



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

TESIS

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTA:
NAYELI DEL CARMEN CAB DZUL

ASESOR INTERNO:
MÓNICA BEATRIZ LÓPEZ HERNÁNDEZ

TÍTULO:
Evaluación de poblaciones F₄ de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de temporal en Campeche, México.

MAYO/2026



2026
año de
**Margarita
Maza**



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:
INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTA:
NAYELI DEL CARMEN CAB DZUL

ASESOR INTERNO:
MÓNICA BEATRIZ LÓPEZ HERNÁNDEZ

TÍTULO:
“Evaluación de poblaciones F₄ de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de temporal en Campeche, México.”

MAYO/2026



2026
año 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



Instituto Tecnológico de Chiná
Dirección

Chiná, Campeche; 11/mayo/2026
Oficio No. DIR/480/2026

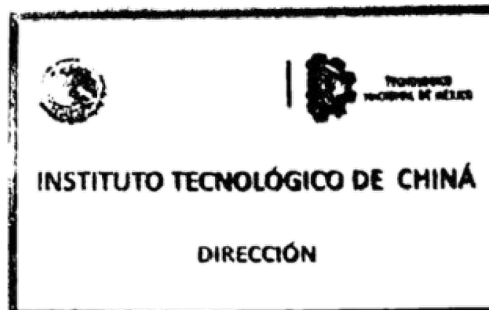
C. CAB DZUL NAYELI DEL CARMEN
PRESENTE

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 poblaciones F4 de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de temporal en Campeche, México"**; es **APROBADO** como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniera Agrónoma.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica®
Aprender Produciendo

MARCO GABRIEL ROSADO ÁVILA
DIRECTOR



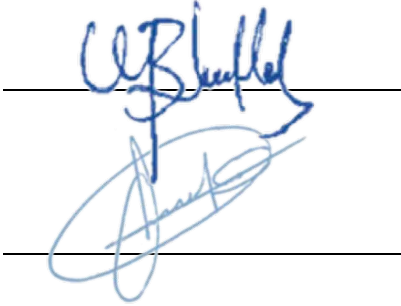
2026
año de
Margarita Maza



COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este comité y presentado por la C. **CAB DZUL NAYELI DEL CARMEN** como requisito parcial para obtener el título de: **INGENIERA AGRÓNOMA** el día 28 del mes de mayo del año 2026 en Chiná, Campeche.

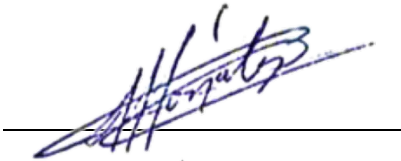
MONICA BEATRIZ LOPEZ HERNANDEZ
Presidente



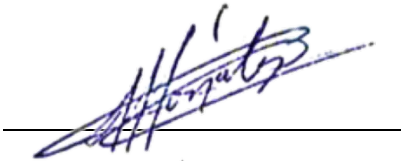
ANTONIO VILLALOBOS GONZALEZ
Secretario



ENRIQUE ARCOCHA GOMEZ
Vocal



NOEL ANTONIO GONZALEZ VALDIVIA
Vocal Suplente



AGRADECIMIENTOS.

A Dios, por ser mi guía durante mi camino iluminando cada paso que doy llenándome de sabiduría.

A la memoria de María Isabel Chan Moo, quien fue una persona una persona muy importante en mi vida. Aunque hoy no se encuentra físicamente, sus enseñanzas, su amor y recuerdo continúan siendo una guía en cada uno de mis pasos, en el camino hacia mis metas

Gracias a mi esposo Manuel Leonel Villarreal Mendoz e hija Emily Isabel Villarreal Cab por estar incondicionalmente a mi lado, apoyándome en todo momento en altas y bajas.

Gracias a mis padres María Guadalupe Dzul Balam, José Adan Cab Chan; profundamente por su amor incondicional, siendo el fruto de su esfuerzo y dedicación en mí.

A mis suegros Yurai de los Ángeles Mendoza Montero y Manuel Leonel Villarreal Ek, por ser una guía de aliento en los días difíciles; que todo se puede con esfuerzo, dedicación y amor.

A mi hermana Alejandra por darme consejos de superación, para ser su primera generación en la familia en culminar mis estudios.

Gracias a mis mejores amigos, Víctor y Juan, por todos los momentos durante mi estancia estos últimos años de carrera, por las enseñanzas en campo.

A mi amiga Gloria Arcila, gracias por brindarme una oportunidad de trabajo cuando más lo necesitaba y darme aliento en formarme como una profesional.

Gracias al Dr. Antonio Villalobos González; por brindarme este proyecto, para poder tener conocimientos, y diversas estrategias.

Gracias a mi asesora Dra. Mónica Beatriz López Hernández por ser mi mentora y darme su apoyo incondicional en este proyecto.

Agradezco al Instituto Nacional de México, campus Chiná (TECNM), por brindarme la oportunidad de ser parte de su institución, de igual manera agradeciendo sus convenios con el Instituto Nacional de la Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para llevar a cabo en su campo experimental para el cultivo en arroz; y brindarme enseñanzas sobre ello.

Finalmente, gracias a mí, por cada mala noche, estrés, llanto, frustración vivida, pero sin embargo con lecciones aprendidas gracias por no rendirte y seguir firmes hasta el final.

DEDICATORIA

A Dios:

Gracias, padre por instruirme, y permitirme esta oportunidad me has dado más de lo que merezco, pero cualquier obstáculo no es para siempre solo lleva su tiempo, mientras allá fe todo se puede.

Pon en manos del SEÑOR todas tus obras y tus proyectos se cumplirán
Proverbios 16.3

A mi mami:

A la memoria de María Isabel Chan Moo, quien fue una persona muy especial e importante en mi vida. Aunque hoy ya no se encuentra físicamente, amor, sus enseñanzas y los recuerdos que dejo en mi corazón continúan siendo una guía en mis pasos, motivándome a seguir adelante para alcanzar una de mis metas.

A mi esposo:

No se como darte las gracias por todo lo que has hecho, por estar en la tempestad y en la calma, siendo mi apoyo emocional, no encuentro las palabras para expresarte todo, sin embargo, muchas gracias por estar en todo momento, en cada paso que doy, en cada victoria y derrota te amo.

A mi hija:

Mi amor chiquito estoy agradecida con dios por permitirme estar a tu lado, eres la luz de mis ojos, siendo mi motivación e inspiración para seguir logrando mis metas.

A mis padres:

Les doy mi amor infinito, a mamá y papá, sin ellos no estuviera donde me encuentro en estos momentos, dios me mando con ellos, y estoy tan orgullosa de todo el sacrificio que hicieron junto conmigo, porque a pesar de tempestad, nunca dejaron de creer en mí.

A mí:

Por permitirme llegar a este logro, por confiar siempre en mí en mis días más difíciles y sobre todo por no dejarme de amar. Gracias por no dejarte de rendir nunca y seguir tus sueños.

RESUMEN

El estudio de las características de poblaciones y variedades de arroz en el ciclo de primavera-verano (P-V) en condiciones de temporal es fundamental para identificar materiales sobresalientes y que a su vez contribuyan a optimizar la producción agrícola en las zonas arroceras del estado de Campeche. En este sentido, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal en el ciclo de P-V en Campeche. En este contexto el estudio agrupo a 10 poblaciones F₄ 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 cinco repeticiones. Cada parcela estaba constituida de dos surcos de 10 m 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. Las poblaciones que sobresalieron con mayor altura de planta fueron la cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P), seis (IR70182-24PM1-2-4-11/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con un promedio de 119 cm. La población ocho (Pacífico FL-15-1/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P), cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) sobresalieron con mayor longitud de panícula con medidas desde 25 a 27 cm. La población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentó mayor longitud de hoja bandera con 30.1 cm. La población que presento menor número de semillas vanas fue la nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 15 semillas y la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 16 semillas. La población 10 (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentó el mayor número de semillas totales por panícula con 165 semillas. La población nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) sobresalió con menor porcentaje de esterilidad (11 %), mayor número de semillas completas (121 semillas) y menor número de semillas manchadas (19 semillas) por panícula. La población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 3055 mg y nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 2999 mg presentaron el mayor peso de semillas por panícula. Las mayores correlaciones fueron entre número de semillas completas con el peso de semillas por panícula y número de semillas totales, y esta a su vez con el peso de semilla por panícula y longitud de panícula.

Palabras clave: poblaciones, características, adaptación.

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	4
RESUMEN	5
INDICE DE FIGURAS	8
INDICE DE CUADROS	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
1.2 Objetivo general	12
1.3 Objetivos específicos	12
III. HIPOTESIS	12
IV. REVISIÓN DE LITERARIA	13
4.1 El arroz a nivel mundial	13
4.2 Consumo del arroz	13
4.3 El arroz en México	13
4.4 Condiciones climáticas para la producción de arroz	14
4.5 Usos del arroz	14
4.6 El estrés por sequia	15
4.7 El estrés por altas temperaturas	15
V. MATERIALES Y METODOS	17
5.1 Ubicación del experimento	17
5.2 Material genético	17
5.3 Diseño experimental	18
5.4 Manejo del experimento	18
5.5 Variables registradas	19
5.6 Análisis estadístico	19
5.7 Comportamiento de la precipitación	19
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
6.1. RESULTADOS	21
6.1.1 Altura de planta	22
6.1.3 Longitud de panícula	22
6.1.4. Longitud de hoja	23
6.1.5. Número de semillas completas	24
6.1.6. Número semillas vanas	24
6.1.7. Número de semillas totales	25
6.1.8. Porcentaje de esterilidad	26

6.1.9. Peso de semilla por panícula	27
6.1.10. Número de semillas con manchado de grano	27
6.2. DISCUSIÓN	29
6.2.1 Altura de planta.....	29
6.2.2 Longitud de panícula	29
6.2.3. Longitud de hoja bandera	29
6.2.4. Número de semillas vanas, completas y totales por panícula.....	30
6.2.5. Porcentaje de esterilidad.....	30
6.2.6. Peso de semilla por panícula	30
6.2.7. Número de semillas manchadas por panícula.....	31
6.2.8. Correlación de variables	31
VII. CONCLUSIONES.....	33
VIII. RECOMENDACIONES	34
IX. BIBLIOGRAFIA	35

FIGURA 1. PANORÁMICA DE LA INSTALACIÓN Y APLICACIÓN DE RIEGO DE GERMINACIÓN EN EXPERIMENTO DE ARROZ EN EL SITIO EXPERIMENTAL EDZNÁ, CAMPECHE. CICLO P-V 2025.	17
FIGURA 2. PANORÁMICA DEL ARREGLO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE ARROZ EN EL SITIO EXPERIMENTAL EDZNÁ. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. P=POBLACIÓN 1 A LA 10; R=REPETICIÓN 1 A LA 5.	18
FIGURA 3. PRECIPITACIÓN DURANTE EL EXPERIMENTO DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN EL SITIO EXPERIMENTAL EDZNÁ. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. FDS=FECHA DE SIEMBRA.	20
FIGURA 4. PANORÁMICA DEL EXPERIMENTO CON RIEGO EN ETAPA DE FLORACIÓN Y LLENADO DE GRANO. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025.	20
FIGURA 5. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE A LA ALTURA DE PLANTA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	22
FIGURA 6. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE A LA LONGITUD DE PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	23
FIGURA 7. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE A LA LONGITUD DE HOJA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	23
FIGURA 8. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO DE SEMILLAS COMPLETAS POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	24
FIGURA 9. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO DE SEMILLAS VANAS POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	25
FIGURA 10. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL NÚMERO DE SEMILLAS TOTALES POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	25
FIGURA 11. COMPARACIÓN DE MEDÍAS CON BASE AL % DE ESTERILIDAD POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).	26

FIGURA 12. PANORÁMICA DE SEMILLAS ESTÉRILES POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	26
FIGURA 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON BASE AL % DE ESTERILIDAD POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	27
FIGURA 14. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON BASE AL NÚMERO DE SEMILLAS MANCHADAS POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	28
FIGURA 15. PANORÁMICA DE SEMILLAS MANCHADAS POR PANÍCULA DE POBLACIONES F4 DE ARROZ EN CONDICIONES DE TEMPORAL. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. VALORES MEDIOS CON LETRA DISTINTA SON ESTADÍSTICAMENTE DIFERENTES ($P \leq 0.05$).....	28

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. MATERIAL GENÉTICO DE ARROZ UTILIZADO EN EL CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 2025. UZAHZIL EDZNÁ, CAMPECHE, MÉXICO.	17
CUADRO 2. RESULTADOS DEL ANOVA DE CUADRADOS MEDIOS DE ALTURA DE PLANTA Y OTRAS CARACTERÍSTICAS DE POBLACIONES F4 DE ARROZ. CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 2025.....	21
CUADRO 3. RESULTADOS DEL ANOVA DE CUADRADOS MEDIOS DE CARACTERÍSTICAS DE POBLACIONES F4 DE ARROZ. CICLO DE PRIMAVERA-VERANO 2025.....	21
CUADRO 4. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE MATERIALES DE ARROZ. CICLO PRIMAVERA-VERANO 2025. CAMPECHE.	32

I. INTRODUCCIÓN.

El arroz (*Oriza sativa L.*), es el sustento primario de más de la mitad de la población mundial. A nivel internacional, en términos de área cosechada, este cultivo se coloca en el segundo lugar, solo después del trigo. En México, este cereal es uno de los cuatro granos fundamentales en la dieta alimentaria. La finalidad de contar con valiosas fuentes genéticas que ayuden a resolver los desafíos presentes y futuros que restringen la producción, respalda la recolección y el enriquecimiento de los bancos de germoplasma, con el objetivo de alcanzar la soberanía alimentaria del país (Tavitas, 2016).

En México, el arroz es considerado uno de los elementos fundamentales en la alimentación, siendo únicamente superado por el maíz, los frijoles y el trigo. Durante el período de 2010 a 2017, el consumo por persona de este grano en México subió de 9.4 kg a 11 kg. Este aumento demuestra la creciente necesidad de México por este producto y su importancia en la dieta de la población (Tello & Corral, 2023).

La producción mundial de arroz entre los años 2016 y 2022 creció a un ritmo anual promedio del 0.8%, lo que equivale a un aumento de 36.1 millones de toneladas en ese período. China ha sido, desde hace tiempo, el mayor cultivador de arroz a nivel global. En 2022, la cantidad de arroz producido superó los 776.4 millones de toneladas, con China e India liderando la producción 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 escasa participación del 0.03%. Entre estos países, India registró el crecimiento anual compuesto más alto durante el periodo de 2016 a 2022, con un 2.98%, seguida de Camboya con 2.62% y Bangladesh con 2.11%; en contraste, Myanmar experimentó la menor tasa con un descenso de -0.92% (FAO, 2024).

La agricultura de temporal está en una gran incertidumbre, ya que la producción de los cultivos depende de las lluvias, es decir, su éxito está ligado a su presencia. Se ve influenciada por las condiciones climáticas y diversas variables; además, se ve afectada por la escasez y la tardanza de las precipitaciones y, en ocasiones, por lluvias excesivas. (Conagua, 2021).

Entre los elementos más limitantes en el crecimiento del arroz están las plagas y las enfermedades. Este aspecto, se ha registrado un total de 43 enfermedades, y de las 70 especies reconocidas, solo 20 insectos plaga son considerados de gran importancia (Pathak y Khan, 1994). Un factor que afecta la producción de arroz es el efecto del cambio climático, el cual se refleja en variaciones climáticas, como temperaturas, niveles de humedad relativa, lluvias y radiación solar, entre otros.

Las altas temperaturas, tanto en el día como en la noche, pueden disminuir considerablemente la capacidad productiva del arroz, ya que acortan el ciclo de crecimiento y provocan infertilidad en las espigas (Castro 2010). Esta problemática puede ser abordada mediante la elección de genotipos que sean más tolerantes a las temperaturas elevadas del ambiente durante la fase de floración, así como realizando ajustes en el período de siembra.

La habilidad para resistir la tensión por escasez de agua y temperaturas elevadas, sumada a otras técnicas, puede ser útil para entender los procesos que fomentan la resistencia al calor, lo que podría beneficiar la producción o contribuir a su conservación en el cultivo de arroz. Por lo tanto, la meta de esta investigación con base a lo anterior; El objetivo de este estudio fue evaluar 10 poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal en el ciclo de primavera-verano, con el fin de identificar las poblaciones F₄ con mayor rendimiento para la selección de semillas en condiciones adversas, en Campeche, México.

II. OBJETIVOS

1.2 Objetivo general

Evaluar 10 poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal en el ciclo de primavera- verano en Campeche.

1.3 Objetivos específicos

- Evaluar el porcentaje de esterilidad y otras características de la panícula de poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal.
- Evaluar el porcentaje de grano manchado en poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal.

III. HIPOTESIS

H1: Al menos una población F₄ de arroz presenta características agronómicas sobresalientes en condiciones de temporal en el estado de Campeche.

H2: Ninguna población F₄ de arroz presenta características agronómicas sobresalientes en condiciones de temporal en el estado de Campeche.

IV. REVISIÓN DE LITERARIA

4.1 El arroz a nivel mundial

El arroz se posiciona en el segundo puesto a nivel global, solo superado por el trigo, en términos de área cultivada; sin embargo, al evaluar su relevancia como cultivo alimentario, entrega más energía por hectárea que cualquier otra variedad de cereales. Este grano es la fuente principal de sustento para cerca de la mitad de la población. Aunque su producción y consumo se concentran principalmente en Asia, se cultiva con fines comerciales en más de 100 países y todos los continentes, a excepción de la Antártida.(Díaz Solís et al., 2015; Jiménez et al., 2009).

4.2 Consumo del arroz

El arroz desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria, dado que representa la principal fuente de calorías para alrededor de la mitad de la población global, siendo el alimento más destacado en 34 naciones de Asia, América Latina y África. En diversas naciones asiáticas, la población está relacionada estrechamente con el arroz, ya que contribuye con más del 50 % de la ingesta calórica en sus dietas y ofrece el 60 % de sus proteínas. Por lo tanto, es importante mencionar que este sector también es la principal fuente de empleo e ingresos para más de 2 000 millones de personas a nivel mundial. (Dorairaj & Govender, 2023)

4.3 El arroz en México

En el contexto de México, el arroz se considera uno de los componentes fundamentales de la alimentación del pueblo mexicano, precedido únicamente por el maíz, los frijoles y el trigo, con un consumo aproximado de 6 kg por persona al año. A nivel nacional, se consumen tres variedades de arroz: Sinaloa, Milagro filipino y Morelos, siendo la variedad Sinaloa la más económica. (Ramos Gamiño, 2013). México se sitúa en la posición 53 en la producción de arroz, generando anualmente 224,371 toneladas, lo que representa el 0. 1% de la producción global. Las principales regiones dedicadas al cultivo de arroz se encuentran, sobre todo, en el Noreste (Sinaloa), el Sureste (Campeche, Tabasco y Veracruz) y el Centro (Michoacán y Morelos).

4.4 Condiciones climáticas para la producción de arroz

El cultivo de arroz se distingue por su asociación con regiones tropicales y subtropicales, aunque su cosecha se centra en los ambientes húmedos de los trópicos húmedos. Sin embargo, también puede ser cultivada en áreas húmedas de los subtrópicos, así como en climas mediterráneos y templados. (Buelvas, 2021).

Las condiciones de temperatura ideales para el adecuado crecimiento y avance del cultivo se sitúan entre 22 y 32 °C. Temperaturas más bajas afectan negativamente el proceso reproductivo de la diferenciación celular, llevando a una elevada esterilidad de las espigas, lo cual es crucial en la fase que suele denominarse embuchamiento, que ocurre de 14 a 7 días antes de la aparición de la panícula o etapa de floración. (Gómez López, 2021)

Cuando el crecimiento de los cultivos demanda una cantidad de agua que no está disponible durante un período específico, el cual se determina según el nivel de transpiración (Villar, 2019). La rapidez de los materiales, que está vinculada a la recolección prematura, se considera un aspecto esencial que se analiza tanto de manera cualitativa como cuantitativa frente al incremento de la inestabilidad del clima (Díaz et al., 2017).

Aunque se han realizado principalmente en circunstancias temporales, las evaluaciones de variedades de arroz mejoradas han tenido como objetivo definir parámetros de estabilidad en los rendimientos (Orona et al., 2013).

Para determinar los momentos adecuados de siembra y cosecha del arroz, es fundamental disponer de datos sobre la fenología de la planta. La investigación centrada en la fenología brinda información clave sobre la respuesta de la planta a las condiciones climáticas, lo cual es crucial para lograr un aumento en la producción de alimentos (Waldini et al., 2021).

4.5 Usos del arroz

Está destinado al consumo humano gracias a su elevado valor nutritivo, que abarca desde la energía hasta las proteínas. El salvado o la harina producida por el pulido es un componente relevante de una dieta equilibrada para los animales. La relevancia del grano radica en su uso en la industria de la cerveza de arroz. (SAGARPA 2017-2030).

4.6 El estrés por sequia

La sequía es reconocida como un desastre ecológico que tiene un impacto negativo en la producción de arroz. Debido a su carácter complejo e incierto, la tarea de mejorar la tolerancia al secado del arroz es complicada (Pandey y Shukla 2015). La fisiología de la planta de arroz se ve modificada en múltiples formas por la falta de agua, como el contenido relativo de agua (Cha-Um et al., 2010), la eficacia del uso del agua (Akram et al., 2013), el índice de transpiración (Lauteri et al., 2014), la fotosíntesis neta (Yang et al., 2014) y la estabilidad de las membranas 0 y 1 (2 et al.). (2010).

4.7 El estrés por altas temperaturas

La sequía, que normalmente ocurre con temperaturas elevadas influye en los procesos fisiológicos de las plantas, incluyendo la disminución de la transpiración, el cierre de las estomas y el incremento de la temperatura (Bazzaz et al. 2015). La humedad relativa, en las zonas tropicales, es un factor adicional que puede intensificar el impacto del estrés térmico de dos formas: (i) la saturación del aire disminuye la capacidad de enfriamiento por evaporación de la planta y (ii) las temperaturas altas durante la noche (Reynolds et al. 2010).

En la actualidad, debido a la creciente falta de agua, la carencia hídrica se transforma en uno de los fundamentales tipos de estrés abiótico en la agricultura, particularmente para esta especie. Numerosos científicos examinan cómo el estrés por falta de agua influye en la fisiología y el desarrollo del cultivo. De acuerdo con Turner, un nivel moderado de estrés hídrico potencia el rendimiento del cultivo y la eficiencia en el uso del agua, mientras que una escasez severa impacta negativamente el crecimiento de las plantas y provoca una disminución en la producción.(Xu et al., 2016)

El estrés calórico que sufre la planta se basa en la temperatura del aire y, según López-Hernández et al. (2018), en los elementos genéticos y agronómicos que fijan las posibilidades de enfriamiento por evaporación de la planta. Los elementos genéticos que tienen un mayor impacto en el calentamiento de las plantas son la corola (Hatfield y Prueger), la estructura de la copa, la conductancia estomática, los pigmentos, la cera epicuticular, el crecimiento de las raíces, los mensajes del sistema radicular y la fenología; así como factores agrotécnicos como

el momento de siembra, el procedimiento para sembrar, el riego, el sistema de cultivo, los residuos, la gestión de malezas e infecciones (Reynolds et al. 2010).

Un factor genético similar es la falta de fertilidad de las espigas al florecer (Bheemanahalli et al. 2017). Por ende, el hecho de florecer a primeras horas de la mañana puede ser una táctica que disminuya la afectación por calor y que se pueda emplear como criterio para elegir en programas de mejora genética para la actuación bajo estrés por calor (Bheemanahalli et al. 2017). Aunque no es habitual en los programas de mejoramiento genético, medir la temperatura de la copa nos deja calcular el volumen de agua que las raíces absorben; sin embargo, medir las propiedades del crecimiento del sistema radicular no es común.

Según Pask y Reynolds (2013), las temperaturas del dosel en tiempos de estrés intenso se vinculan con una capacidad más amplia de recoger agua entre los 60 y 120 cm del perfil del suelo durante la etapa de llenado del grano. La temperatura de las plantas puede ser utilizada también como indicador del estrés hídrico en el suelo, sobre todo durante los periodos reproductivos del cultivo (Siegfried et al. 2017). La tolerancia al calor, en combinación con otros métodos, posibilita descubrir los mecanismos que establecen la termotolerancia. Esto puede contribuir a entender las respuestas de tipo molecular frente al estrés térmico (Sita et al. 2017).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Ubicación del experimento

El 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 Vertisoles. Asimismo, se aplicó un riego de germinación (Figura 1).



Figura 1. Panorámica de la instalación y aplicación de riego de germinación en experimento de arroz en el Sitio Experimental Edzná, Campeche. Ciclo P-V 2025.

5.2 Material genético

El trabajo estuvo constituido por 10 poblaciones de la generación F₄ de arroz. En el Cuadro 1, se describe las poblaciones empleadas en el presente estudio.

Cuadro 1. Material genético de arroz utilizado en el Ciclo de Primavera-Verano 2025. Uzahzil Edzná, Campeche, México.

Número de tratamiento	Nombre del tratamiento
1	PCTMADR-707-2-1-4-2SR-2P/WAB45024-2-3P-33HB
2	PCTMADR-416-3L-1-1-2SR-2P/WAB45024-2-3P-33HB
3	FL010030-12P-9-2P-2P-4P-M/WAB45024-2-3P-33HB
4	WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
5	Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
6	IR70182-24PM1-2-4-11/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
7	Temporalero A-95/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
8	Pacífico FL-15 -1/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
9	FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P
10	PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P

5.3 Diseño experimental

Las poblaciones de arroz se establecieron de forma manual en junio del 2025. Para ello se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cinco repeticiones (Figura 2). Cada parcela estaba constituida de dos surcos de diez metros de longitud, separados a 0.20 metros entre surco (Figura 2). Alrededor todo el contorno de las parcelas útiles se formaron bordos para la aplicación de riego de auxilio.



Figura 2. Panorámica del arreglo del diseño experimental de arroz en el Sitio Experimental Edzná. Ciclo Primavera-Verano 2025. P=Población 1 a la 10; R=Repetición 1 a la 5.

5.4 Manejo del experimento

Antes de la instalación del experimento de las poblaciones de arroz se realizará la preparación de terreno mediante dos pases de rastra. El primero se efectuará 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 realizará 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 utilizará la fórmula 92-46-60. La cual se aplicará el 100 % del fósforo antes del segundo rastreo agrícola. Mientras que la urea se fraccionara 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 realizarán muestreos para verificar la incidencia. Para la protección del experimento se colocó alrededor una malla anti pájaro.

5.5 Variables registradas

- A.** Altura de la 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.
- B.** Longitud de la panícula (LH, cm); se determinó al seleccionar 30 panículas al azar y se determinó al utilizar una regla milimétrica.
- C.** Longitud de hoja (LH, cm); se determinó al seleccionar 30 hojas al azar y se determinó al utilizar una regla milimétrica.
- D.** Número de semillas completas por panícula (NSC); se determinó al contar el número de semillas completamente formados por panícula.
- E.** Número de semillas vanas por panícula (NSV); se determinó al contar el número de semillas vanas por panícula.
- F.** Número de semillas total por panícula; se contabilizo el número total de semillas completas y semillas vanas por panícula.
- G.** Porcentaje de esterilidad por panícula; se obtuvo entre el número de semillas no llenas y el total de semillas por panícula.
- H.** Peso de semilla por panícula (PSC, mg); se realizó el peso de las semillas completas por panícula.
- I.** Número de semillas manchadas por panícula (NSM); se determinó al contar el número de semillas manchadas en 10 panículas.

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. Asimismo, se realizó una correlación de variables.

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 (mm). El registro se realizó desde 01 de julio del 2024 (Figura 3). Asimismo, cada semana se aplicó un riego de auxilio al experimento (Figura 4).

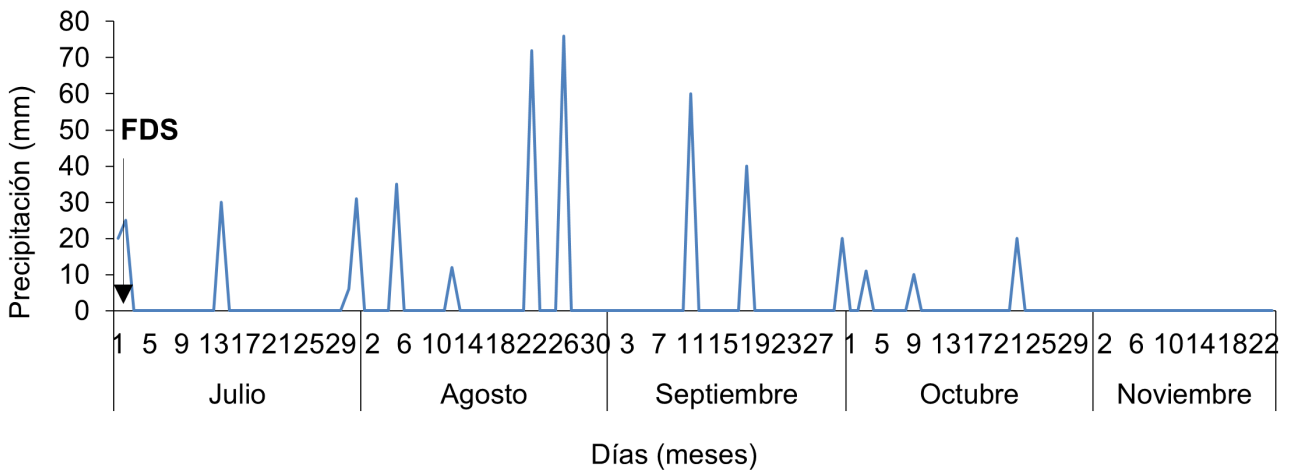


Figura 3. Precipitación durante el experimento de líneas y variedades de arroz en condiciones de temporal en el Sitio Experimental Edzná. Ciclo Primavera-Verano 2025. FDS=Fecha de siembra.



Figura 4. Panorámica del experimento con riego en etapa de floración y llenado de grano. Ciclo Primavera-Verano 2025.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. RESULTADOS

Los resultados del ANOVA indican que existen diferencias significancia ($P \leq 0.05$) con base a las poblaciones F₄ para nueve características evaluadas (Cuadro 2 y 3). De acuerdo a la suma de cuadrados medios, el peso de semillas por panícula (PSP), número de semillas totales por panícula (NST), número de semillas con manchado de grano (NSM), número de semillas completas (NSC) y vanas (NSV) por panícula, figuraron como los que presentaron mayor variabilidad.

Cuadro 2. Resultados del ANOVA de cuadrados medios de altura de planta y otras características de poblaciones F₄ de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2025.

FV	GL	ALP	LP	LH	NSC	NSV
Genotipo	9	687.15**	41.09**	52.69**	1533.58*	831.86**
Repetición	4	153.83*	0.00 ^{ns}	8.30 ^{ns}	311.67 ^{ns}	96.40 ^{ns}
Error	36	57.09	1.77	8.48	382.35	86.32
Error total	49					
C.V. %		7.0	5.8	12.4	21.2	30.7

FV=Factor de variación; GL=Grados de libertad; ALP=Altura de planta; LP=Longitud de panícula; LH=Longitud de hoja bandera; 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.

Cuadro 3. Resultados del ANOVA de cuadrados medios de características de poblaciones F₄ de arroz. Ciclo de Primavera-Verano 2025.

FV	GL	NST	% PE	PSP	NSM
Genotipo	9	4290.24**	249.17**	1197771.34*	2195.94**
Repetición	4	421.57 ^{ns}	35.47 ^{ns}	127532.03 ^{ns}	456.83 ^{ns}
Error	36	571.14	35.98	301612.24	368.78
Error total	49				
C.V. %		19.9	24.3	22.4	32.1

FV=Factor de variación; GL=Grados de libertad; NST=Número total de semillas por panícula; % PE=Porcentaje de esterilidad por panícula; PSP=Peso de semillas por panícula; NSM=Número de semillas con manchado de grano. *= $P \leq 0.05$; **= $P \leq 0.01$; ^{ns}= no significativo.

6.1.1 Altura de planta

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre poblaciones para la altura de planta (ALP, cm). Las poblaciones F₄ que presentaron mayor ($P \leq 0.05$) ALP fueron: cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P), seis (IR70182-24PM1-2-4-11/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con un promedio de 119 cm ALP (Figura 5). Mientras que las poblaciones que obtuvieron el menor ($P \leq 0.05$) ALP fueron: uno y dos con un promedio de 92 cm.

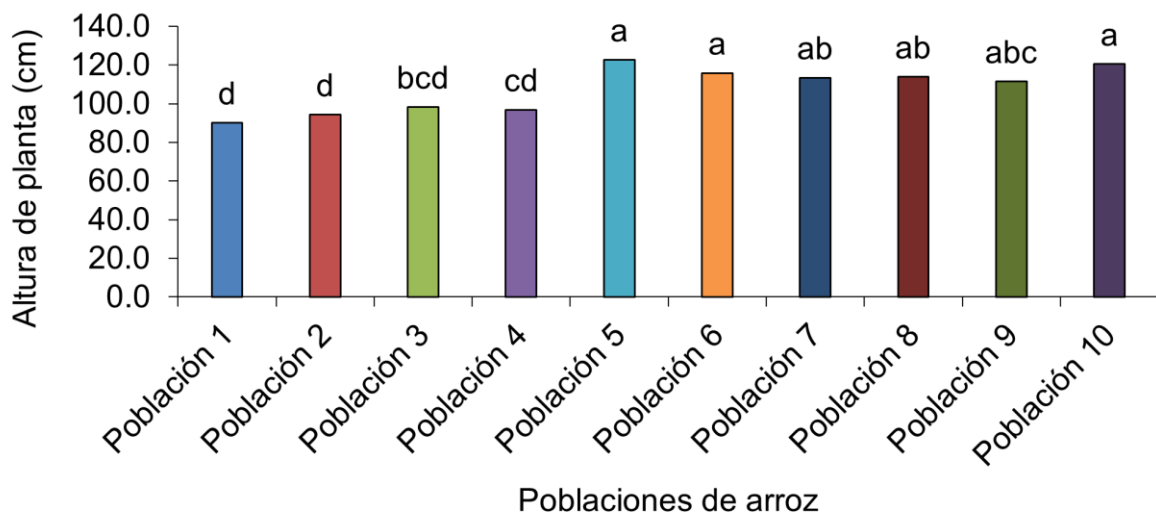


Figura 5. Comparación de medias con base a la altura de planta de poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.3 Longitud de panícula

El estudio muestra diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para la longitud de panícula (Figura 6). Las poblaciones F₄ que sobresalieron con mayor LP fueron: ocho (Pacífico FL-15 -1/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 27 cm, cinco y diez con un promedio de 25 cm en comparación con la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y dos (PCTMADR-416-3L-1-1-2SR-2P/WAB45024-2-3P-33HB) que presentaron menor LP con 17 y 20 cm de LP, respectivamente.

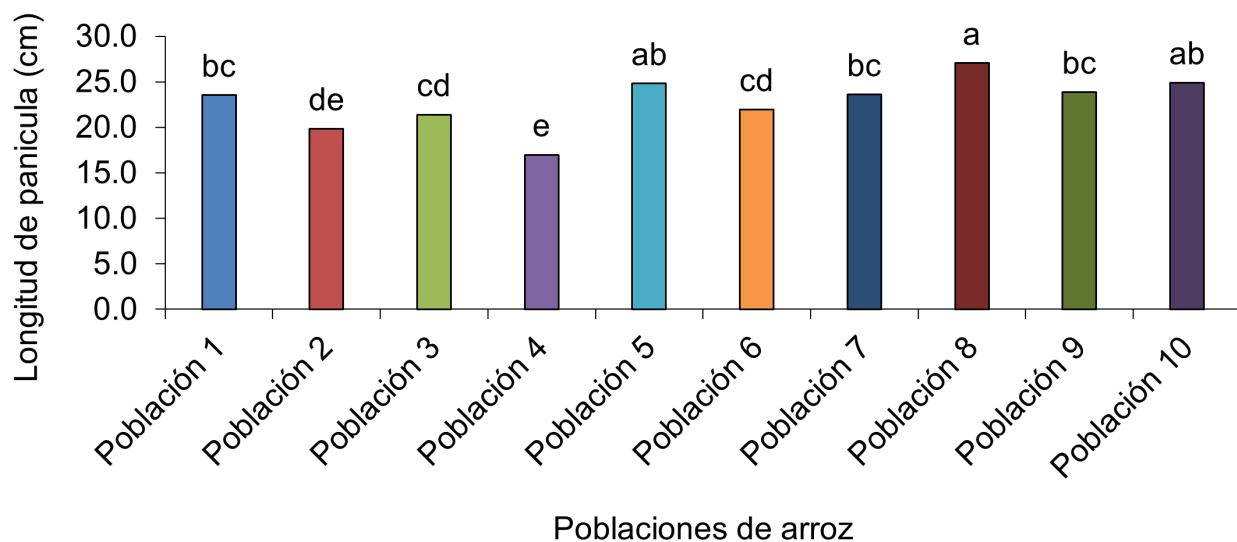


Figura 6. Comparación de medias con base a la longitud de panícula de poblaciones F4 de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.4. Longitud de hoja

Las poblaciones F4 de arroz presentaron diferencias ($P \leq 0.05$) significativas entre sí para la longitud de hoja bandera. En la Figura 7, se observa que la población cinco presentó mayor LH con 30.1 cm, seguido de la población ocho con 26.7 cm. Mientras las que presentaron menor LH fueron la población uno y dos con un promedio de 20 cm.

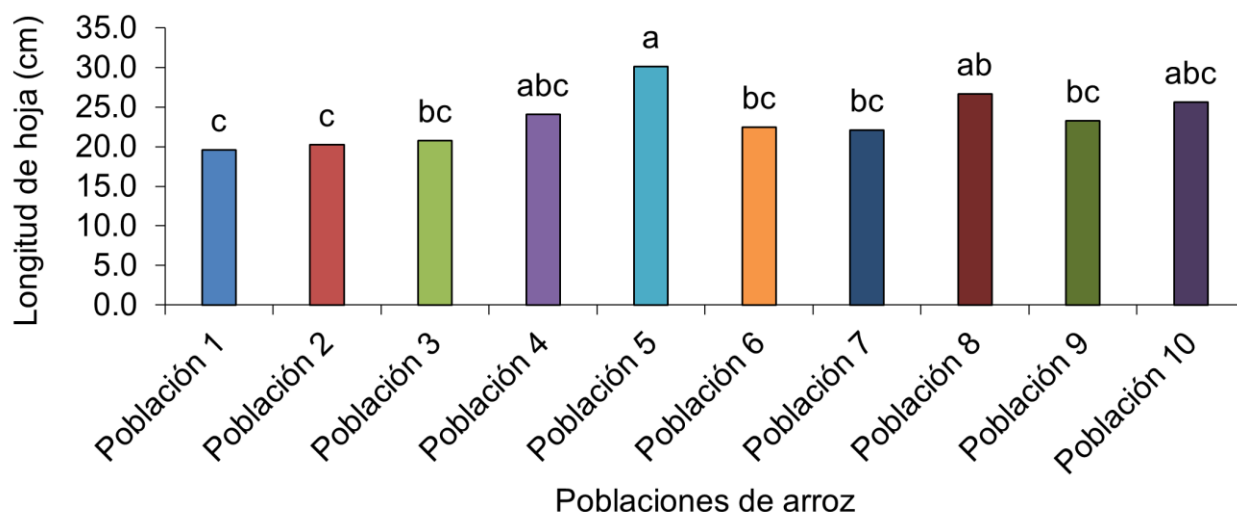


Figura 7. Comparación de medias con base a la longitud de hoja de poblaciones F4 de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.5. Número de semillas completas

En la Figura 8, se observa que el análisis de comparación de medias indica que existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las poblaciones F₄ para el número de semillas completas por panícula. La población número nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) sobresalió con mayor número de semillas completas por panícula, seguida por la población diez y cinco en comparación con la población número tres y cuatro que presentaron el menor número de semillas completas por panícula.

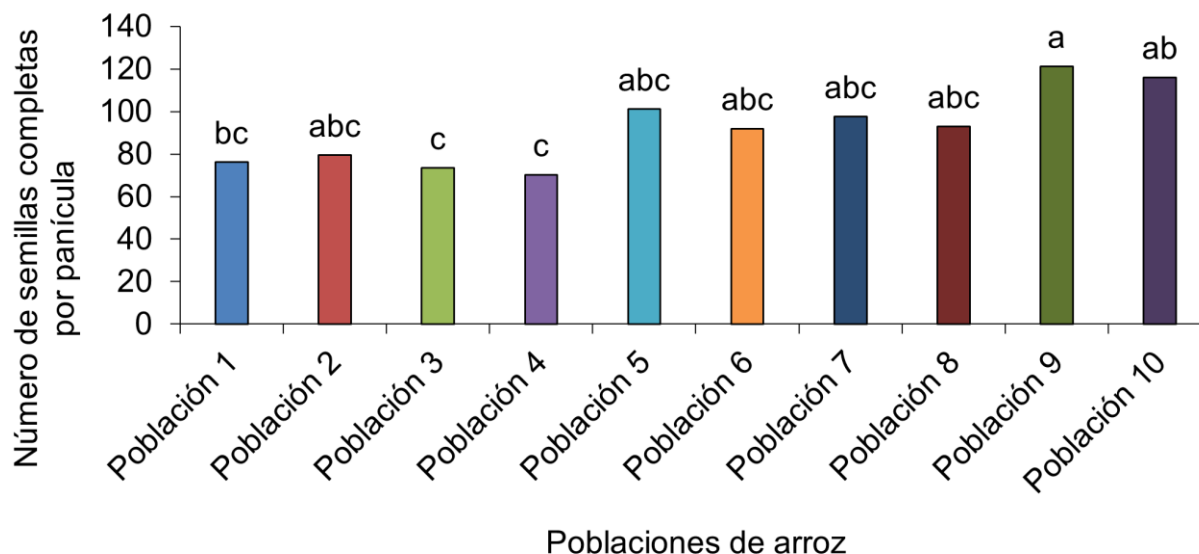


Figura 8. Comparación de medias con base al número de semillas completas por panícula de poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.6. Número semillas vanas

Los resultados indican que existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las poblaciones para el número de semillas vanas por panícula (Figura 9). Las poblaciones que presentaron menor número de semillas vanas por panícula fueron: la población nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 15 semillas, población cuatro con 16 semillas, población dos con 20 semillas, población seis con 25 semillas y población tres con 27 semillas. Mientras que la población ocho (Pacífico FL-15 -1/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 54 y diez con 49 semillas presentaron el mayor número de semillas vanas por panícula (Figura 9).

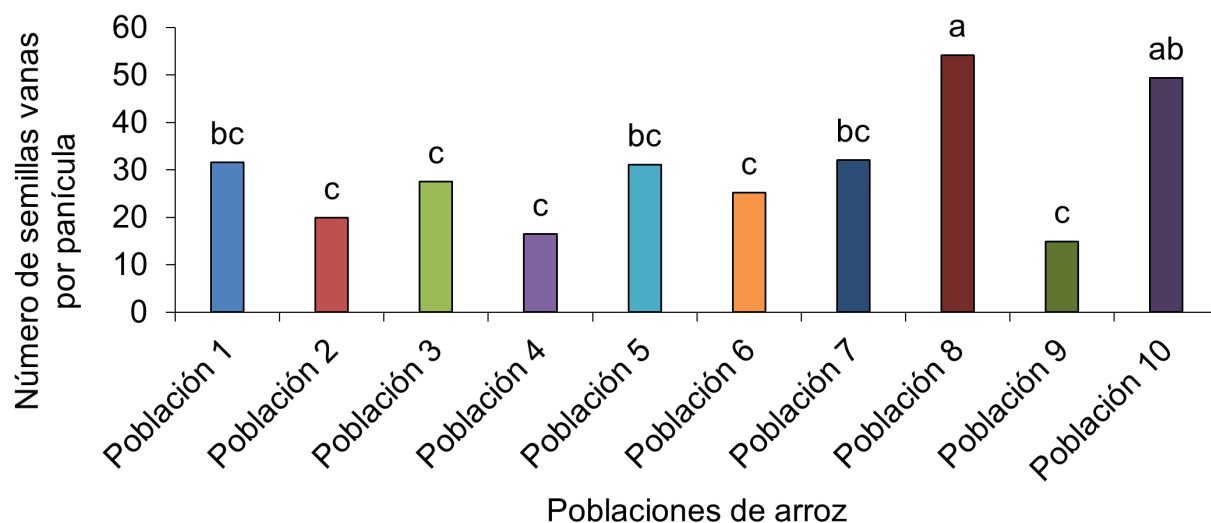


Figura 9. Comparación de medias con base al número de semillas vanas por panícula de poblaciones F4 de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.7. Número de semillas totales

El estudio presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el número de semillas totales por panícula. En la Figura 10, se observa que la población 10 (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentó el mayor número de semillas totales por panícula con 165 semillas. Mientras que la población cuatro con 61 semillas, dos con 99, tres con 101 y uno con 108 semillas presentaron el menor número de semillas totales por panícula (Figura 10).

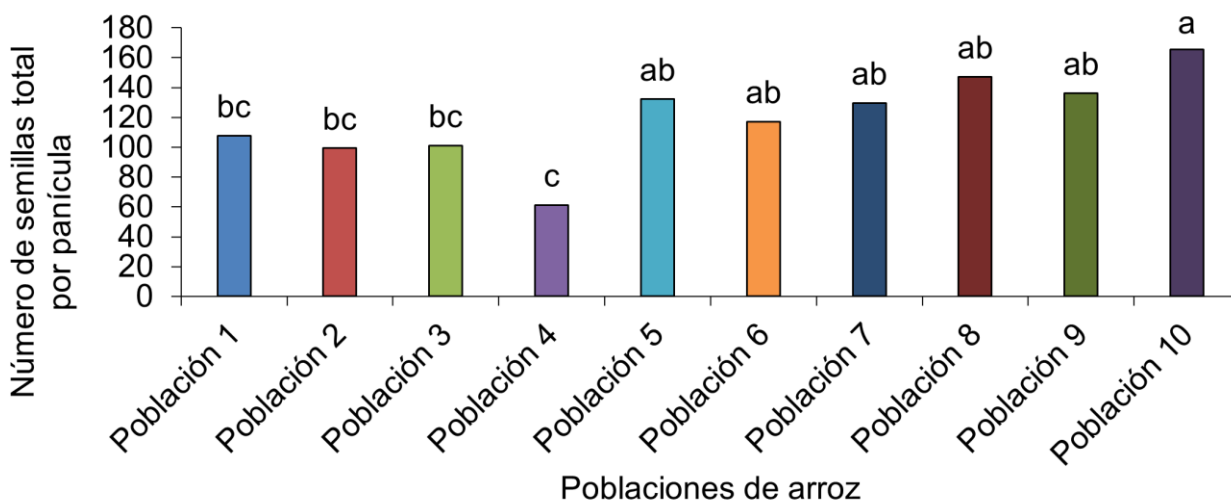


Figura 10. Comparación de medias con base al número de semillas totales por panícula de poblaciones F4 de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.8. Porcentaje de esterilidad

El análisis de comparación de medias indica que existencia diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las poblaciones F₄ para el porcentaje de esterilidad por panícula (Figura 11). La población que sobresalió con menor porcentaje de esterilidad fue el número nueve con 11 % (Figura 12). Mientras que la población ocho, diez, uno, tres y siete presentaron el mayor porcentaje de esterilidad con 37, 31, 29, 28 y 25 %, respectivamente.

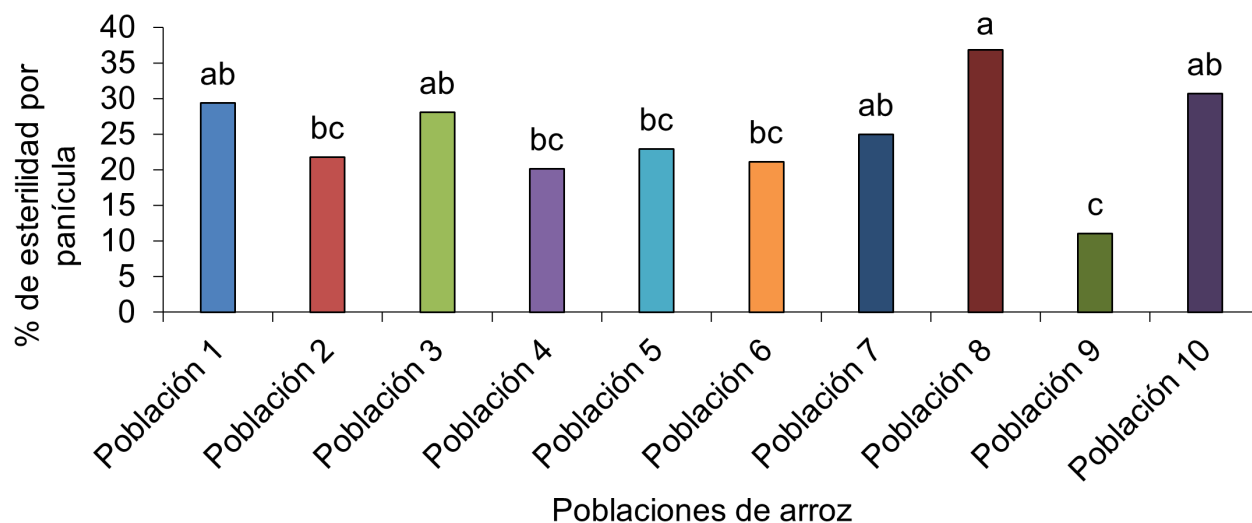


Figura 11. Comparación de medias con base al % de esterilidad por panícula de poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).



Figura 12. Panorámica de semillas estériles por panícula de poblaciones F₄ 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. Peso de semilla por panícula

Las poblaciones F₄ presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para el peso de semillas por panícula. En la Figura 13, se observa que la población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 3055 mg y nueve con 2999 mg presentaron el mayor peso de semillas por panícula. Asimismo, la población número cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentó el menor peso de semilla por panícula con 1810 mg.

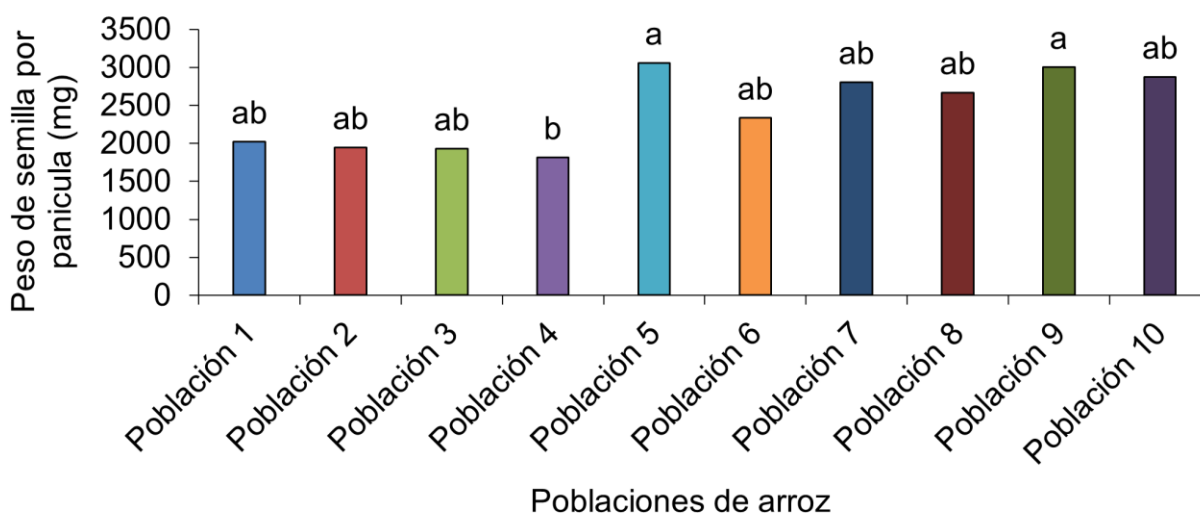


Figura 13. Comparación de medias con base al % de esterilidad por panícula de poblaciones F₄ de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

6.1.10. Número de semillas con manchado de grano

El análisis de comparación de medias indica que existen diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre poblaciones F₄ para el número de semillas manchadas por panícula (Figura 14). La población número nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) sobresalió con menor número de semillas manchadas por panícula con 19 semillas, seguido por la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 34 semillas. Mientras que la población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 96 semillas y siete (Temporalero A-95/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 75 semillas presentaron el mayor número de semillas manchadas por panícula.

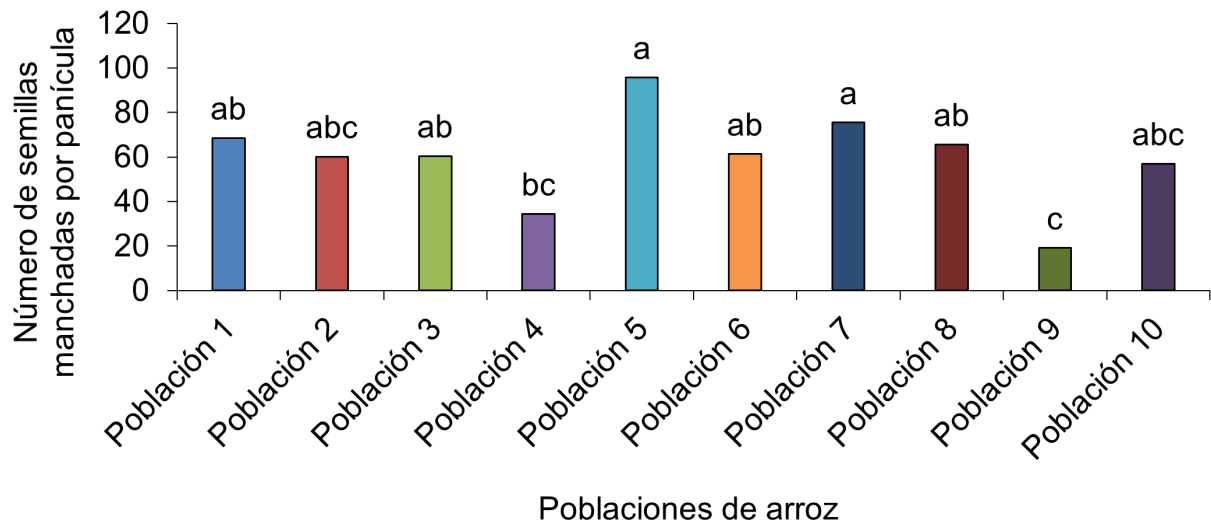


Figura 14. Comparación de medias con base al número de semillas manchadas por panícula de poblaciones F4 de arroz en condiciones de temporal. Ciclo primavera-verano 2025. Valores medios con letra distinta son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).



Figura 15. Panorámica de semillas manchadas por panícula de poblaciones F4 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 Altura de planta

Las poblaciones cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P), seis (IR70182-24PM1-2-4-11/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentaron una variación superior en altura de planta del 23 % sobre las poblaciones menos favorecidas en crecimiento de altura como la población uno y dos. Estudios posteriores indican que la precipitación es un factor crítico para la altura de la planta de arroz, ya que regula el estrés hídrico. Una cantidad adecuada de agua promueve un crecimiento óptimo y mayor altura, mientras que la falta de agua (sequía) reduce drásticamente el desarrollo, disminuye el crecimiento aéreo y el macollaje. El exceso de lluvia puede causar anegamiento y afectar la calidad (Ruiz-Sánchez, *et al.*, 2027).

6.2.2 Longitud de panícula

Las condiciones particulares del sitio de evaluación de las poblaciones F₄, tales como la temperatura, suelo y precipitación permitieron que la población ocho (Pacífico FL-15 - 1/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) superara en un 37 % a la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y en un 26 % a la población dos (PCTMADR-416-3L-1-1-2SR-2P/WAB45024-2-3P-33HB) con respecto a la longitud de panícula. Otros trabajos en poblaciones F₃ de arroz indican que la longitud oscilo entre 19 a 27 cm (Puji *et al.*, 2025), que son similares a los observados en el presente estudio, cullos valores de las poblaciones F₄ variaron entre 17 a 27 cm.

6.2.3. Longitud de hoja bandera

Estudios posteriores (Diaz *et al.*, 2025) observaron que la longitud de la hoja bandera presentó una media de 30.6 cm. Asimismo, encontraron que los genotipos Caracol, Puya y Bluebonnet fueron los que tuvieron las hojas más largas y Agustín 1 presentó las hojas más pequeñas, con una diferencia de 18.7 cm respecto a Puya. Estos resultados se asimilan a los encontrados en el presente estudio al observarse que algunas de las poblaciones presentaron una longitud de hoja bandera entre 20 a 30 cm y una diferencia del 33 % entre las poblaciones que obtuvieron la mayor y menor longitud de hoja bandera.

6.2.4. Número de semillas vanas, completas y totales por panícula

El estudio muestra que entre poblaciones F₄ se presentó una diferencia de 39 semillas entre la población con menor y mayor número de semillas vanas por panícula, que representa una diferencia del 72 %. Esto implicó que la población nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentara una superioridad del 42 % en el número de semillas completas en relación a la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P). Asimismo, la población diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) fue distinta a la población cuatro con una superioridad del 63 % y una diferencia del 38 % sobre las poblaciones uno, dos y tres. Otros trabajos en arroz indican que el número de semillas (o espiguillas) por panícula en el cultivo de arroz es un componente clave del rendimiento que varía significativamente según la variedad, las condiciones ambientales y el manejo agronómico (Gusmiatun, *et al.*, 2018). En promedio, una panícula puede albergar entre 45 y más de 250 semillas (Lu, *et al.*, 2023).

6.2.5. Porcentaje de esterilidad

Las altas temperaturas que se presentaron durante la etapa de floración y llenado de semillas influyeron en la variación del porcentaje de esterilidad de las poblaciones de arroz. Al grado que se observó una variación del porcentaje de esterilidad que fue del 11 al 20 % en poblaciones con menor porcentaje de esterilidad y del 25 al 37 % en poblaciones con mayor porcentaje de esterilidad. La esterilidad de semillas en arroz, o vaneamiento, es la falta de formación de grano lleno, causada por factores genéticos (híbridos), estrés abiótico (altas temperaturas, salinidad) o enfermedades. El vaneamiento no solo reduce el peso del grano, sino que también afecta la calidad física de la semilla, disminuyendo el porcentaje de germinación (Souza, *et al.*, 2016).

6.2.6. Peso de semilla por panícula

El peso de semilla por panícula fue variable, desde 1.8 a 3.0 gramos. Sin embargo, algunas poblaciones mostraron mayor peso de grano por panícula, tales como la población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) fue superior en un 41 % con respecto a la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P). Estos resultados se asimilaron a los obtenidos por Ortiz *et al.* (2008) al observar que el peso de las semillas de arroz

por panícula varía ampliamente según la variedad y las condiciones de cultivo, oscilando comúnmente entre **1.5 y 3.5 gramos**. Una panícula madura típica contiene entre 50 y más de 120 granos, con un peso promedio por grano de unos 20 – 30 mg (0.02 – 0.03 g) (Ortiz, *et al.*, 2008).

6.2.7. Número de semillas manchadas por panícula

Las poblaciones F₄ mostraron una variación en el manchado de grano desde 19 a 34 semillas en poblaciones con bajo porcentaje de manchado de grano, tales como: FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P y WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P. Y desde 75 a 96 semillas en poblaciones con alto porcentaje de manchado de grano, tales como: Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P y Temporalero A-95/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P). Sandoval *et al.* (2022) indica que el manchado de semillas en arroz es una enfermedad compleja provocada por hongos (*Alternaria*, *Fusarium*, *Bipolaris*), bacterias e insectos, que causa manchas marrones/negras en el grano. Reduce la calidad, el peso y la germinación, siendo severa en zonas tropicales (Sandoval, *et al.*, 2022). Estudios posteriores indican que el porcentaje de manchado de los granos estuvo relacionado con el porcentaje de vaneos y el peso de los granos, tanto sanos como manchados (Cárdenas, *et al.*, 2004).

6.2.8. Correlación de variables

Todas las variables se correlacionaron entre sí de manera positiva y significativa, con excepción de altura de planta (ALP), longitud de hoja bandera (LH), número de semillas totales (NST) y peso de semilla por panícula (PSP), que no se asoció con porcentaje de esterilidad (PE). Asimismo, no se asoció el número de semillas completas (NSC) con el número de semillas vanas (NSV) y número de semillas manchadas por panícula (NSM). De igual forma no se asociaron el peso de semilla por panícula (PSP) y NSV-NSM (Cuadro 4). La correlación de las características de la panícula en el arroz (*Oryza sativa* L.) es fundamental para el mejoramiento genético, ya que determina componentes clave del rendimiento como el número de granos, el peso y la arquitectura general de la inflorescencia (Gou, *et al.*, 2023).

Las mayores correlaciones fueron entre NSC con PSP (0.92**) y NST (0.83**), NST-PSP (0.83**) y LP-NST (0.82**); seguido por ALP-NST (0.67**), LP-PSP (0.67**), ALP-LH (0.66**), ALP-PSP (0.65**), LP-NSV (0.64**), ALP-NSC (0.62**), LH-PSP (0.62**), LP-NSC (0.58**), ALP-LP (0.56**), LH con NSC (0.52**), NST (0.49**) y LP (0.45**), ALP-NSV (0.43**) y NSV-NSM (0.42**). Es decir, a mayor número de semilla completas (NSC) y totales por panícula

(NST); menor PE y NSV, contribuyó positivamente en la obtención de mayor peso de semillas por panícula y a su vez las poblaciones con esta correlación de variables estarían con la posibilidad de obtener mayor rendimiento por hectárea, tales como la población nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P). En otros estudios se han observado correlaciones positivas entre la longitud de panícula, porcentaje de esterilidad y peso de semilla por panícula (Amela, *et al.*, 2008).

Cuadro 4. Coeficiente de correlación de Pearson de características agronómicas de materiales de arroz. Ciclo primavera-verano 2025. Campeche.

	ALP	LP	LH	NSC	NSV	NST	PE	PSP
LP	0.56**							
LH	0.66**	0.45**						
NSC	0.62**	0.58**	0.52**					
NSV	0.43*	0.64**	0.31*	0.22 ^{ns}				
NST	0.67**	0.82**	0.49**	0.83**	0.64**			
PE	0.03 ^{ns}	0.32*	0.01 ^{ns}	0.31*	0.82**	0.15 ^{ns}		
PSP	0.65**	0.67**	0.62**	0.92**	0.27 ^{ns}	0.83**	0.24 ^{ns}	
NSM	0.28*	0.34*	0.34*	0.11 ^{ns}	0.42**	0.30*	0.37*	0.24 ^{ns}

ALP=Altura de planta; LH=Longitud de hoja; LP=Longitud de panícula; NSC=Número de semillas completas por panícula; NSV=Número de semillas vanas por panícula; NST=Número total de semillas por panícula; PE=Porcentaje de esterilidad por panícula; PTP=Peso de semillas por panícula; NSM=número de semillas manchadas por panícula; *= $P \leq 0.05$; **= $P \leq 0.01$; ^{ns}= no significativo.

VII. CONCLUSIONES

- ❖ Las poblaciones que sobresalieron con mayor altura de planta fueron la cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P), seis (IR70182-24PM1-2-4-11/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con un promedio de 119 cm.
- ❖ La población ocho (Pacífico FL-15 -1/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P), cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) y diez (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) sobresalieron con mayor longitud de panícula con medidas desde 25 a 27 cm.
- ❖ La población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentó mayor longitud de hoja bandera con 30.1 cm.
- ❖ Las poblaciones que sobresalieron con menor número de semillas vanas por panícula fueron: la población nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 15 semillas y la población cuatro (WAB45024-2-3P-33HB/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 16 semillas.
- ❖ La población 10 (PCTMADR-707-2-1-2-5SR-1P/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) presentó el mayor número de semillas totales por panícula con 165 semillas.
- ❖ La población nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) sobresalió con menor porcentaje de esterilidad (11 %), mayor número de semillas completas (121 semillas) y menor número de semillas manchadas (19 semillas) por panícula.
- ❖ La población cinco (Orona A-17-3/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 3055 mg y nueve (FL010164-7P-3-3P-1P-M/FL02768-2P-6-4P-1P-M-1P) con 2999 mg presentaron el mayor peso de semillas por panícula.
- ❖ Las mayores correlaciones fueron entre número de semillas completas con el peso de semillas por panícula y número de semillas totales, y esta a su vez con el peso de semilla por panícula y longitud de panícula.

VIII. RECOMENDACIONES

- Incentivar y crear mecanismos para que se fomente mayor el interés por el estudiante y docentes sobre estudios de investigación en el cultivo de arroz en el estado de Campeche.
- Motivar al estudiante para que realice estancia de investigación en instituciones federales, publicas y/o universidades que realizan estudios sobre el cultivo de arroz.
- Motivar al estudiante principalmente en la capacidad de investigar, de elegir y seleccionar sus propias expectativas de investigación.

IX. BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Amela, F.A., Vallejo, C. F. A., Martínez, C. P., Borreo, J. C. 2008. Parámetros genéticos de la longitud de panícula en arroz. Acta Agronómica, 57 (4): 233-239.
- 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 decit 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.
- Cárdenas, T. R. M., Cristo, V. E., Pérez, L. N., González, V. M., Rivero, G. D. y Cruz, T. A. 2004. Comportamiento del manchado del grano en variedades de arroz (*oryza sativa* lin.) de ciclo medio. Fitosanidad, 8 (4): 39-44.
- 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).
- 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
- Díaz, S. H.; Morejón, R. y Pérez, N. J. 2017. Comportamiento y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa*L.) obtenido por el programa de mejoramiento en los palacios. Cultivos Tropicales.38(1):81-88.

- Díaz, S. S. H., Morejón, R. R., Lucinda, D. D. y Castro, Á.R. 2015. Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del río. *Cultivos tropicales*, 36 (2): 131-141.
- Díaz Solís, S. H., Morejón Rivera, R., Lucinda David, D., & Castro Álvarez, R. (2015). Evaluación morfoagronómica de cultivares tradicionales de arroz (*Oryza sativa* L.) colectados en fincas de productores de la provincia Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 131-141.
- Dorairaj, D., & Govender, N. T. (2023). *Rice and paddy industry in Malaysia: Governance and policies*, research trends, technology adoption and resilience. *Frontier in Sustainable Food Systems*, 7, 1093605. <https://doi.org/10.3389/fsufs-2023.1093605>
- E3S Web of Conferences, 232:03020.
- Gómez López, A. R. (2021). *Diseño de agroecosistemas, macrofauna presente y salud del suelo en dos agroecosistemas con cacao (Theobroma cacao L.) Los Chiles, San Carlos, Río San Juan, Nicaragua, 2017-2018*.
- Guo, T., Lu, ZQ., Xiong, Y. Xiang, S. J., Wei, Y. W., Qian, D. N., Kan, Y., Bing, Y. Y., Yu, Z. H., Xiao, Y. H., Qin, G. S., Jie, L. J., Liao, B., Chai, J., Xuan, L. H. 2023. Optimization of rice panicle architecture by specifically suppressing ligand–receptor pairs. *Nat Commun* 14: 1640.
- Gusmiatun, Minwal, Nurbaiti A. 2018. F1 hybrid rice growth differences in growing conditions. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4): 6924-6927
- Jiménez, O., Silva, R., & Cruz, J. (2009). Efecto de densidades de siembra sobre el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) en el municipio Santa Rosalía Estado Portuguesa, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, 27, 32-41. los palacios. *Cultivos Tropicales*.38(1):81-88.
- Lu, Y., Wang, J., Fu, L., Yu, L. and Liu, Q. 2023. High-throughput and separating-free phenotyping method for on-panicle rice grains based on deep learning. *Frontiers in Plant*

Science, 18 (14): 1219584 model to monitor rice planting and harvesting time using remote sensing approach.

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

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

Ortiz, D. A., Miranda, R., Figueroa, R. y Ramis, C. 2008. Caracterización morfológica de la semilla y productividad en una población F2 obtenida del cruce natural entre un cultivar arroz y un arroz rojo (parte II). Agronomía Tropical, 58 (3): 309-319.

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.

Puji, L. A., Suwarno, Trikoesoemaningtyas, Didy, S., Hajrial, A. 2025. Panicle Length and Weight Performance of F3 Population from Local and Introduction Hybridization of Rice Varieties. Hayati Journal of Biosciences, 22 (2): 87-92.

Ramos Gamiño, F. (2013). *Maíz, trigo y arroz: Los cereales que alimentan al mundo* (Número 5). Universidad Autónoma de Nuevo León.

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.

Sandoval, M. M.I., Osnaya, G. M., Soto, R. L. y Nava, D. C. 2022. Hongos asociados al manchado del grano del arroz: una revisión. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 45 (4): 509 – 517.

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-eld soil moisture variability. *Journal of Crop Improvement* 31: 72-90.
- Souza, L. E., Oliveira, S., Ciciliano, T. L., Oliveira, M. A. O., Dias, L. I., Eduardo, M. G., Souza, A. B. A. C. 2016. Productivity and physiological quality of irrigated rice seeds under salt stress and carbonized rice husk ashes fertilization, *Agrociencia* 50: 307-321.
- Tavitas, F. (2016). Los recursos genéticos y su utilización. *El Arroz en México. Libro Técnico*, (14), 28-57. *Tecnología Agropecuaria*, 6(1), 28-34
- Tello, A. F., & Corral, M. A. H. (2023). Competitividad internacional del arroz mexicano: Un análisis con base en datos de comercio exterior. *RECAI Revista de Estudios en Contaduría, Administración e Informática*, 12(35), 18-31.
- 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.
- Waldini, H., Ash Shidiq, I., Rokhmatuloh, R., y Supriatna, S. (2021). Rice crop phenology model to monitor rice planting and harvesting time using sensing approach. *E3S Web of Conferences*, 232:03020.
- 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>
- Xu, J., Lv, Y., Liu, X., Dalson, T., Yang, S., & Wu, J. (2016). Diagnosing crop water stress of rice using infra-red thermal imager under water deficit condition. *Int. J. Agric. Biol*, 18(3), 565-572.
- 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/s11099-014-0020-2> 4.