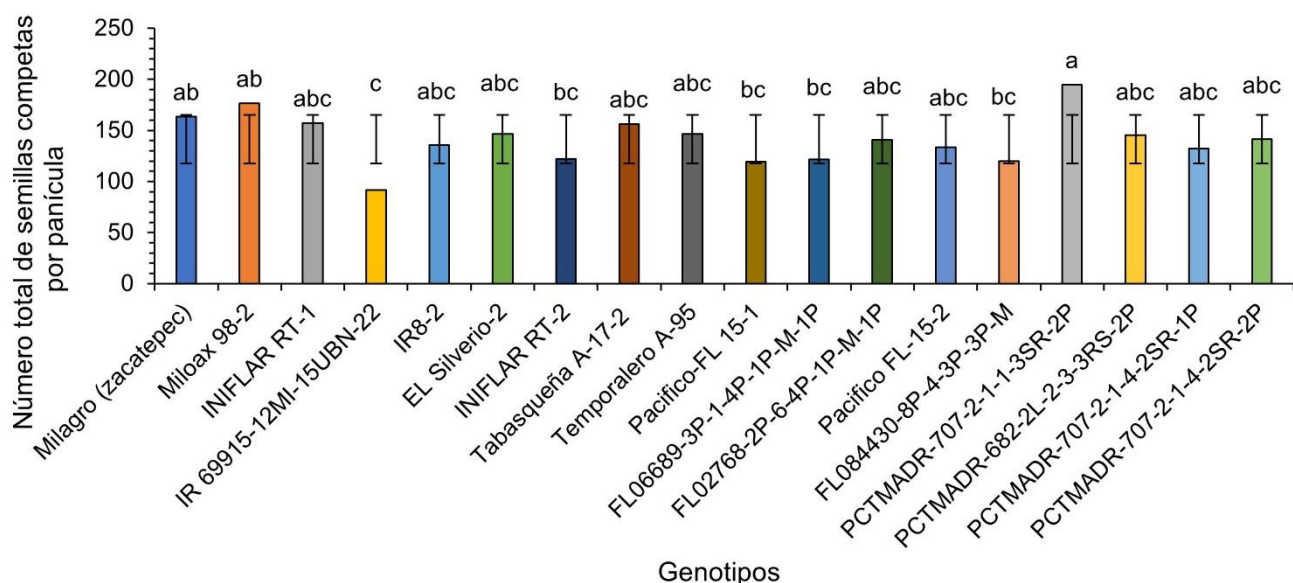


Figura 16. Comparación de medias con base al número total de semillas completas por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.7. Número total de semillas vanas por panícula

Al procesar los datos mediante el análisis de comparación de medias se indica que existen diferencias ($P \leq 0.05$) para el número total de semillas vanas por panícula (NSV). En este contexto, se muestra que el genotipo IR8-2 presentó el mayor NSV con 56 semillas, seguido por los materiales: IR 69915-12MI-15UBN-22 con 50 semillas, FLO84430-8P-4-3P-3P-M con 49 semillas, PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P con 47 semillas y El Silverio-2 con 45 semillas (Figura 17). Mientras que el menor NSV se presentó en los genotipos: Miloax 98-2 con 24 semillas, INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2 y Pacifico FL-15-2 con un promedio de 25 semillas, respectivamente.

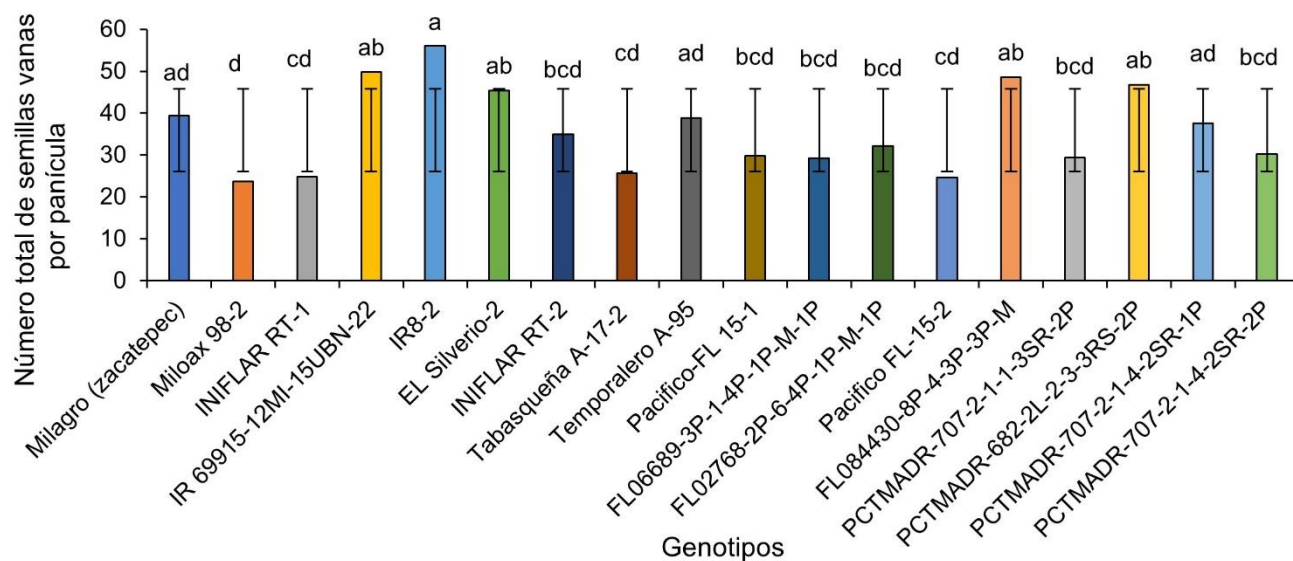


Figura 17. Comparación de medias con base al número de semillas vanas por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.8. Número total de semillas por panícula

Los genotipos presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) significativas para el número total de semillas por panícula (NSP) (Figura 18). El genotipo que sobresalió con mayor NSP fue PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P con 224 semillas. Mientras que el menor NSP se presentó en FLO6689-3P-1-4P-1P-M-1P, Pacifico-FL 15-1 e IR 69915-12MI-15UBN-22 con un promedio de 147 semillas.

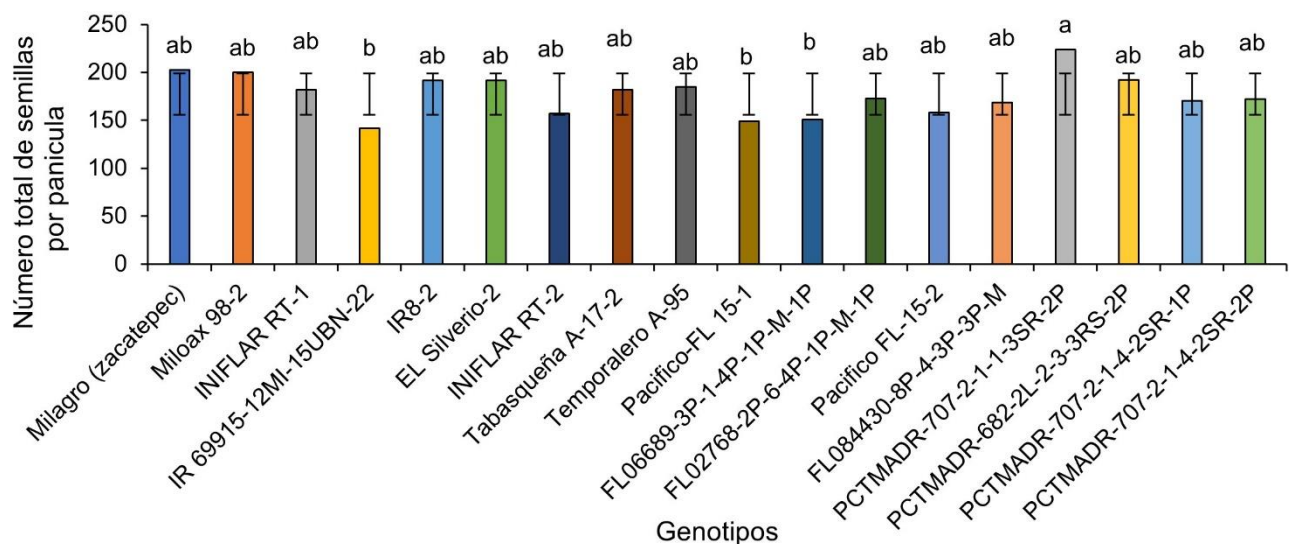


Figura 18. Comparación de medias con base al número de semillas totales por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.9. Porcentaje de esterilidad por panícula

Los resultados indican que existen diferencias ($P \leq 0.05$) significativas para el porcentaje de esterilidad por panícula (PEP) (Figura 19). El menor PEP se presentó en los materiales: Miloax 98-2 con 12 % y INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P, Pacifico FL-15-2 con un promedio de 14 %. Con respecto a las de mayor PEP estos fueron: IR 69915-12MI-15UBN-22 con 36 %, seguido por IR8-2 y FLO84430-8P-4-3P-3P-M con un promedio de 29 %.

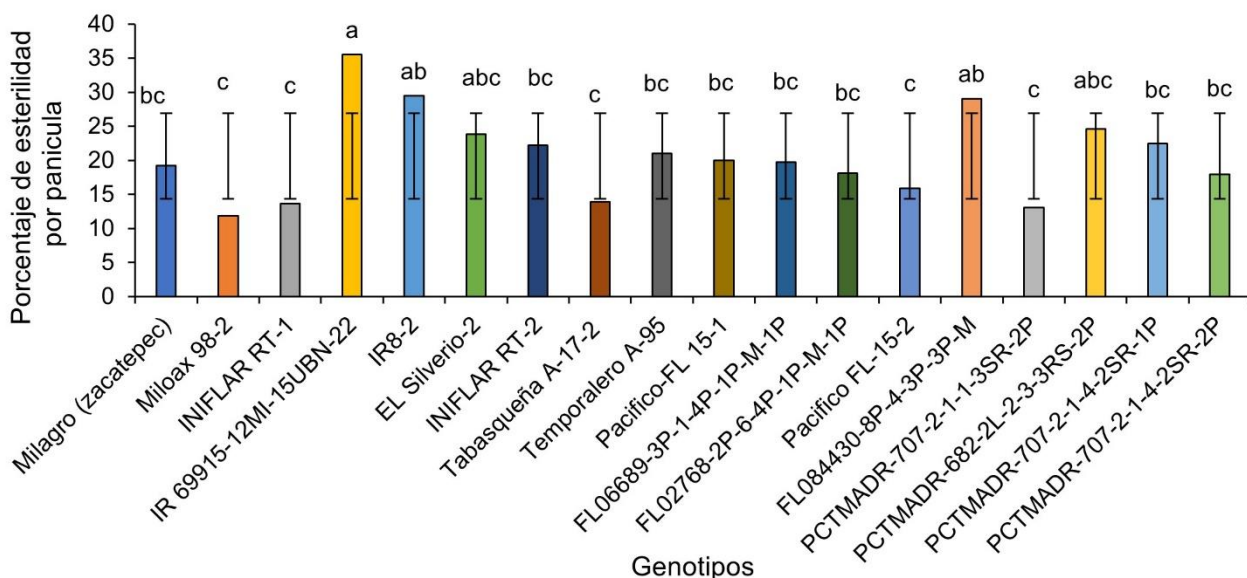


Figura 19. Comparación de medias con base al porcentaje de esterilidad por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.10. Peso total de semillas completas por panícula

De acuerdo con el análisis de comparación de medias entre materiales de arroz se indica que existen diferencias ($P \leq 0.05$) significativas para el peso total de semillas completas por panícula (PSC). Los materiales que presentaron mayor PSC fueron: INIFLAR RT-1 con 4719, Miloax 98-2 con 4706 mg y PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P con 4640 mg (Figura 20). Mientras que los materiales que obtuvieron menor PSC fueron: IR 69915-12MI-15UBN-22 con 2810 mg y FLO84430-8P-4-3P-3P-M.

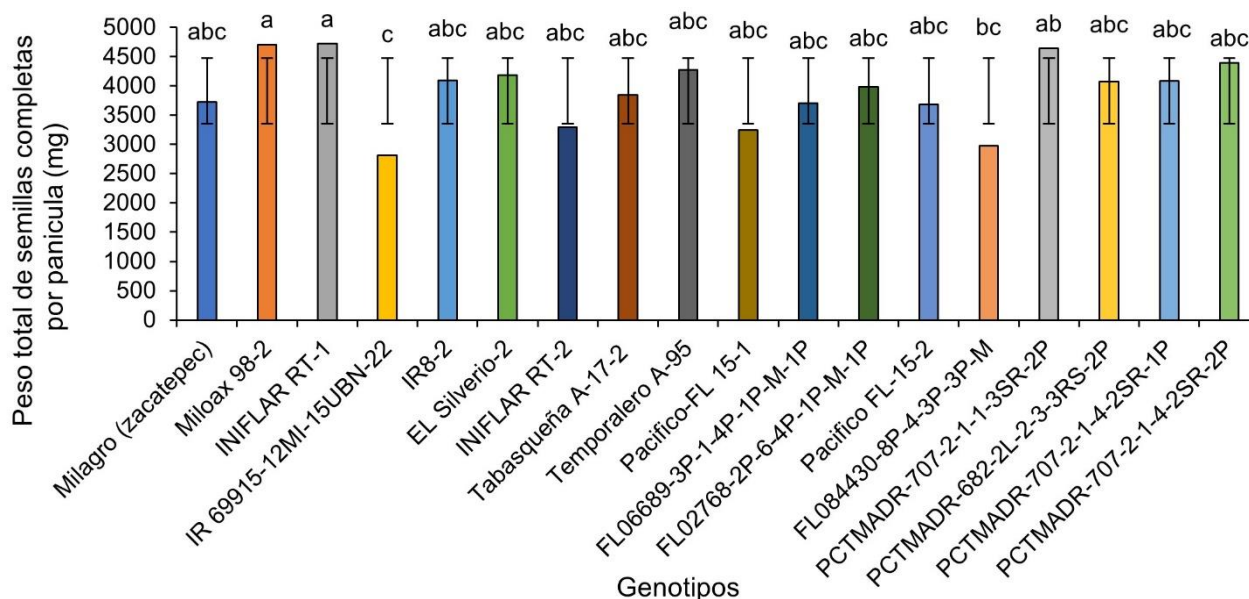


Figura 20. Comparación de medias con base al peso total de semillas completas por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.11. Peso de semillas vanas por panícula

Los materiales no presentaron diferencias para el peso total de semillas vanas por panícula (PSV). Numéricamente los materiales que presentaron mayor PSV fueron: IR8-2, FLO84430-8P-4-3P-3P-M y FLO2768-2P-6-4P-1P-M-1P con un peso promedio de 324 mg (Figura 21).

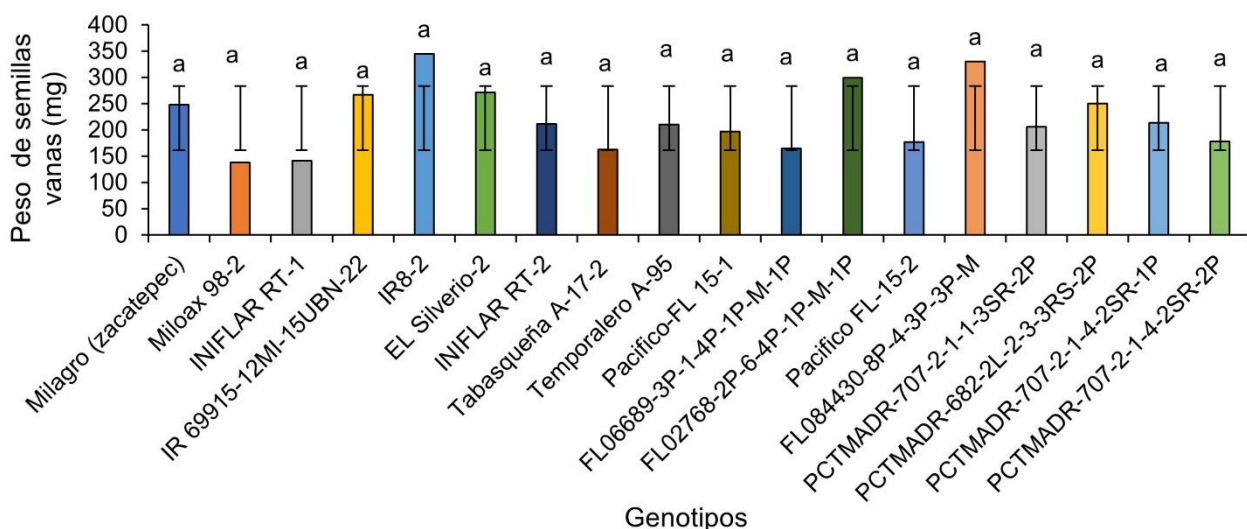


Figura 21. Comparación de medias con base al peso total de semillas vanas por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.12. Peso total de semillas por panícula

Se presentaron diferencias entre los materiales evaluados para el peso total de semillas por panícula (PTP). En la Figura 22, se observa que los materiales que sobresalieron con mayor PTP fueron: INIFLAR RT-1 con 4861 mg, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P con 4846 mg y Miloax 98-2 con 4845 mg. Los materiales que presentaron menor PTP fue IR 69915-12MI-15UBN-22 con 3076 mg.

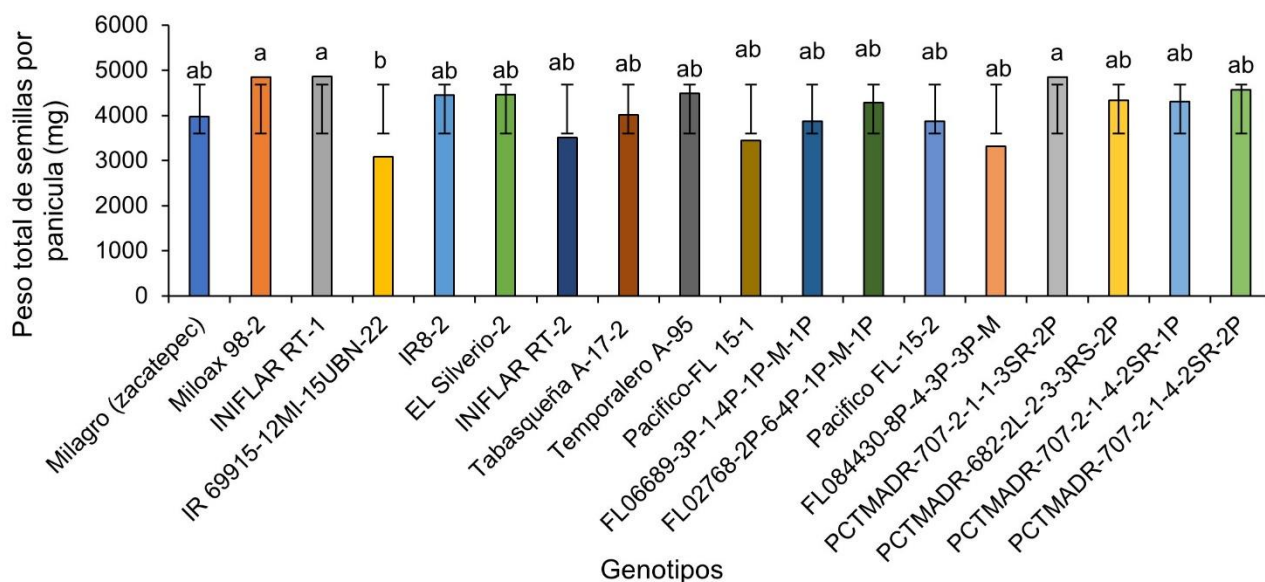


Figura 22. Comparación de medias con base al peso total de semillas por panícula de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.13. Peso de 1000 semillas

El análisis de comparación de medias muestra diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el peso de 1000 semillas (PMS). Sobresalieron con mayor PMS los materiales: INIFLAR RT-1 con 32.6 gr y IR8-2 con 32.2 gr, seguido por Temporalero A-95 y IR 69915-12MI-15UBN-22 con 30.8 y El Silverio-2 con 30.4 gr. Los materiales que obtuvieron menor PMS fueron: FLO84430-8P-4-3P-M y PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P con un PMS promedio de 25 gr (Figura 23).

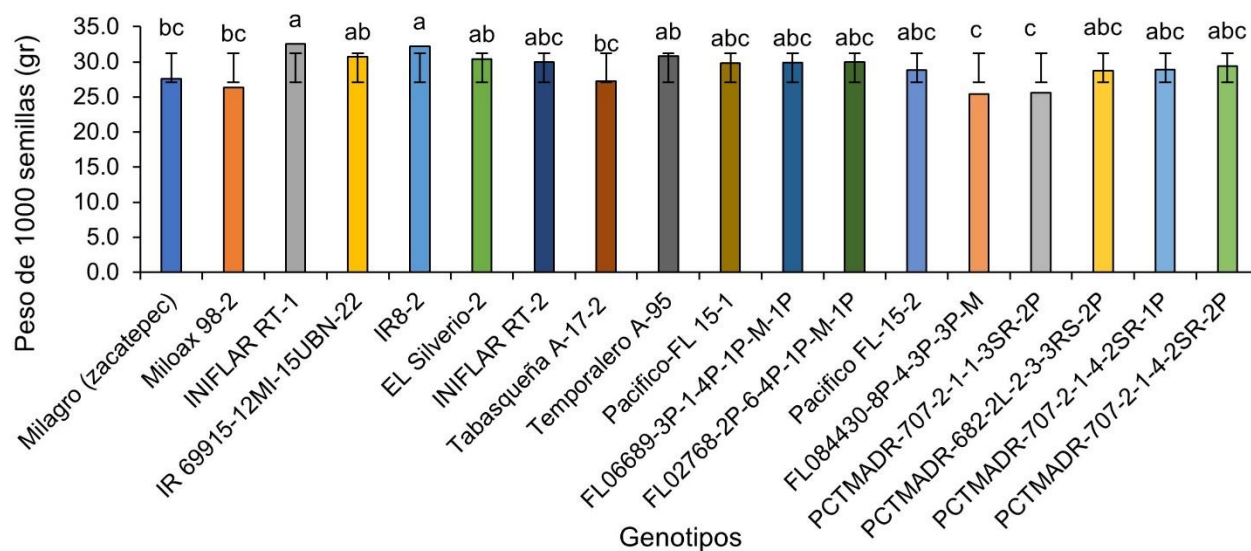


Figura 23. Comparación de medias con base al peso de 1000 semillas de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.14. Rendimiento

Los genotipos evaluados presentaron diferencias significativas para el rendimiento por hectárea. El material que presentó mayor rendimiento fue Milagro (Zacatepec) con 5777 kg/ha, seguido por PCTMADR-707-2-1-1-3RS-2P con 5635 kg/ha. Mientras que el menor rendimiento se presentó en FLO2768-2P-6-4P-1P-M-1P con 2659 kg/ha (Figura 24).

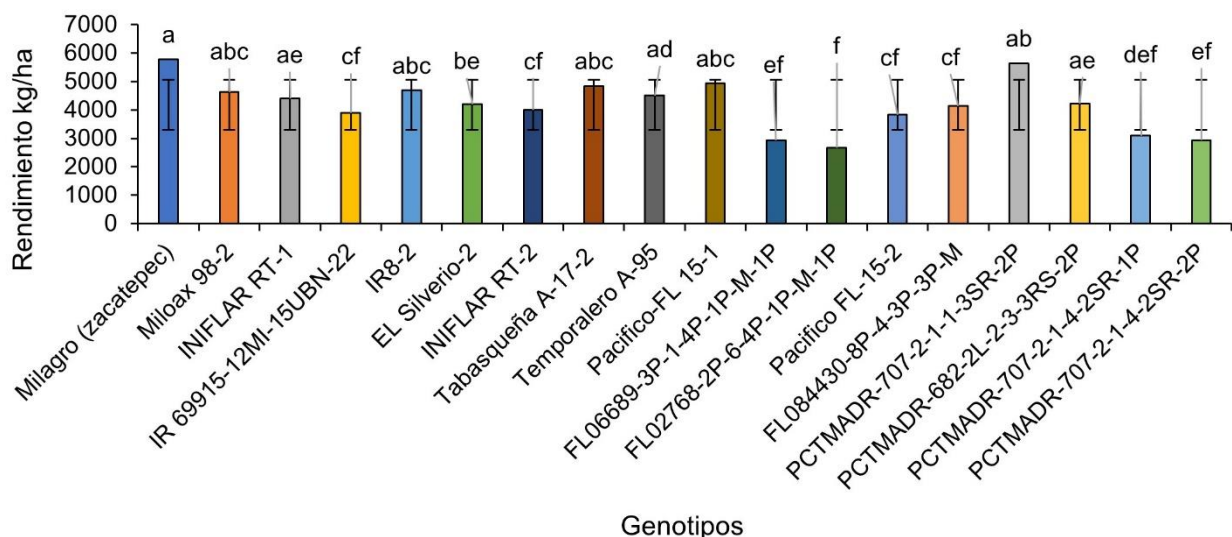


Figura 24. Comparación de medias con base al rendimiento por hectárea de arroz palay de materiales de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.2. DISCUSIÓN

6.2.1. Días a floración

Los materiales de arroz evaluados presentaron un efecto negativo antes, durante y después de la floración por efectos de las altas temperaturas y una atípica precipitación. Esto se tradujo en una variación en los días a floración en los materiales de arroz, al grado que se presentó una diferencia de 13 días entre Milagro (Zacatepec) y IR 69915-12MI-15UBN-22, IR8-2, INIFLAR RT-2, PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P y PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-1P. La precipitación, al dictar la disponibilidad de agua, es uno de los factores climáticos más críticos que influyen en el tiempo que tarda el arroz en alcanzar la floración (días a floración). Generalmente, una adecuada disponibilidad de agua mantiene la duración normal del ciclo, mientras que el déficit hídrico suele retrasar la floración (Mahapatra y Samal, 2025).

6.2.2. Altura de planta

La altura de planta entre genotipos de mayor con respecto de menor altura vario en un 20 %. Sin embargo, tal variación fue mayor entre la variedad Temporalero A-95 con respecto a la línea FLO2768-2P-6-4P-1P-M-1P con un 23 %. La variación de la altura de la planta de arroz bajo condiciones de riego de auxilio (riego suplementario o limitado) generalmente se caracteriza por una reducción en el crecimiento vertical en comparación con el riego por

inundación continua. El déficit hídrico, incluso moderado, restringe la división y elongación celular, afectando directamente la altura final de la planta (Ruiz, *et al.*, 2016).

6.2.3. Longitud de hoja bandera

El tamaño de la hoja bandera de la línea PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P y la variedad El Silverio-2 fue superior en 37 % en relación a materiales con menor longitud, tales como Pacifico-FL 15-1 y la línea FLO84430-8P-4-3P-3P-M. La longitud de la hoja bandera en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) varía generalmente entre 20 y 30 cm (Diaz, *et al.*, 2017), siendo un componente crucial para la fotosíntesis durante el llenado de grano. Este valor puede cambiar según el cultivar, con estudios que reportan promedios de 23 cm en ciertas variedades y hasta 29.3 cm en otras (Pérez-León, *et al.*, 2023).

6.2.4. Ancho de hoja bandera

El ancho de la hoja (AH) bandera oscilo entre 1.2 a 1.5 cm, que se asimila a otros estudios donde observaron que algunos materiales presentaron un AH de 1.5 cm (Pérez-León, *et al.*, 2023), que coincide con lo observado en la variedad: Miloax 98-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y INIFLAR RT-1. No obstante, al compararlos con otros materiales como IR8-2, IR 69915-12MI-15UBN-22 y FLO6689-3P-1-4P-1P-M-1P se presentó una diferencia de 3 mm. El ancho de la hoja bandera en el cultivo de arroz suele oscilar entre 0.7 cm y 2.5 cm, siendo muy comunes los valores entre 1.1 cm y 1.6 cm (Pérez-León, *et al.*, 2023). Esta última hoja, es crucial para el llenado de grano, presenta un hábito de crecimiento principalmente erecto o intermedio.

6.2.5. Longitud de panícula

El estudio permitió observar que entre materiales de arroz la longitud de panícula oscilo entre 23.7 a 29.2 cm. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Salcedo y Barrios (2013), al observar que la longitud de la panícula de arroz (la inflorescencia o espiga) generalmente oscilo entre 20 y 30 cm en variedades comerciales, alcanzando su madurez funcional con una longitud promedio de unos 25-29 cm (Salcedo y Barrios, 2013). Esta estructura, que soporta de 50 a más de 120 granos, emerge del tallo principal y su tamaño es un factor clave en la productividad.

6.2.6. Número total de semillas completas, vanas y total por panícula

El número total de semillas (granos) por panícula en arroz varía ampliamente según la variedad, las prácticas agrícolas y las condiciones ambientales, pero generalmente se encuentra en un

rango de 100 a más de 200 granos por panícula en variedades comerciales de alto rendimiento (Sowmya, *et al.*, 2023). Lo anterior se asimila a lo observado en el presente trabajo, dado que se observaron materiales como PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P, Miloax 98-2 y Milagro (Zacatepec), que presentaron de 163 a 195 semillas por panícula y otras líneas, tales como IR 69915-12MI-15UBN-22 con 92 semillas por panícula.

En relación al número de semillas vanas (NSV), el presente trabajo permitió observar que existe una variación del NSV entre variedades y líneas de arroz del 44 a 57 %. Es decir, la variación osciló de 45 a 56 semillas vanas en los materiales con mayor NSV, tales como IR8-2, IR 69915-12MI-15UBN-22, FLO84430-8P-4-3P-3P-M, PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P y El Silverio-2; y de 24 a 25 semillas en aquellos materiales con menor NSV, entre ellos Miloax 98-2, INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2 y Pacífico FL-15-2.

En lo que respecta al número total de semillas (llenas y vanas) por panícula (NSP), se presentó una diferencia del 34 % entre materiales con menor y mayor NSP. Estudios posteriores indican que el rendimiento de grano de arroz es un rasgo cuantitativo complejo determinado por tres componentes principales del rendimiento, número de panículas, número de granos por panícula y peso del grano (Zuo y Li, 2014). Entre ellos, se sugiere que NSP es el rasgo crítico para aumentar el rendimiento de grano en la práctica de mejoramiento (Wu, *et al.*, 2021).

6.2.7. Porcentaje de esterilidad por panícula

El porcentaje de esterilidad (PEP) fue variable entre materiales de arroz, el cual osciló entre 12 a 36 %. Asimismo, Miloax 98-2 obtuvo una diferencia de 66 % sobre los materiales que obtuvieron mayor PEP como IR 69915-12MI-15UBN-22 y una diferencia del 58 % sobre IR8-2 y FLO84430-8P-4-3P-3P-M. El porcentaje de esterilidad por panícula en arroz varía ampliamente según la variedad, el ambiente y la nutrición, siendo un factor crítico de alto impacto (85 % de heredabilidad). Los coeficientes de variación para este carácter pueden oscilar entre 9.24 % y 40.07 %, indicando una fuerte influencia ambiental en la fertilidad de las espiguillas (Amela, *et al.*, 2008).

6.2.8. Peso total de semillas vanas, completas y total por panícula

La respuesta a la condición de temporal y riego de auxilio del material INIFLAR RT-1 y Miloax 98-2 en el ciclo de primavera-verano fue superior en un 40 % con mayor peso de semillas completas (PSC) y menor peso de semillas vanas (PSV) con una diferencia del 57 % con respecto a los materiales con menor PSC y mayor PSV. Esto implicó que los materiales

INIFLAR RT-1 y Miloax 98-2 sobresalieran como materiales promisorios con mayor producción de semillas por panícula en relación otros materiales evaluados como IR 69915-12MI-15UBN-22 y FLO84430-8P-4-3P-M. Estudios posteriores indican que el peso y la cantidad de granos (semillas) por panícula en arroz son componentes críticos del rendimiento, los cuales varían significativamente según la variedad, el manejo agronómico y el ambiente (Barrios, *et al.* 2016).

6.2.9. Peso de 1000 semillas

El peso de semilla vario de acuerdo al genotipo y este oscilo entre 25 a 32.6 gr. Asimismo, el estudio permitió cuantificar la diferencia del peso de semilla entre los materiales que presentaron mayor peso con respecto a los de menor peso, que fue del 23 %. Sobresaliendo INIFLAR RT-1, IR8-2, Temporalero A-95, IR 69915-12MI-15UBN-22 y El Silverio-2. El peso de mil semillas varía según el genotipo y el potencial de rendimiento puede estar relacionado con el vigor de la semilla. Es influenciado por las condiciones ambientales y por el manejo, como la nutrición de la planta (Carvalho y Nakagawa, 2000). Esto se observó en nuestro estudio, ya que el estrés por salinidad interfirió con el peso de mil semillas; además, el peso de las semillas se reduce en función de la salinidad para el ricino (Silva *et al.*, 2008) y el cacahuate (Correia *et al.*, 2009).

6.2.10. Rendimiento kg/ha

El rendimiento de semilla palay de los materiales evaluados oscilo entre 2.6 a 5.7 toneladas por hectárea. Asimismo, se observó una diferencia superior de Milagro (Zacatepec) del 54 % con respecto a FLO2768-2P-6-4P-1P-M-1P que obtuvo el menor rendimiento. Otros estudios indican que la evaluación de variedades de arroz por rendimiento busca identificar cultivares con alta productividad, adaptabilidad local, resistencia a enfermedades y buena calidad molinera. Variedades modernas pueden superar las 9-10 t/ha bajo riego, mientras que la selección depende del ciclo de cultivo (100-110 días para corto), tipo de suelo y resistencia al volcamiento (Chiapana, *et al.*, 2022).

6.2.11. Correlación de variables

Todas las variables se correlacionaron entre sí de manera positiva y significativa, con excepción de peso de semilla vana (PSV) que no se asoció con la mayoría de las variables analizadas (Cuadro 4). Las mayores correlaciones fueron entre PTP-PSB (0.99**), STB-STP

(0.92**), STV-PEP (0.88**), STB-PTP (0.83**) y STB-PSB (0.83**); seguido por STP-PTP (0.79**), STP-PSB (0.76**), STV-PSV (0.76**), STB-PEP (0.67**), DF-P1000S (0.63**), AH-PSB (0.62**), AH-STB (0.61**), AH-PTP (0.60**), ALP-LH (0.55**), LH-PTP (0.54**), LH-STP (0.53**), LH-PSB (0.52**) y DF-STB (0.51**). Es decir, la mayor semilla completas (STB) y totales por panícula (STP) y menor porcentaje de esterilidad (PEP) y menor peso de semillas vanas (PSV), contribuyó positivamente en la obtención de mayor rendimiento por hectárea (REN); que, para el presente estudio, esta asociación hizo sobresalir al material Milagro (Zacatepec) y la línea PCTMADR-707-2-1-1-3RS-2P.

Cuadro 5. Coeficiente de correlación de Pearson de características agronómicas de materiales de arroz. Ciclo primavera-verano 2025. Campeche.

	DF	ALP	LH	AH	LE	STB	STV	STP	PEP	PTP	PSB	PSV	P1000S
DF													
ALP	0.06 ^{ns}												
LH	0.22 ^{ns}	0.55**											
AH	0.30*	0.18 ^{ns}	0.27*										
LE	0.25 ^{ns}	0.47**	0.43*	0.13 ^{ns}									
STB	0.51**	0.24 ^{ns}	0.39*	0.61**	0.13 ^{ns}								
STV	0.31*	0.18 ^{ns}	0.30*	0.36*	0.29*								
STP	0.41*	0.33*	0.53**	0.48*	0.26 ^{ns}	0.92**	0.10 ^{ns}						
PEP	0.45*	0.06 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.51**	0.19 ^{ns}	0.67**	0.88**	0.34*					
PTP	0.11 ^{ns}	0.27*	0.54**	0.60**	0.29*	0.83**	0.18 ^{ns}	0.79**	0.52**				
PSB	0.13 ^{ns}	0.26*	0.52**	0.62**	0.26 ^{ns}	0.83**	0.27*	0.76**	0.59**	0.99**			
PSV	0.14 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.22 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.76**	0.22 ^{ns}	0.58**	0.00 ^{ns}	0.11 ^{ns}		
P1000S	0.63**	0.01 ^{ns}	0.26*	0.19 ^{ns}	0.30*	0.35*	0.19 ^{ns}	0.28*	0.29*	0.00 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.06 ^{ns}	
REN	0.48**	0.45**	0.19 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.21 ^{ns}	0.29*	0.04 ^{ns}	0.33*	0.10 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.21 ^{ns}

DF=Número de días a floración; ALP=Altura de planta; LH=Longitud de hoja; AH=Ancho de hoja; LP=Longitud de panícula; NSC=Número de semillas completas por panícula; NSV=Número de semillas vanas por panícula; NSP=Número total de semillas por panícula; PEP=Porcentaje de esterilidad por panícula; PTP=Peso de semillas por panícula; PSC=Peso de semilla completa por panícula; PSV=Peso de semilla vana por panícula; PMS=Peso de 1000 semillas; REN=rendimiento por hectárea. *=P≤0.05; **=P≤0.01; ^{ns}= no significativo.

Otros trabajos posteriores indican, que tanto la altura de la planta, en sentido positivo, como las panículas por metro cuadrado, de manera negativa, se correlacionaron con la masa de los granos, lo cual demuestra que plantas altas desarrollan panículas más largas y de mayor masa, mientras que, las panículas pueden ser más pequeñas y con menos masa de los granos cuando hay más panículas por metro cuadrado. Aunque es necesario señalar que en este trabajo no se aprecia correlación significativa de la altura con la longitud de la panícula, la cual sí estuvo correlacionada con la longitud de la hoja bandera y la hoja ubicada por debajo de la hoja bandera (Pérez-León, *et al.*, 2023).

VII. CONCLUSIONES

- ❖ Los genotipos más tardíos fueron IR 69915-12MI-15UBN-22, IR8-2, INIFLAR RT-2, PCTMADR-707-2-1-4-2SR-1P y PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-1P. Mientras que los precoces fueron Milagro (Zacatepec), PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y Tabasqueña A-17-2. Temporalero A-95, Miloax 98-2 y INIFLAR RT-1 presentaron mayor altura de planta.
- ❖ La línea PCTMADR-682-2L-2-3-3RS-2P y la variedad El Silverio-2 sobresalieron con mayor longitud de hoja bandera. Asimismo, Miloax 98-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y INIFLAR RT-1 presentaron mayor ancho de hoja. IR8-2 y Miloax y Pacifico-FL 15-1 sobresalieron con mayor longitud de panícula.
- ❖ El material PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P, Miloax 98-2 y Milagro (Zacatepec) presentaron mayor número de semillas completas. Mientras que Miloax 98-2, INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2 y Pacifico FL-15-2 presentaron menor número de semillas vanas por panícula. Asimismo, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P obtuvo mayor número de semillas totales por panícula.
- ❖ El menor porcentaje de esterilidad por panícula se presentó en Miloax 98-2, INIFLAR RT-1, Tabasqueña A-17-2, PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P y Pacifico FL-15-2. Los materiales que sobresalieron con mayor peso de semillas completas y total por panícula fueron INIFLAR RT-1, Miloax 98-2 y PCTMADR-707-2-1-1-3SR-2P. INIFLAR RT-1, IR8-2, Temporalero A-95 y IR 69915-12MI-15UBN-22 y EL Silverio-2 presentaron mayor peso de 1000 semillas. El material que presento mayor rendimiento fue Milagro (Zacatepec), seguido por PCTMADR-707-2-1-1-3RS-2P.
- ❖ Las mayores correlaciones fueron entre pesos de semilla completa y total, número de semillas completas y totales por panícula.

VIII. RECOMENDACIONES

- Promover la vinculación del estudiante con instituciones de investigación sobre estudios de investigación en el cultivo de arroz en el estado de Campeche.
- Promover estudios referentes a cultivos básicos como el arroz.
- Divulgar el presente documento al menos a la comunidad interna de la institución educativa.
- Motivar al estudiante principalmente en la capacidad de investigar, de elegir y seleccionar sus propias expectativas de investigación.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Abbas, S. and Ali, M.Z. 2017. Impact of temperature and rainfall on rice production in Punjab, Pakistan. Environment, Development and Sustainability. 23 p.
<https://doi.org/10.1007/s10668-020-00647-8>
- Akram, H.M., Ali, A., Sattar, A., Rehman, H.S.U., Bibi, A. 2013. Impact of water deficit stress on various physiological and agronomic traits of three Basmati rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences. 23(5):1415–23.
- Álvarez, H.J.C., Tapia, V.L.M., Hernández, A.L., Tavitas, F.L., Apaez, B.M. 2022. Potencial productivo del arroz 'Lombardía FLAR 13' genotipo de grano largo y delgado de la zona arroceras de Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 13 (6):1117-1127.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.3037>
- Amela, F.A., Vallejo, C.F.A., Martínez, C.P. y Borrero, J.C. 2008. Parámetros genéticos de la longitud de panícula en arroz. ACTA AGRON (PALMIRA), 57 (4): 233-239.
- Barrios, G. E. J., González, G. F., Canul, K. J. y Hernández, A. M. 2016. Evaluación de líneas avanzadas de arroz de grano grueso en Morelos, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7 (5): 1091-1102.
- Bazzaz, M.d.M., Khaliq, Q.A., Karim, M.d.A., Al-Mahmud, A., Khan, M.d.S.A. 2015. Canopy temperature and yield based selection of wheat genotypes for water deficit environment. Open Access Library Journal 2: 1-11.
- Buelvas, M. (2021). Importancia de los factores climáticos en el cultivo de arroz. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 6(1), 28-34
- Castro, M.E. 2010. Los efectos en los cultivos de arroz. Ciencia Rural, Tomo 40, Nº 1.
<https://revistapesquisa.fapesp.br/es/los-efectos-en-los-cultivos-de-arroz/> (Consulta 30 julio 2024).
- Carvalho, N. M., and J. Nakagawa. 2000. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4ed. Jaboticabal, Funep 588 p.

Chipana, V. C., Manzaneda, D. F. F., Choque, T. C.E. 2022. Evaluación de dos variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), en dos sistemas de manejo de suelos en sapecho alto- beni. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 9 (1): 7-13.

Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA) (2020) Distribución de granos básicos: lugar de adquisición o compra, Ciudad de México: Cámara de Diputados.

Cha, U.S., Yooyongwech, S., Supaibulwatana, K. 2010. Water deficit stress in the reproductive stage of four indica rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Pakistan Journal of Botany. 42(5):3387–98.

Chih, S.Y. and Jein, K.B. 2023. Risk Assessment of Rice Damage Due to Heavy Rain in Taiwan. Agriculture 13 (3): 630. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030630>

Comisión Nacional del Agua Gerencia de Infraestructura de Protección en Ríos y de Distritos de Temporal. estadísticas agrícolas de los distritos de temporal tecnificado año agrícola 2020-2021, PP. 5

Correia, K. G., P. D. Fernandes, H. R. Gheyi, R. G. Nobre, and T. S. Santos. 2009. Crescimento, produção e características de fluorescência da clorofila a em amendoim sob condições de salinidade. Rev. Ciê. Agr. 40: 514-521.

Dorairaj, D., y Govender, N. T. (2023). Rice and paddy industry in Malaysia: governance and policies, research trends, technology adoption and resilience. Frontiers in Sustainable Food Systems, 7, 1093605. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1093605>

Ding, L., Li, Y.R., Li, Y., Shen, Q.R., Guo, S.W. 2014. Effects of drought stress on photosynthesis and water status of rice leaves. Chin J Rice Sci. 28(1):65–70. <https://doi.org/10.3969/j. issn.1001-7216.2014.01.009>

- Díaz, S. H.; Morejón, R. y Pérez, N. J. 2017. Comportamiento y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa*L.) obtenidas por el programa de mejoramiento en los palacios. *Cultivos Tropicales*.38(1):81-88.
- Hatfield, L.J. and Prueger, H.J. 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes*, 10: 4-10. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2015.08.001>
- Hernández, A.L., Tavitas, F.L., Álvarez, H.J.C., Tapia, V.L., Ortega, A.R., Esqueda, E.V. y Jiménez, C.J.A. 2019. Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, variedades multiambientales de arroz con grano extralargo para México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(1):23-34.
- Ireta, R.A. 2023. Arroz del estado de Morelos en México, acciones de posicionamiento en el mercado. *Acta Universitaria* 33: e3662. <https://doi.org/10.15174/au.2023.3662>
- Ireta, R.A., Altamirano, J., Ayala, A., Covarrubias, I. y Muñoz, M. 2016. Factores que explican la permanencia de la producción de arroz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, No. 15, pp: 2981-2993.
- Lauteri, M., Haworth, M., Serraj, R., Monteverdi, M.C., Centritto, M. 2014. Photosynthetic diffusional constraints affect yield in drought stressed rice cultivars during flowering. Araujo WL, editor. *PLoS ONE*. 9(10): e109054. <https://doi.org/doi:10.1371/journal.pone.0109054>
- López-Hernández, M.B., López-Castañeda, C., Kohashi-Shibata, J., Miranda-Colín, S., Barrios-Gómez, E.J., y Martínez-Rueda, C.G. 2018. Tolerancia a sequía y calor en arroz (*Oryza sativa*). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15), 373-385. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1558>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025). Observatorio de commodities – Arroz N.º 01-2025 (p. 6). <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1984/1/Observatorio%20de%20commodities-arroz-n-01-2025.pdf>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025). Observatorio de commodities – Arroz N.º 01-2025 (p. 7-8). <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/1984/1/Observatorio%20de%20commodities-arroz-n-01-2025.pdf>

Nayaka, G.V.V., Reddy, G.P. and Kumar, R.M. 2021. Dry Matter Production and Partitioning in Different Plant Parts of Rice Cultivars under Irrigation Regimes and Systems of Cultivation. Indian Journal of Agricultural Research. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-5316>.

Nishad, A., Mishra, A.N., Chaudhari, R., Aryan, R.K. and Katiyar, P. 2018. Effect of temperature on growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. International Journal of Chemical Studies, 6(5): 1381-1383. https://www.researchgate.net/publication/330440940_Effect_of_temperature_on_growth_and_yield_of_rice_Oryza_sativa_L_cultivars

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2024). FAOSTAT: Producción, comercio y precios. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2023) FAOSTAT. Base de datos, consultada el 11 de agosto de 2023 en <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

Orona, C. F.; Medina, M. J.; Tucuch, C. F. M.; Soto, R. J. M. y Almeyda, L. I. H. 2013. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. Rev. Inter. Bot. Exp. 82(1):255-261.

Pandey, V. and Shukla, A. 2015. Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. Rice Science. 22(4):147–61. <https://doi.org/doi:10.1016/j.rsci.2015.04.001>

Peng, S., Huang, J., Sheehy, J.E., Laza, R.C., Visperas, R.M., Zhong, X., Centeno, G.S., Khush, G.S. and Cassman, K.G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature

from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 101: 9971-9975.

Pask, A.J.D. and Reynolds, M.P. 2013. Breeding for yield potential has increased deep soil water extraction capacity in irrigated wheat. *Crop Science* 53: 2090-2104.

Rahman, A., Kang, S., Nagabhatla, N., Macnee, R. 2017. Impacts of temperature and rainfall variation on rice productivity in major ecosystems of Bangladesh. *Agriculture & Food Security* 6: 10. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0089-5>

Reyes, B.G., De, L., Myers, S.J., McGrath, J.M. 2003. Differential induction of glyoxylate cycle enzymes by stress as a marker for seedling vigor in sugar beet (*Beta vulgaris*), *Molecular Genetics and Genomics*. 269(5):692-698.

Reynolds, M.P., Hays, D., Chapman, S. 2010. Breeding adaptation to heat and drought stress. In: Reynolds MP (ed). *Climate change and crop production*. CAB International, CPI Group. UK. pp: 71-91.

Ruiz, M., Muños, Y., Dell, Á.J.M., Cabrera, J.A., Polón, R., Aroca, R. y Ruiz, J.M. 2018. Recuperación de la planta de arroz a la suspensión de la lámina de agua. parte II. *Cultivos Tropicales*, 39 (2): 75-80. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v39n2/ctr10218.pdf>

Samui, R.P. 1999. A note on the weather and rice yield relationship at some stations in India. *Earth Planet Sci.* 108(4): 309-371.

Sandhu, S.S., Prabhjot-Kaur, Gill, K.K. and Bala, A. 2013. Effect of inter & intra seasonal variability in meteorological parameters on rice productivity in central Punjab. *Journal of Agrometeorology* 15: 147-151.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2024). *Producción Agrícola*, base de datos, consultada el 26 de junio de 2024.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
2017-2030. Plan Agrícola Nacional.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256423/B_sico-Arroz.pdf

Siegfried, J., Khosla, R., Longchamps, L. 2017. Infrared thermometry to quantify in-field soil moisture variability. *Journal of Crop Improvement* 31: 72-90.

Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). (2025). Módulo agrícola estatal. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
<https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/prensa/sistema-de-informacionagroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es>

Silva, S. M. S., A. N. Alves, H. R. Gheyi, N. E. M. Beltrão, L. S. Severino, and F. A. L. Soares. 2008. Desenvolvimento e produção de duas cultivares de mamoneira sob estresse salino. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.* 12: 335-342.

Sowmya B., Jyothi Badri, Eswari K. B. and Raghuveer Rao P. 2023. Panicle Architecture in Enhancing Grain Yield in Rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Environment and Climate Change*, 13, 11: 4269-4278.

STATISTA, 2024. <https://es.statista.com/estadisticas/517456/produccion-mundial-de-arroz/>

Villar, H. (2019). Estrés hídrico del cultivo de arroz IR 71706 vía termografía mejorada y calibrada del área del dosel en la UNALM. Tesis de Pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Valle, M.J., González, V.D., Rafael, P.L., Sánchez, A.O.R., Delgado, T.C. 2022. Efecto de las variables climáticas sobre el rendimiento agrícola del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Ingeniería Agrícola*. 12 (1): e04.
<https://www.redalyc.org/journal/5862/586269904004/html/>

Waldini, H., Ash Shidiq, I., Rokhmatuloh, R., y Supriatna, S. (2021). Rice crop phenology model to monitor rice planting and harvesting time using remote sensing approach.

Wu, X., Liang, Y., Gao, H., Wang, J., Zhao, Y., Hua, L., et al. (2021). Enhancing rice grain production by manipulating the naturally evolved cis-regulatory element containing inverted repeat sequence of OsREM20. *Mol. Plant* 14, 997–1011. doi: 10.1016/j.molp.2021.03.016

Xie, Y., Shen, Q., Li, F., Ni, S., Yu, J. 2023. Chapter Three - Temperature response of plants and heat tolerance in Rice: A review. *Advances in Agronomy*, 179: 135-203. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2023.01.003>

Yang, P.M., Huang, Q.C., Qin, G.Y., Zhao, S.P., Zhou, J.G. 2014. Different drought-stress responses in photosynthesis and reactive oxygen metabolism between autotetraploid and diploid rice. *Photosynthetica*. 52:193–202. <https://doi.org/doi:10.1007/s11099-014-0020-24>.

Zuo, J., and Li, J. (2014). Molecular genetic dissection of quantitative trait loci regulating rice grain size. *Annu. Rev. Genet.* 48, 99–118. doi: 10.1146/annurev genet-120213-092138