



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO (A) AGRÓNOMO (A)

**Evaluación de la densidad de siembra en el rendimiento de la línea CLO–2450
de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay –
Lambayeque, 2024**

AUTORES:

**Mendoza Zúñiga, Erick Alonso
Bravo Idrogo, Mayra Lisette**

ASESOR:

MSc. Padilla Pérez, Adolfo

Lambayeque, 07 de noviembre de 2025

TESIS

**Evaluación de la densidad de siembra en el rendimiento de la línea CLO-2450
de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay –
Lambayeque, 2024**

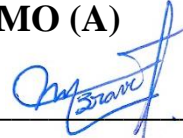
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO (A) AGRÓNOMO (A)



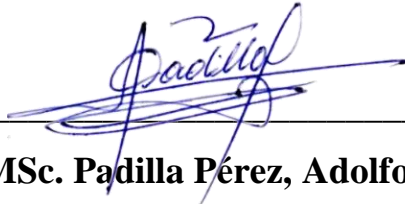
Mendoza Zúñiga, Erick Alonso

Autor



Bravo Idrogo, Mayra Lisette

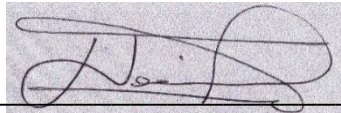
Autora



MSc. Padilla Pérez, Adolfo

Asesor

APROBADO POR:



Dr. Neciosup Gallardo, José Avercio

Presidente



Dr. Vega Figueroa, Edgar Elí

Secretario



MSc. Fernández Aurazo, Oscar

Vocal



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°034-2025-D-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los siete días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las once de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía los Miembros del Jurado evaluador de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE LA LINEA CLO-2450 DE MAIZ AMARILLO DURO (Zea mays L.) EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE", con Resolución N°048-2024-D-FAG, de fecha 06 de marzo del 2024, se nombra jurado y con la Resolución N°114-2024-D-FAG de fecha 07 de mayo del 2024, se autoriza la aprobación del Proyecto de tesis; con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

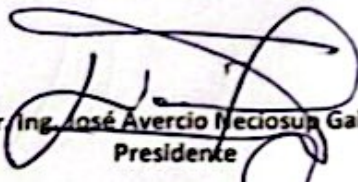
Dr. Ing. José Avercio Neciosup Gallardo	Presidente
Dr. Ing. Edgar Elí Vega Figueroa	Secretario
M.Sc. Ing. Oscar Fernández Aurazo	Vocal
M.Sc. Ing. Adolfo Padilla Pérez	Patrocinador

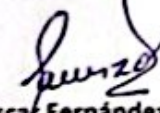
El acto de Reprogramación de Sustentación fue autorizado por RESOLUCIÓN N°0269-2025-D-FAG, de fecha 27 de octubre del 2025.

La tesis fue presentada y sustentada por el/la Bachiller **MENDOZA ZUÑIGA ERICK ALONSO** tuvo una duración de 50 minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de 17 en la escala vigesimal, con mención BUENO.


Por lo que queda **APTO (A)** para obtener el Título Profesional de Ingeniero (a) Agrónomo (a) de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y el Art. 46° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:40 pm se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.


 Dr. Ing. José Avercio Neciosup Gallardo
 Presidente


 M.Sc. Ing. Oscar Fernández Aurazo
 Vocal


 Dr. Ing. Edgar Elí Vega Figueroa
 Secretario


 M.Sc. Ing. Adolfo Padilla Pérez
 Patrocinador

Observación:



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°033-2025-D-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los siete días del mes de noviembre del año dos mil veinticinco, siendo las once de la mañana, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía los Miembros del Jurado evaluador de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE LA LINEA CLO-2450 DE MAIZ AMARILLO DURO (Zea mays L.) EN LA PARTE MEDIA DEL VALLE CHANCAY-LAMBAYEQUE", con Resolución N°048-2024-D-FAG, de fecha 06 de marzo del 2024, se nombra jurado y con la Resolución N°114-2024-D-FAG de fecha 07 de mayo del 2024, se autoriza la aprobación del Proyecto de tesis; con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Ing. José Avercio Neciosup Gallardo	Presidente
Dr. Ing. Edgar Elí Vega Figueroa	Secretario
M.Sc. Ing. Oscar Fernández Aurazo	Vocal
M.Sc. Ing. Adolfo Padilla Pérez	Patrocinador

El acto de Reprogramación de Sustentación fue autorizado por RESOLUCIÓN N°0269-2025-D-FAG, de fecha 27 de octubre del 2025.

La tesis fue presentada y sustentada por la Bachiller BRAVO IDROGO MAYRA LISETTE tuvo una duración de 50 minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de 17 en la escala vigesimal, con mención BUENO

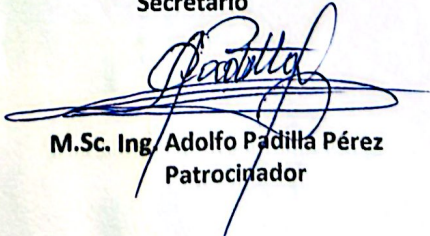
Por lo que queda APTO (A) para obtener el Título Profesional de Ingeniero (a) Agrónomo (a) de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y el Art. 46° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:40 pm, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.


 Dr. Ing. José Avercio Neciosup Gallardo
 Presidente


 Dr. Ing. Edgar Elí Vega Figueroa
 Secretario


 M.Sc. Ing. Oscar Fernández Aurazo
 Vocal


 M.Sc. Ing. Adolfo Padilla Pérez
 Patrocinador

Observación:

.....

.....

.....

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Adolfo Padilla Pérez, en mi calidad de asesor de la tesis titulada: **Evaluación de la densidad de siembra en el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay – Lambayeque, 2024**, elaborada por los Bachilleres Mendoza Zúñiga, Erick Alonso y Bravo Idrogo, Mayra Lisette, certifico que, tras una revisión exhaustiva del documento, se verificó un índice de similitud del 19%, según el reporte generado por el programa Turnitin.

Luego de analizar detenidamente dicho reporte, concluyo que las coincidencias identificadas no constituyen plagio. Asimismo, afirmo que la tesis cumple con las normas vigentes de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo respecto al uso adecuado de citas y referencias

Lambayeque, mayo de 2026



M. Sc. ADOLFO PADILLA PÉREZ

DNI N° 16725584

PATROCINADOR

Evaluación de la densidad de siembra en el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay – Lambayeque, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%


FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	4%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	biblioteca.inia.cl Fuente de Internet	1%
7	kipdf.com Fuente de Internet	1%
8	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%

9

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

10

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

11

repositorio.unab.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

12

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

13

repositorio.unprg.edu.pe:8080

Fuente de Internet

<1 %

14

www.lareferencia.info

Fuente de Internet

<1 %

15

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

16

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

repositorio.unapiquitos.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

18

dspace.esPOCH.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

19

dspace.ups.edu.ec


Fuente de Internet

<1 %

repositorio.ucv.edu.pe

20

Fuente de Internet


Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

<1 %

21

revistasespam.espam.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

22

produccioncientificaluz.org

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.unas.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

Submitted to Universidad Nacional de
Cajamarca

Trabajo del estudiante

<1 %

25

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

26

revistas.unellez.edu.ve

Fuente de Internet

<1 %

27

www.sidalc.net

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to unasam

Trabajo del estudiante

<1 %

29

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

Submitted to College of Education for Pure
Sciences/IBN Al-Haitham/ Baghdad University

Trabajo del estudiante

<1 %

31	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
32	1library.co Fuente de Internet	<1 %
33	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
36	accesoabierto.uh.cu Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Politécnica Estatal de Carchi Trabajo del estudiante	<1 %
38	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
40	vistaflorida.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %


Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez
Asesor



Recibo digital


Ing. M. Sc. Adolfo Padilla Pérez
Asesor

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Mendoza Zúñiga, Erick Alonso Y Bravo Idrogo, Mayra Lisette
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Evaluación de la densidad de siembra en el rendimiento de la l...
Nombre del archivo: Informe_tesis_Alonso_y_Mayra_parafraseado_ok.docx
Tamaño del archivo: 18.16M
Total páginas: 123
Total de palabras: 20,022
Total de caracteres: 105,758
Fecha de entrega: 18-oct-2025 09:24a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2784888509

	UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE AGRONOMÍA ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA	
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:		
INGENIERO AGRÓNOMO		
Evaluación de la densidad de siembra en el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.) en la parte media del valle Chancay – Lambayeque, 2024		
AUTORES:	Mendoza Zúñiga, Erick Alonso Bravo Idrogo, Mayra Lisette	
ASESOR:	M. Sc. Padilla Pérez, Adolfo	
Lambayeque, 2025		
1		

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme sabiduría y fortaleza para seguir adelante, y a mis padres, por su amor, dedicación y constante apoyo en cada etapa de mi vida.

A mi hijo, por ser el impulso en este último tramo y a mi familia por estar a mi lado apoyándome en cada paso de mi vida profesional.

Bravo Idrogo, Mayra Lisette

En primer lugar, a Dios, que siempre me dirige por el sendero correcto. A mi padre, por enseñarme el amor a esta hermosa profesión, y a mi madre, por ser el pilar fundamental que me sostuvo y brindó fortaleza en los momentos más difíciles de mi formación profesional.

Mendoza Zúñiga, Erick Alonso

AGRADECIMIENTO

A Dios por su misericordia, sabiduría y fortaleza que nos permite cumplir con nuestros objetivos profesionales.

A nuestros padres, por su amor inagotable y respaldo incondicional, que han sido la fuerza que nos motivó a superar cada desafío

A nuestra alma máter, por la sólida formación profesional brindada a lo largo de nuestra trayectoria universitaria. Expresamos un especial reconocimiento al M. Sc Adolfo Padilla Pérez, por su permanente asesoría, orientación y acompañamiento durante la ejecución de este trabajo de investigación; así como al Ing. Gilberto García, por compartir generosamente sus conocimientos y experiencias. Sus valiosas contribuciones hicieron posible el desarrollo exitoso y satisfactorio de la presente investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. DISEÑO TEÓRICO.....	15
2.1. ANTECEDENTES.....	15
2.2. BASE TEÓRICA.....	18
2.2.1. Características de la planta de maíz	18
2.2.2. Órganos vegetativos.....	18
Sistema radicular.....	18
El tallo.....	19
Hojas de la planta de maíz	19
2.2.3. Órganos reproductivos	19
La panoja.....	19
La mazorca.....	20
El grano de maíz	20
2.2.4. Etapas de crecimiento y desarrollo del maíz.....	20
2.2.5. Estados vegetativos del maíz	21
2.2.6. Estados reproductivo del maíz	23
2.2.7. Factores ambientales.....	24
Temperatura	24
Agua.....	25
Radiación solar.....	26
Fotoperíodo	26
2.2.8. Suelos.....	27
Características físicas.....	27
pH.....	27
Salinidad	28
2.2.9. Densidad de siembra.....	28
2.2.10. Obtención de líneas.....	29
2.2.10.1. Métodos convencionales:	29
A. Selección masal.....	29
B. Selección genealógica o Pedigrí	29
C. Doble haploides (DH)	30
2.2.10.2. Métodos biotecnológicos.....	30
A. Marcadores moleculares	30
B. Transformación genética.....	30
2.3. CONCEPTOS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIANLES	31
III. MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EXPERIMENTAL	33
3.1.1. Ubicación	33

3.1.2.	Características climatológicas.....	33
	Temperatura	33
	Humedad relativa.....	34
	Precipitación	34
3.1.3.	Características edáficas.....	35
3.2.	DISPOSICIÓN EXPERIMENTAL	36
3.2.1.	Diseño del experimento	36
3.2.2.	Tratamientos en estudio	36
3.2.3.	Croquis del área en estudio.....	37
3.2.4.	Descripción del área experimental.....	37
3.3.	MATERIALES Y EQUIPOS DE INVESTIGACIÓN	38
3.4.	CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.4.1.	Preparación de terreno.	38
3.4.2.	Semilla.	38
3.4.3.	Siembra.	38
3.4.4.	Riegos.	39
3.4.5.	Deshierbo.....	39
3.4.6.	Fertilización.	39
3.4.7.	Control fitosanitario.....	39
3.4.8.	Cosecha.	40
3.5.	PARÁMETROS REGISTRADOS.....	40
3.5.1.	Rendimiento.....	40
3.5.2.	Días a la floración masculina.....	41
3.5.3.	Días a la floración femenina.	41
3.5.4.	Altura de planta.....	41
3.5.5.	Altura de mazorca.	41
3.5.6.	Porcentaje de humedad a la cosecha.....	42
3.5.7.	Longitud de mazorca.....	42
3.5.8.	Diámetro de mazorca.	42
3.5.9.	Número de hileras por mazorca.	42
3.5.10.	Número de granos por hilera.....	42
3.5.11.	Espesor de grano.	42
3.5.12.	Ancho de grano.	43
3.5.13.	Longitud de grano.	43
3.5.14.	Peso de 100 granos.....	43
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.7.	COEFICIENTE DE VARIABILIDAD	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	47
4.1.	ANÁLISIS DE VARIANZA (ANAVA) DE LAS CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	47
4.1.1.	Rendimiento de grano (kg/ha)	47
4.1.2.	Días a la floración masculina.....	50
4.1.3.	Días a la floración femenina	52

4.1.4.	Altura de planta (m)	54
4.1.5.	Altura de mazorca (m)	56
4.1.6.	Humedad de cosecha (%).....	59
4.1.7.	Número de hileras por mazorca	61
4.1.8.	Número de granos por hilera.....	64
4.1.9.	Longitud de mazorca (cm)	66
4.1.10.	Diámetro de mazorca (cm).....	69
4.1.11.	Espesor del grano	71
4.1.12.	Ancho de grano (mm)	74
4.1.13.	Longitud de grano (mm)	76
4.1.14.	Peso de 100 semillas (g)	79
V.	CONCLUSIONES.....	82
VI.	RECOMENDACIONES.....	83
	REFERENCIAS.....	84
	ANEXOS	91

INDICE DE TABLAS

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	32
TABLA 2. REGISTRO METEOROLÓGICO DE LA ESTACIÓN VISTA FLORIDA. AÑO 2024	34
TABLA 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL SUELO. EEA. VISTA FLORIDA – PCSI, 2023. 35	
TABLA 4 TRATAMIENTOS Y DENSIDADES DE SIEMBRA	36
TABLA 5 FORMA GENERAL DEL ANÁLISIS DE VARIANZA	44
TABLA 6 PRECISIÓN DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	45
TABLA 7 ÍNDICE DE VARIABILIDAD DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN	46
TABLA 8 ANAVA PARA RENDIMIENTO DE GRANO	47
TABLA 9 RENDIMIENTO DE GRANO (KG/HA).....	49
TABLA 10 ANAVA PARA DÍAS A LA FLORACIÓN MASCULINA	50
TABLA 11 DÍAS A LA FLORACIÓN MASCULINA	51
TABLA 12 ANAVA PARA DÍAS A LA FLORACIÓN FEMENINA.....	52
TABLA 13 DÍAS A LA FLORACIÓN FEMENINA.....	53
TABLA 14 ANAVA PARA ALTURA DE PLANTA	54
TABLA 15 ALTURA DE PLANTA (M).....	55
TABLA 16 ANAVA PARA ALTURA DE MAZORCA.....	56
TABLA 17 ALTURA DE MAZORCA (M).....	58
TABLA 18 ANAVA PARA HUMEDAD DE COSECHA.....	59
TABLA 19 HUMEDAD DE COSECHA (%)......	60
TABLA 20 ANAVA PARA NÚMERO DE HILERAS POR MAZORCA.....	61
TABLA 21 NÚMERO DE HILERAS POR MAZORCA.....	63
TABLA 22 ANAVA PARA NÚMERO DE GRANOS POR HILERA.....	64
TABLA 23 NÚMERO DE GRANOS POR HILERA	65
TABLA 24 ANAVA PARA LONGITUD DE MAZORCA	66
TABLA 25 LONGITUD DE MAZORCA (CM).....	68
TABLA 26 ANAVA PARA DIÁMETRO DE MAZORCA.....	69
TABLA 27 DIÁMETRO DE MAZORCA (CM).....	70
TABLA 28 ANAVA PARA ESPESOR DE GRANO.....	71
TABLA 29 ESPESOR DE GRANO (MM).....	73
TABLA 30 ANAVA PARA ANCHO DE GRANO	74
TABLA 31 ANCHO DE GRANO (MM).....	75
TABLA 32 ANAVA PARA LONGITUD DE GRANO	76
TABLA 33 LONGITUD DE GRANO (MM).....	78
TABLA 34 ANAVA PARA PESO DE 100 SEMILLAS.....	79
TABLA 35 PESO DE 100 SEMILLAS (G).....	80

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO A LAS DENSIDADES DE SIEMBRA	37
FIGURA 2 RENDIMIENTO DE GRANO (KG/HA).	49
FIGURA 3 DÍAS A LA FLORACIÓN MASCULINA	52
FIGURA 4 DÍAS A LA FLORACIÓN FEMENINA.....	54
FIGURA 5 ALTURA DE PLANTA (M).....	56
FIGURA 6 ALTURA DE MAZORCA (M)	58
FIGURA 7 HUMEDAD DE COSECHA (%).....	61
FIGURA 8 NÚMERO DE HILERAS POR MAZORCA.....	63
FIGURA 9 NÚMERO DE GRANOS POR HILERA	66
FIGURA 10 LONGITUD DE MAZORCA (CM).....	68
FIGURA 11 DIÁMETRO DE MAZORCA (CM)	71
FIGURA 12 ESPESOR DE GRANO (MM)	73
FIGURA 13 ANCHO DE GRANO (MM).....	76
FIGURA 14 LONGITUD DE GRANO (MM).....	78
FIGURA 15 PESO DE 100 SEMILLAS (G).....	81

RESUMEN

La investigación se desarrolló en la EEA. Vista Florida, ubicada en el kilómetro 8 de la carretera Chiclayo – Ferreñafe, distrito de Picsi, provincia de Chiclayo, región Lambayeque, con el objetivo de determinar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay - Lambayeque, durante la campaña agrícola 2024. Para ello, se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos, destacando la densidad S30G25 (113 333 plantas/ha) con el mayor rendimiento de 5 330,2 kg/ha, mientras que la densidad S35G22 (129 870 plantas/ha) obtuvo el rendimiento más bajo, con 3 237,8 kg/ha, obteniendo una diferencia de 2 092,4 kg/ha respecto al tratamiento de mayor productividad. Además, se determinó que los componentes agronómicos que incidieron en la productividad fueron el número de hileras por mazorca, el número de granos por hilera, la longitud y el diámetro de la mazorca, así como el peso de 100 semillas, con valores promedio de 13,02 hileras, 19,86 granos, 10,33 cm, 3,92 cm y 18,52 g, respectivamente. Asimismo, los resultados obtenidos permitieron identificar la densidad de siembra óptima para la línea CLO-2450 bajo las condiciones edafoclimáticas del valle Chancay – Lambayeque, favoreciendo un aprovechamiento más racional de los recursos disponibles y optimizando la producción de grano.

Palabras clave: densidad, siembra, línea CLO – 2450, rendimiento.

ABSTRACT

The research was carried out at the EEA. Vista Florida, located at kilometer 8 of the Chiclayo - Ferreñafe highway, Picsi district, Chiclayo province, Lambayeque region, with the aim of determining the effect of different planting densities on the yield of the CLO-2450 line of hard yellow corn (*Zea mays* L.) in the middle part of the Chancay - Lambayeque valley, during the 2024 agricultural campaign. For this, a Randomized Complete Block design was used with four repetitions and nine treatments, highlighting the S30G25 density (113,333 plants/ha) with the highest yield of 5,330.2 kg/ha, while the S35G22 density (129,870 plants/ha) obtained the lowest yield, with 3,237.8 kg/ha, obtaining a difference of 2,092.4 kg/ha compared to the highest productivity treatment. In addition, it was determined that the agronomic components that influenced productivity were the number of rows per ear, the number of grains per row, the length and diameter of the ear, as well as the weight of 100 seeds, with average values of 13.02 rows, 19.86 grains, 10.33 cm, 3.92 cm and 18.52 g, respectively. Likewise, the results obtained allowed to identify the optimal sowing density for the CLO-2450 line under the edaphoclimatic conditions of the Chancay - Lambayeque valley, favoring a more rational use of available resources and optimizing grain production.

Keywords; density, sowing, CLO - 2450 line, yield

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de gran relevancia mundial por su versatilidad y su papel fundamental en la alimentación, la ganadería y la industria; además de ser una fuente fundamental de ingresos para millones de agricultores (FAO, 2023). Este cereal ocupa el tercer puesto en la producción mundial, después del trigo y el arroz, y su demanda continúa en aumento debido a su importancia en la seguridad alimentaria y en la elaboración de diversos bioproductos (Zhang et al., 2022). En el Perú, constituye una de las principales materias primas de la industria avícola y pecuaria, cultivado predominantemente en los valles costeros bajo riego tecnificado (MIDAGRI, 2024).

La densidad de siembra constituye un factor agronómico clave que incide directamente en la productividad del maíz, al regular la competencia entre plantas por la luz, el agua y los nutrientes, además de definir su distribución espacial en el campo (Djalović et al., 2024). Una densidad inadecuada puede disminuir la eficiencia en el uso de los recursos, alterar la captación de radiación solar y modificar los componentes del rendimiento, como la cantidad de mazorcas por planta, el número de granos por mazorca y el peso individual del grano (Shao et al., 2024). Por ello, la elección de una densidad óptima depende de las características genéticas del cultivo, las condiciones del suelo y del clima, así como de las prácticas de manejo aplicadas (Zhang et al., 2022).

Las investigaciones han demostrado que los híbridos y líneas de maíz presentan respuestas diferenciales a la variación en la densidad de siembra, debido a diferencias en su arquitectura foliar, eficiencia fotosintética y capacidad de compensar la competencia intraespecífica (Djalović et al., 2024). En líneas mejoradas como la CLO-2450, se ha observado un comportamiento productivo sobresaliente bajo determinadas condiciones ambientales, sin embargo, aún se requiere determinar

su densidad óptima de siembra para zonas específicas, como los valles costeros del norte peruano (INIA, 2023). Este tipo de estudios permite definir estrategias de manejo diferenciadas y precisas para maximizar el rendimiento del cultivo.

El valle Chancay, ubicado en la región Lambayeque, constituye una de las zonas más representativas en la producción de maíz amarillo duro en la costa norte del Perú. La zona media del valle se caracteriza por suelos de textura franca a franco-arenosa, buena disponibilidad hídrica y alta radiación solar, aunque presenta ciertos problemas de salinidad y variabilidad en la fertilidad de los suelos (Arias, 2013). Estas condiciones agroecológicas hacen necesario evaluar prácticas agronómicas como la densidad de siembra, a fin de optimizar el rendimiento y mejorar la eficiencia del uso de los recursos disponibles (MIDAGRI, 2024).

En este marco, el estudio se orientó a determinar la influencia de diferentes densidades de siembra en el rendimiento y en los principales componentes productivos de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro, desarrollada en la zona media del valle Chancay – Lambayeque durante la campaña agrícola 2024. Se plantea como hipótesis que existe una densidad de siembra óptima que maximiza el rendimiento de grano y la eficiencia en el uso de los recursos sin comprometer la calidad del producto (INIA, 2023). La información generada servirá de base para recomendaciones técnicas adaptadas a las condiciones locales, fortaleciendo la sostenibilidad y competitividad del cultivo en la región.

Asimismo, el estudio aportará conocimiento científico y práctico sobre la respuesta de una línea específica de maíz frente a variaciones en la densidad de población, contribuyendo al desarrollo de tecnologías de producción más eficientes (Zhang et al., 2022; Shao et al., 2024). Los resultados permitirán orientar a agricultores, técnicos y programas de mejoramiento en la toma de decisiones, además de servir como referencia para investigaciones futuras relacionadas con la

interacción entre densidad, nutrición y manejo de riego en cultivos de maíz en la costa peruana (Djalović et al., 2024).

En este contexto, el presente estudio planteó como problema principal la siguiente interrogante: ¿Cómo influye la densidad de siembra en el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay - Lambayeque, durante la campaña agrícola 2024?. A partir de esta pregunta de investigación, se formularon objetivos siguientes:

Objetivo general

Determinar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la parte media del valle Chancay - Lambayeque, durante la campaña agrícola 2024.

Objetivos específicos

1. Evaluar las principales características agronómicas que determinan el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro en la parte media del valle Chancay - Lambayeque.
2. Establecer la densidad de siembra más adecuada que optimice el rendimiento de la línea CLO-2450 de maíz amarillo duro bajo las condiciones edafoclimáticas de la parte media del valle Chancay - Lambayeque, 2024.

II. DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Morales (2019) analizó el efecto de tres densidades de siembra sobre el rendimiento del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones del distrito de Pueblo Nuevo, Tingo María, Perú. El ensayo se implementó bajo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial $4A \times 3B$. Los resultados indicaron que el híbrido Atlas 105 alcanzó un rendimiento en grano de 9.92 t/ha, con una longitud promedio de mazorca de 18.83 cm, un peso de 100 semillas de 36.64 g y un ciclo más precoz con 62.92 días a floración masculina. De igual manera, el híbrido Dekalb 7508 obtuvo un rendimiento ligeramente superior de 10.28 t/ha, sobresaliendo entre los tratamientos evaluados por su alta productividad y buena adaptabilidad en campo.

Martínez et al. (2017) evaluaron en Brasil el efecto del espaciamiento y la densidad de siembra sobre el rendimiento de distintos híbridos de maíz amarillo duro (DKB 333C, DKB 466, AG 2060 y AL Bandeirantes). El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar con un arreglo factorial $2 \times 3 \times 4$ y cuatro repeticiones. Los resultados evidenciaron interacciones significativas entre la distancia entre hileras y la densidad de plantas, las cuales influyeron directamente en los componentes del rendimiento, como la longitud de mazorca, el diámetro de tusa y el diámetro de mazorca, demostrando que la densidad de siembra influye directamente tanto en el tamaño de la mazorca como en el rendimiento del cultivo.

Hernández (2013) analizó el efecto de la densidad de siembra en los rendimientos y la calidad de diferentes cultivos. En el caso del maíz, indicó que el incremento de la densidad de siembra permite obtener una mayor cantidad de granos, aunque con mazorcas de menor tamaño. Señaló que, si la finalidad es la producción de mazorcas frescas para consumo humano, conviene utilizar bajas densidades, ya que favorecen mazorcas más grandes e incluso con la posibilidad de

obtener dos por planta. No obstante, al aumentar la densidad de plantas, se incrementa la altura del tallo y la inserción de la mazorca, así como el número de plantas estériles, disminuyendo el tamaño de las mazorcas, el número de hileras y de granos, además del peso de los granos, lo que a su vez puede aumentar la susceptibilidad al encamado.

Facundo (2008) analizó el rendimiento de diversos genotipos de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes densidades de siembra, observando diferencias significativas entre los materiales genéticos evaluados. Los genotipos Master y Star presentaron los mayores rendimientos, con 9,008 y 8,630 kg/ha, respectivamente, superando a PM-701 y Marginal T-28. La densidad de 93,750 plantas/ha produjo el rendimiento promedio más alto (9,224 kg/ha), superior a las densidades de 75,000 y 62,500 plantas/ha. La interacción entre los genotipos Master y Star con la densidad de 93,750 plantas/ha alcanzó rendimientos máximos de 10,039 y 9,780 kg/ha, respectivamente. No obstante, las mayores longitudes y pesos de mazorca, así como el mayor número y peso de granos, se obtuvieron en densidades más bajas (62,500 plantas/ha), evidenciando un equilibrio entre cantidad y calidad del rendimiento.

Reto (2006) evaluó el efecto de tres densidades de siembra y tres fuentes de nitrógeno en el cultivo de maíz amarillo duro (variedad PM-103). Se observaron diferencias significativas entre las densidades, destacando la más alta (125,000 plantas/ha) por alcanzar el mayor rendimiento (7,058 kg/ha), superando a las de 93,750 y 75,000 plantas/ha. En relación con las fuentes nitrogenadas, el nitrato de amonio obtuvo el mejor desempeño (7,585 kg/ha), seguido por el sulfato de amonio y la urea. La combinación de 125,000 plantas/ha con nitrato de amonio registró el rendimiento máximo (8,731 kg/ha) y los valores más altos en longitud y peso de mazorca, número de granos y peso de grano. No obstante, las densidades más bajas favorecieron una mejor conformación de mazorcas, atribuida a la menor competencia entre plantas.

Villegas (2006) desarrolló un experimento en el valle del Medio Piura con el objetivo de evaluar diversos híbridos de maíz amarillo duro cultivados bajo distintas densidades de siembra. Los híbridos Master y Star alcanzaron los rendimientos más altos (6,533 y 6,016 kg/ha), mostrando diferencias estadísticas significativas respecto al híbrido PM-701. La densidad de 125,000 plantas/ha registró el mayor rendimiento (7,489 kg/ha), superando a las densidades de 93,750; 75,000 y 62,500 plantas/ha. La interacción entre los híbridos Master y Star con la densidad de 125,000 plantas/ha generó los rendimientos máximos (8,506 y 7,327 kg/ha, respectivamente). Sin embargo, los componentes del rendimiento, como la longitud y el peso de la mazorca, fueron superiores en las densidades más bajas, lo que evidencia un equilibrio entre el rendimiento total y la calidad de la mazorca.

Erazo (2005) investigó el comportamiento del maíz amarillo duro variedad Marginal T-28 bajo diferentes distanciamientos entre golpes y dosis de nitrógeno en el Valle del Medio Piura. El rendimiento máximo (8,448 kg/ha) se obtuvo con una aplicación de 210 kg N/ha, superando al tratamiento con 150 kg N/ha (7,753 kg/ha). Con un distanciamiento de 0.30 m entre golpes, el rendimiento alcanzó 9,411 kg/ha, siendo superior a los distanciamientos de 0.40, 0.50 y 0.60 m. Se observó una disminución lineal del rendimiento a medida que aumentó el distanciamiento, debido a la menor densidad de plantas por hectárea. El tratamiento óptimo (0.30 m × 210 kg N/ha) registró un rendimiento de 9,822 kg/ha, evidenciando la interacción positiva entre la densidad de siembra y la fertilización nitrogenada en el incremento de la producción de grano.

Puicón (2000) analizó el efecto del distanciamiento entre golpes y la aplicación de nitrógeno en el maíz variedad PM-104. El mayor rendimiento (6,698 kg/ha) se obtuvo con un distanciamiento de 0.50 m y una dosis de 180 kg N/ha. Los mejores promedios en longitud y peso de mazorca (21.54 cm y 265.99 g) y área foliar (73.97 cm²/planta) se lograron con 0.60 m y 220

kg N/ha. Esto indica que al aumentar el distanciamiento entre golpes, disminuye la densidad de plantas, lo que genera mazorcas más grandes pero en menor número, mientras que densidades mayores incrementan la competencia, reduciendo el tamaño de mazorca pero elevando el rendimiento total por hectárea.

2.2. Base teórica

2.2.1. Características de la planta de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie gramínea de ciclo anual que forma parte de la familia Poaceae ampliamente cultivada en diversas regiones del mundo debido a su alto potencial productivo, versatilidad y valor económico. Es una especie alógama, de polinización cruzada, que presenta una gran variabilidad genética y fenotípica, lo que permite su adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas. Asimismo, el maíz representa una de las fuentes esenciales de alimento y de materia prima para la industria pecuaria, alimentaria y energética a nivel global (FAO, 2023).

2.2.2. Órganos vegetativos

Sistema radicular

El sistema radicular del maíz está conformado por una raíz primaria (radícula), raíces seminales y raíces adventicias o nodales que se desarrollan a partir de los nudos subterráneos y aéreos. Estas estructuras desempeñan funciones fundamentales, como la absorción de agua y nutrientes, el anclaje de la planta y el almacenamiento de carbohidratos. La eficiencia del sistema radicular incide directamente en la capacidad de la planta para soportar condiciones de sequía, compactación del suelo y deficiencias nutricionales (Hochholdinger, 2004).

El tallo

El tallo del maíz es un órgano herbáceo, cilíndrico y sólido, dividido en nudos y entrenudos. En los nudos se insertan las hojas y se desarrollan las raíces adventicias y las mazorcas. El tallo sirve como soporte de la planta y como vía de transporte de agua, nutrientes y fotoasimilados desde las raíces hacia las hojas y órganos reproductivos. La resistencia del tallo al acame depende del grosor, la lignificación y la densidad celular del tejido parenquimático (Ritchie et al., 1993).

Hojas de la planta de maíz

Se disponen de forma alterna, presentan forma alargada y lanceolada, y están conformadas por la vaina, la lámina y la lígula. Constituyen el principal órgano fotosintético de la planta, pues influyen en la absorción de la radiación solar y en la producción de biomasa. Tanto la orientación como la cantidad de hojas inciden de manera importante en el índice de área foliar (IAF) y, por ende, en el rendimiento final del cultivo. Una arquitectura foliar más vertical favorece una distribución más eficiente de la luz dentro del dosel, lo que permite soportar mayores densidades de siembra (Duan et al., 2024).

2.2.3. Órganos reproductivos

La panoja

La panoja constituye el órgano reproductor masculino de la planta y se localiza en la parte superior del tallo principal. Está compuesta por un eje principal y ramas laterales que sostienen las anteras, estructuras encargadas de la formación y liberación del polen. El desarrollo de la panoja y su sincronización con la emisión de los estigmas en la mazorca son factores esenciales para asegurar una fecundación efectiva y un adecuado llenado de granos. Condiciones ambientales como la temperatura, la humedad y el estrés hídrico afectan directamente la producción y viabilidad del polen, influyendo así en el rendimiento final del cultivo (INIA, 2020).

La mazorca

La mazorca es el órgano reproductivo femenino donde se desarrollan los granos tras la fecundación. Está compuesta por un eje central o tusa, alrededor del cual se disponen hileras de granos, cubiertas por brácteas o “pancas” que protegen el fruto en formación. Su tamaño, forma y número de hileras dependen del genotipo, la densidad de siembra y las condiciones ambientales. La mazorca representa el principal componente de rendimiento del cultivo, ya que concentra los granos destinados al consumo y la industria agropecuaria (INIA, 2020).

El grano de maíz

El grano de maíz amarillo duro es la principal unidad de reserva y reproducción del cultivo, conformado por tres estructuras: el pericarpio, que protege el grano; el endospermo, que contiene almidón y proteínas; y el embrión, que concentra los elementos esenciales para la germinación. Su textura vítrea y color amarillo intenso, producto de los carotenoides, lo hacen ideal para la industria avícola y de alimentos balanceados. La forma, tamaño y densidad del grano varían según el genotipo y las condiciones ambientales, factores que determinan su rendimiento y calidad comercial (INIA, 2020).

2.2.4. Etapas de crecimiento y desarrollo del maíz

Se divide en dos etapas principales: la fase vegetativa (V) y la fase reproductiva (R). La etapa vegetativa comienza con la emergencia de la plántula (VE) y progresa con la aparición sucesiva de nuevas hojas, donde cada una indica un nuevo estado (V1, V2, V3, etc.) hasta llegar al estado VT, correspondiente a la emisión completa de la panoja. Cada fase vegetativa se determina por la presencia visible del cuello o lígula, señal de que la hoja se ha expandido totalmente sobre el tallo. Posteriormente, la planta transita a la fase reproductiva, que se extiende

desde el estado R1, caracterizado por la aparición de los estigmas, hasta el estado R6, que indica la madurez fisiológica del grano (Iowa State University, 2020).

Comprender la secuencia de crecimiento y desarrollo del maíz resulta fundamental para implementar oportunamente las prácticas agronómicas que maximizan el rendimiento, tales como la fertilización, el control de plagas y el manejo de malezas. Durante la germinación, la plántula depende de las reservas nutritivas contenidas en la semilla hasta emerger y comenzar su actividad fotosintética, etapa en la que requiere una adecuada disponibilidad de nutrientes en el suelo para mantener un crecimiento vigoroso y competitivo frente a las malezas. En esta fase inicial, el control de malezas y de plagas del suelo, como los gusanos de tierra, es crucial para evitar disminuciones en la población efectiva de plantas (INIA, 2020).

2.2.5. Estados vegetativos del maíz

Estado V1, emerge la primera hoja embrionaria, reconocible por su extremo redondeado. En esta fase, el punto de crecimiento o meristemo apical se localiza entre 2.5 y 3.8 cm por debajo de la superficie del suelo, donde se inicia la formación de los futuros órganos vegetativos y reproductivos de la planta (INIA, 2020).

Estado V3, el punto de crecimiento permanece aún bajo el suelo, por lo que la pérdida de la parte aérea no afecta de manera significativa el desarrollo ni el rendimiento del cultivo. En esta etapa, se diferencian las hojas y las primeras estructuras de las mazorcas; es fundamental realizar un adecuado control de malezas e insectos defoliadores, a fin de evitar competencia por luz, agua y nutrientes (INIA, 2020).

En el estado V5, el punto de crecimiento llega al nivel de la superficie del suelo y se definen la mayoría de las hojas y mazorcas potenciales. En esta etapa también se inicia la formación de la

panoja, alcanzando la planta una altura aproximada de 20 cm. En este momento, el control de malezas resulta fundamental para evitar pérdidas en el desarrollo inicial (INIA, 2020).

En el estado V6, el meristemo responsable de la formación de la panoja se ubica por encima de la superficie del suelo y se inicia un crecimiento acelerado del tallo. En consecuencia, aumenta la demanda de nutrientes, especialmente de nitrógeno, el cual debe aplicarse bajo condiciones adecuadas de humedad, preferiblemente antes del estado V8, con el fin de optimizar su absorción (INIA, 2020).

Estado V9, la panoja experimenta un rápido desarrollo, mientras el tallo continúa su crecimiento activo. En los nudos por encima del suelo comienzan a diferenciarse los primordios de las mazorcas, salvo en los seis a ocho nudos inferiores. La planta presenta una alta demanda de agua y nutrientes, siendo crítico mantener la disponibilidad hídrica (INIA, 2020).

Estado V12, se define el número potencial de granos (óvulos) y el tamaño de la mazorca. Aunque el número de hileras ya está determinado, la cantidad de granos por hilera se establecerá posteriormente, hacia el estado V17. La carencia de humedad o nutrientes en esta etapa puede reducir el número potencial de semillas y limitar el tamaño de la mazorca (INIA, 2020).

Estado V15, es crucial garantizar una adecuada disponibilidad de agua, no solo durante este periodo sino hasta una semana después del estado R1, ya que el déficit hídrico en este punto afecta de manera significativa el rendimiento final del cultivo (INIA, 2020).

Estado V18, la mazorca se hace visible y continúa su rápido crecimiento, acumulando reservas para la siguiente fase de desarrollo (INIA, 2020).

Finalmente, en el estado VT, la planta alcanza su altura máxima y se inicia el proceso de anthesis, etapa en la que el polen se libera desde la panoja para la fecundación de los óvulos en la mazorca, marcando la transición hacia la fase reproductiva (INIA, 2020).

2.2.6. Estados reproductivo del maíz

Estado R1: en esta etapa, los estigmas o estilos plumosos emergen de las brácteas de la mazorca y son polinizados por el polen proveniente de la panoja. Durante este periodo, las hojas envolventes alcanzan su máximo desarrollo, generalmente entre los estados R1 y R2. La deficiencia de humedad en esta fase crítica puede interferir con la polinización y fecundación, provocando un llenado incompleto de los granos (INIA, 2020).

Estado R2: conocido como estado ampolla, se caracteriza por que la mazorca ha alcanzado su tamaño definitivo y los estigmas comienzan a secarse; en ese momento el embrión ya es visible y se inicia una acumulación rápida de materia seca en los granos, que presentan un contenido de humedad aproximado del 85% (INIA, 2020).

Estado R3: denominado estado lechoso, ocurre aproximadamente tres semanas después de la floración. En esta etapa, tanto el embrión como el endospermo experimentan un rápido crecimiento, incrementando la acumulación de materia seca. Los granos muestran una textura lechosa como resultado de su elevado contenido de humedad cerca del 80% (INIA, 2020).

Estado R4: o estado pastoso, ocurre cerca de cuatro semanas posteriores a la floración. En esta fase, el grano ya presenta las hojas embrionarias y las raíces seminales formadas. La acumulación de materia seca prosigue, los granos se compactan dentro de las hileras de la mazorca y el nivel de humedad desciende aproximadamente al 70%, indicando el avance hacia la madurez (INIA, 2020).

Estado R5: denominado estado dentado, tiene lugar aproximadamente siete semanas después de la floración, momento en el cual los granos muestran una hendidura o “diente” en su parte superior como resultado del proceso de secado. La humedad disminuye progresivamente

hasta situarse cerca del 75%, y la acumulación de materia seca alcanza casi su punto máximo (INIA, 2020).

Estado R6: o madurez fisiológica, se manifiesta cerca de ocho semanas después de la floración. En esta etapa, los granos culminan su desarrollo y alcanzan su peso seco máximo. El contenido de humedad desciende entre 30 y 35%, indicando que el cultivo está en condiciones de ser cosechado. La planta comienza a perder color y las hojas inferiores se secan, marcando el final del ciclo fenológico del maíz (INIA, 2020).

2.2.7. Factores ambientales

Temperatura

La temperatura es uno de los factores ambientales más influyentes en el crecimiento, desarrollo y productividad del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.), ya que afecta de manera directa los procesos fisiológicos como la germinación, emergencia, fotosíntesis, transpiración, floración y llenado del grano. Según el INIA (2020), este cultivo se adapta preferentemente a climas cálidos, mostrando un desempeño óptimo en zonas con temperaturas medias anuales comprendidas entre 18 °C y 27 °C.

Durante la germinación, la temperatura mínima requerida para una emergencia uniforme es de 10 °C, siendo el rango óptimo de 20 a 30 °C; valores menores ralentizan el crecimiento y mayores a 35 °C afectan la viabilidad del embrión. En la fase vegetativa, el maíz de fisiología C4 mantiene una alta eficiencia fotosintética en ambientes cálidos, aunque temperaturas superiores a 38 °C reducen la fotosíntesis por desnaturalización enzimática y aumento de la respiración. En la etapa reproductiva, el rango ideal para la floración y polinización se sitúa entre 25 y 30 °C, ya que temperaturas extremas (mayores de 35 °C o menores de 15 °C) reducen la capacidad germinativa del polen y la formación efectiva de los granos. Finalmente, durante el llenado de grano, las

temperaturas moderadas entre 22 y 27 °C favorecen una adecuada acumulación de materia seca y almidones, mientras que los excesos térmicos aceleran la madurez y reducen el tamaño y peso final de los granos (INIA, 2020).

Por otra parte, el INIA (2020) resalta que, bajo condiciones de la costa norte peruana como el valle Chancay-Lambayeque, las temperaturas promedio anuales se mantienen dentro del rango ideal para el cultivo, lo que posibilita realizar dos campañas agrícolas por año, siempre que se cuente con una adecuada disponibilidad hídrica. En dichas zonas, las temperaturas nocturnas que oscilan entre 16 y 20 °C favorecen el equilibrio respiratorio de la planta, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de la energía solar durante el día.

Agua

El agua representa uno de los elementos más determinantes para el desarrollo del maíz amarillo duro, debido a su papel fundamental en procesos fisiológicos como la germinación, la fotosíntesis, la transpiración y el transporte de nutrientes. De acuerdo con el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2020), el cultivo requiere una provisión hídrica suficiente y bien distribuida a lo largo de su ciclo, siendo las fases de floración y llenado de grano las de mayor demanda. El consumo total de agua varía entre 500 y 800 mm por ciclo, según las condiciones del suelo y del clima.

Durante la germinación y el establecimiento, es fundamental que el suelo mantenga una humedad adecuada para asegurar la imbibición de la semilla y una emergencia homogénea de las plántulas. En la fase vegetativa, la escasez de agua provoca una reducción del área foliar y de la eficiencia fotosintética, afectando la acumulación de biomasa. En el periodo reproductivo, la falta de humedad puede inducir aborto floral y deficiente polinización, lo que conlleva a una menor

cantidad y tamaño de granos. Finalmente, durante el llenado, el déficit hídrico restringe el transporte de fotosintatos hacia la mazorca, disminuyendo el peso específico del grano.

El INIA (2020) señala que el maíz muestra una eficiencia moderada en el uso del agua, por lo que se recomienda aplicar sistemas de riego tecnificado (por surcos o aspersión) en zonas de escasa precipitación, priorizando los riegos en los estados críticos (V6, VT, R1 y R3). Asimismo, la disponibilidad hídrica debe complementarse con un manejo adecuado del suelo que favorezca la infiltración y retención del agua, garantizando así un desarrollo óptimo del cultivo y mayores rendimientos.

Radiación solar

La radiación solar es un factor determinante en el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro, al ser la fuente principal de energía para la fotosíntesis. Según el INIA (2020), el maíz, por su fisiología C4, aprovecha eficientemente la luz solar y mantiene altas tasas fotosintéticas en condiciones de elevada radiación y temperatura, siendo el rango óptimo entre 18 y 25 MJ/m² diarios. Una adecuada disponibilidad de radiación durante las fases vegetativa y reproductiva favorece la formación de hojas, el crecimiento del tallo y el llenado de los granos; mientras que una radiación deficiente, causada por nubosidad o sombreamiento, reduce la acumulación de materia seca y el rendimiento. En regiones con alta radiación, como los valles costeros e interandinos del Perú, el INIA (2020) recomienda ajustar la densidad de siembra y la orientación de surcos para optimizar la captación de luz y mejorar la eficiencia fisiológica del cultivo.

Fotoperíodo

El fotoperíodo, definido como la duración relativa entre las horas de luz y oscuridad, ejerce una influencia determinante en el crecimiento y desarrollo del maíz, particularmente en la

transición de la fase vegetativa hacia la fase reproductiva. De acuerdo con el INIA (2020), el maíz es considerado una especie de día neutro, lo que significa que su floración no depende estrictamente de la longitud del día; sin embargo, la intensidad y duración de la luz diaria afectan la tasa fotosintética y, por ende, la acumulación de biomasa y el rendimiento final. En condiciones de fotoperiodo más prolongado y con alta radiación, se incrementa la actividad metabólica, favoreciendo el crecimiento del follaje y una mayor producción de fotosintatos destinados al llenado de los granos. Por el contrario, días cortos o con baja luminosidad pueden retrasar el desarrollo de los órganos reproductivos y disminuir la prolificidad. El INIA (2020) señala que en la costa y valles interandinos del país, donde el fotoperiodo es relativamente estable durante el año, la influencia de este factor es moderada, aunque su relación con la temperatura y la radiación solar puede influir en la duración del ciclo fenológico y el rendimiento del cultivo.

2.2.8. Suelos

Características físicas

El maíz amarillo duro prospera muy bien en suelos francos, con buena aireación y drenaje; y alta capacidad de retención de humedad, condiciones que facilitan el desarrollo de raíces y la absorción de nutrientes. los suelos ideales para este cultivo deben presentar una profundidad efectiva superior a 60 cm y un contenido equilibrado de materia orgánica (entre 2 y 3%), lo que favorece la estabilidad estructural del suelo y optimiza la disponibilidad de nutrientes (INIA, 2020)

pH

El rango óptimo se encuentra entre 5.8 y 7.0, ya que valores fuera de este intervalo pueden afectar la disponibilidad de macronutrientes, en especial el fósforo, y aumentar la toxicidad por aluminio o sodio (INIA, 2020).

Salinidad

El maíz es moderadamente sensible a la presencia de sales solubles; niveles de conductividad eléctrica superiores a 1.7 dS/m pueden reducir la germinación, el crecimiento inicial y el rendimiento. Por ello, el INIA (2020) recomienda mantener un adecuado manejo del riego y la fertilización para evitar la acumulación de sales y preservar la estructura del suelo, asegurando un ambiente óptimo para el desarrollo del cultivo.

2.2.9. Densidad de siembra

El maíz se cultiva principalmente bajo sistemas de riego por gravedad y, en menor medida, riego tecnificado (aspersión o goteo). Uno de los factores agronómicos de mayor relevancia que influye en el rendimiento del cultivo es la densidad de siembra, definida como el número de plantas establecidas por hectárea.

Según el INIA (2017) y datos de campo de proyectos regionales, la densidad óptima varía según el sistema de siembra:

- ✓ En sistemas tradicionales de riego por gravedad, con siembra manual o semimecanizada, se recomienda un marco de siembra de 0.90 m entre surcos por 0.25–0.30 m entre golpe, lo que permite establecer entre 74,000 y 88,000 plantas por hectárea (INIA, 2017).
- ✓ En condiciones de riego tecnificado y suelos bien nivelados, se puede adoptar un marco de siembra más denso, por ejemplo, 0.80 m x 0.20–0.25 m, alcanzando entre 100,000 y 125,000 plantas por hectárea. Esta mayor densidad es viable gracias a una mejor disponibilidad hídrica y manejo nutricional (MIDAGRI, 2021).

- ✓ En siembras mecanizadas, comúnmente se utiliza una distancia entre surcos de 0.75 a 0.90 m y entre golpes de 0.20 a 0.25 m, resultando en una cantidad de 90,000 a 120,000 plantas/ha, según el híbrido utilizado y las condiciones del terreno (Gálvez et al., 2019).

Diversos estudios coinciden en que una mayor densidad no necesariamente garantiza mayor rendimiento si no se ajusta el manejo agronómico, especialmente en fertilización, riego y control de plagas. Además, el potencial genético del híbrido es determinante: algunos materiales modernos toleran mayores densidades sin perder calidad ni productividad.

2.2.10. Obtención de líneas

Se requiere de un proceso sistemático de mejoramiento genético orientado a seleccionar genotipos que expresen atributos agronómicos superiores, tales como mayor rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, así como una mejor calidad del grano (CIMMYT, 2021). Este proceso se puede realizar mediante selección convencional o mejoramiento asistido por biotecnología.

2.2.10.1. Métodos convencionales:

Según CIMMYT (2021) considera los siguientes métodos:

A. Selección masal

Se escogen las mejores plantas con base en características deseadas (rendimiento, características de grano, tolerancia a plagas y enfermedades), luego se cruzan entre sí para obtener generaciones más homogéneas.

B. Selección genealógica o Pedigrí

Parte de una población segregante obtenida por cruce de dos progenitores con características deseadas, se seleccionan las mejores plantas en cada generación y se autopolinizan hasta obtener líneas puras (aproximadamente 6-8 generaciones).

C. Doble haploides (DH)

Promueve la generación de plantas haploides (plantas con la mitad de cromosomas), se duplican los cromosomas para obtener líneas puras en solo 2-3 generaciones, se acelera el proceso en comparación con la autopolinización tradicional.

2.2.10.2.Métodos biotecnológicos

Según, (CIMMYT, 2021) considera los siguientes métodos:

A. Marcadores moleculares

Se identifican genes de interés mediante técnicas como PCR o secuenciación de ADN, esto permite seleccionar individuos con los genes deseados sin necesidad de cultivar todas las plantas en campo.

B. Transformación genética

Se insertan genes específicos para mejorar características como tolerancia a sequía o resistencia a insectos (ej. Bt). Se usan técnicas como biobalística o *Agrobacterium tumefaciens*.

Características claves en la selección de líneas de maíz. Para desarrollar una línea de alta calidad, se consideran:

- ✓ Dureza del grano (para molienda seca y producción de harina o sémola).
- ✓ Rendimiento (toneladas por hectárea).
- ✓ Resistencia a enfermedades (mancha de asfalto, roya, fusariosis).
- ✓ Tolerancia a sequía y estrés térmico.
- ✓ Calidad nutricional (contenido de proteínas, aceites y carotenoides).

- ✓ Adaptabilidad a diferentes zonas agroecológicas.

Proceso general para la obtención de una línea pura

- ✓ Cruza inicial de dos progenitores con características deseables.
- ✓ Segregación y selección en generaciones F2-F6 mediante autopolinización.
- ✓ Evaluación agronómica en parcelas experimentales.
- ✓ Pruebas de estabilidad y uniformidad en diferentes ambientes.
- ✓ Registro y liberación de la línea como híbrido comercial o parental de un híbrido.

Según el CIMMYT (2021), este proceso puede tomar entre 5 y 10 años, dependiendo del método utilizado. Sin embargo, el uso de biotecnología y técnicas como doble haploides puede reducir el tiempo entre 3 a 5 años.

2.3. Conceptos y operacionalización de variables

Línea. Se define como una población endogámica o pura obtenida mediante sucesivas generaciones de autofecundación y selección, con el propósito de fijar características genéticas específicas. Estas líneas, conocidas también como parentales o progenitoras, se utilizan en la producción de semillas híbridas, donde su cruzamiento controlado permite generar híbridos comerciales con mayor vigor, rendimiento y uniformidad agronómica (INIA, 2020).

Rendimiento. Se define como la producción total de grano obtenida por unidad de superficie (t/ha), determinada por la interacción de factores genéticos, edafoclimáticos y de manejo agronómico que influyen en el desarrollo y productividad del cultivo (INIA, 2020).

Densidad de siembra. Definida como el número de plantas por hectárea, constituyendo un factor determinante en la productividad del cultivo. (Unisem, 2011).

Tabla 1*Opreracionalizacion de variables*

Variables		Indicadores
Independiente	Desarrollo reproductivo	Días a la floración masculina
		Días a la floración femenina
		Altura de planta
		Altura de mazorca
	Maduración	Porcentaje de humedad a la cosecha
		Longitud de mazorca
		Diámetro de mazorca
		Número de hileras por mazorca
		Número de granos por hilera
		Espesor de grano
Ancho de grano		
	Longitud de grano	
	Peso de 100 granos	
Dependiente	Rendimiento	Rendimiento de grano

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área experimental

3.1.1. Ubicación

El presente estudio se desarrolló en la Estación Experimental Agraria Vista Florida del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), durante el periodo de enero a mayo de 2024. La estación se encuentra localizada en el km 8 carretera Chiclayo - Ferreñafe. Geográficamente, sus coordenadas son 6° 43' 39.9" de latitud sur y 79° 46' 51.16" de longitud oeste, con una altitud de 42 m s. n. m., situándose en una zona representativa de la costa norte del Perú, caracterizada por un clima cálido y seco, condiciones que resultan propicias para el desarrollo del maíz amarillo duro.

3.1.2. Características climatológicas

La información presenta los valores de temperatura, humedad relativa y precipitación, que describen las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo de maíz en la zona de estudio (Tabla 2).

Temperatura

Se observa que la temperatura media mensual varió entre 22.15 °C en mayo y 27.83 °C en febrero, con un promedio general de 25.92 °C, lo que evidencia un clima cálido y estable, favorable para el crecimiento del maíz. La temperatura máxima promedio fue de 33.06 °C, alcanzando su punto más alto en febrero con 34.91 °C, mientras que la mínima promedio fue de 18.78 °C, registrándose el valor más bajo en mayo con 15.14 °C. Estas condiciones térmicas son óptimas para el desarrollo fisiológico del maíz, especialmente durante las fases vegetativas y reproductivas (Tabla 2).

Humedad relativa

El promedio de la humedad relativa alcanzó 83.24%, con ligeras variaciones mensuales, lo cual indica una atmósfera moderadamente húmeda que contribuye a mantener una adecuada transpiración y fotosíntesis (Tabla 2).

Precipitación

La precipitación pluvial, los valores fueron muy bajos, con un total acumulado de solo 6.8 mm en todo el periodo, lo que confirma que el área presenta un clima árido, característico de la costa norte del Perú, donde la irrigación suplementaria resulta indispensable para el desarrollo del cultivo (Tabla 2).

En conjunto, los datos evidencian que la Estación Experimental Agraria Vista Florida cuenta con condiciones térmicas favorables y baja precipitación, propias de zonas costeras, donde el manejo del riego es un factor crítico para alcanzar óptimos rendimientos (SENAMHI, 2024).

Tabla 2

Registro meteorológico de la Estación Vista Florida. Año 2024

Meses	Temperatura (°C)			H. R. (%)	PP (mm)
	Máxima	Minina	Media		
Enero 2024	33.28	19.47	26.38	83.63	3.70
Febrero 2024	34.91	20.75	27.83	83.63	1.60
Marzo 2024	34.91	19.73	27.32	81.62	0
Abril 2024	33.05	18.83	25.94	80.68	0.20
Mayo 2024	29.16	15.14	22.15	86.63	1.30
Promedio	33.06	18.78	25.92	83.24	1.36
Precipitación total					6.80

Fuente: SENAMHI (2024).

3.1.3. Características edáficas

Los resultados muestran que el suelo presenta una reacción ligeramente alcalina (pH 7.5), característica común en zonas costeras del norte del Perú. La conductividad eléctrica de 3.74 dS/m indica una ligera salinidad. El contenido de materia orgánica es baja con 1.24%, lo cual evidencia una limitada capacidad del suelo para retener nutrientes y mejorar su estructura, por lo que se recomienda el uso de enmiendas orgánicas o compost para optimizar la fertilidad. En cuanto a la disponibilidad de nutrientes, el fósforo con 6.80 ppm se encuentra en un nivel bajo, al igual que el potasio con 146 ppm; por lo que, se sugiere complementar el suministro de nutrientes mediante aplicaciones edáficas y foliares, considerando que el maíz amarillo duro es un cultivo de alta exigencia nutricional. El suelo presenta una textura franco arcillo-arenosa, caracterizada por una capacidad media de retención de humedad.

Tabla 3

Características físico – químicas del suelo. EEA. Vista florida – Pícsi, 2023.

Muestras	Extracto saturado			Texturas						Clase textural
	pH	CE.	M.O	P	K	Calcáreo	Ao	Lo	Ar	
M – 1		dS/m	%	ppm	ppm	%	%	%	%	
	7.5	3.74	1.24	6.80	146	3.07	62	15	23	Fo Ar Ao

Nota. Datos obtenidos de los resultados del análisis físico-químico del suelo. EEA Vista Florida.

Fuente: INIA – Chiclayo (2023)

Para el análisis correspondiente, se obtuvieron muestras simples de suelo siguiendo un recorrido en forma de zigzag dentro del área experimental, a una profundidad de 30 centímetros. Estas submuestras fueron mezcladas, homogenizadas y se formó una muestra compuesta, la cual se envió al laboratorio de suelos y aguas de la misma estación experimental.

3.2. Disposición experimental

3.2.1. Diseño del experimento

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) conformado por nueve tratamientos y cuatro repeticiones, con el objetivo de reducir la variabilidad ambiental y asegurar la precisión en la comparación de los resultados obtenidos entre tratamientos. Este diseño permite un control adecuado de los factores no experimentales y proporciona una estimación más confiable del efecto de los tratamientos evaluados.

3.2.2. Tratamientos en estudio

La investigación comprendió nueve tratamientos experimentales (Tabla 4), cada uno de los cuales representó una combinación particular de factores analizados para el cultivo de maíz.

Tabla 4

Tratamientos y densidades de siembra

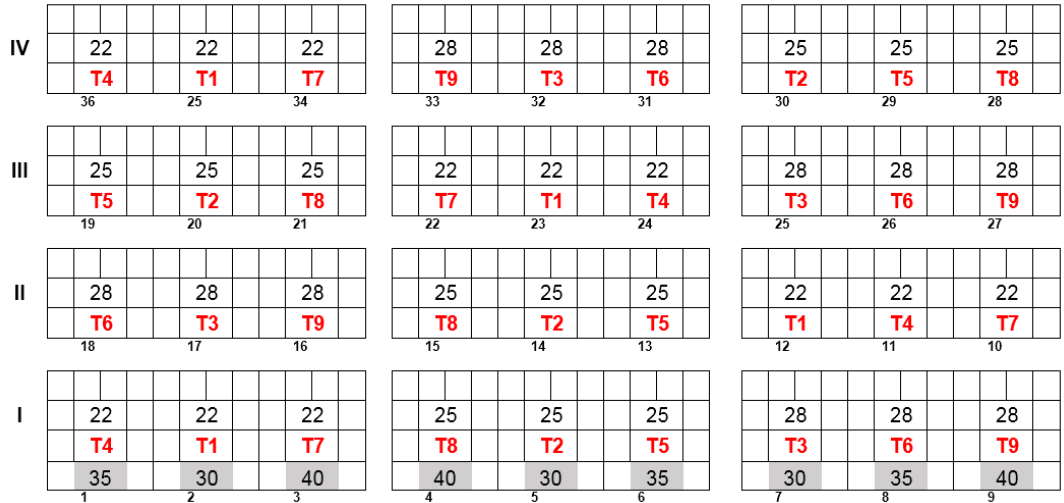
Trat.	Clave	Densidad (N° ptas/ha)	Randomizacion			
			I	II	III	IV
1	S30G22	151 515	104	205	306	404
2	S30G25	113 333	101	202	303	401
3	S30G28	119 048	107	208	309	407
4	S35G22	129 870	109	207	308	408
5	S35G25	114 286	103	201	302	402
6	S35G28	102 041	106	204	305	405
7	S40G22	113 636	102	203	301	403
8	S40G25	100 000	105	206	304	408
9	S40G28	89 286	108	209	307	409

Dónde: S = Surco y G = Golpes

3.2.3. Croquis del área en estudio

Figura 1

Esquema de distribución de los tratamientos de acuerdo a las densidades de siembra



3.2.4. Descripción del área experimental

Los tratamientos fueron establecidos de manera secuencial de acuerdo al diseño del área experimental, siguiendo un esquema de cuatro repeticiones y nueve tratamientos por repetición.

Cada repetición tuvo una dimensión de 14.0 m de largo por 6.0 m de ancho, con un área total de 86.4 m², mientras que cada unidad experimental presentó 6.0 m de largo por 1.6 m de ancho, alcanzando un área de 9.6 m².

Cada UE estuvo compuesta por cuatro surcos de 4.0 m de largo, con distanciamientos de 0.30, 0.35 y 0.40 m entre ellos. En cada surco se establecieron 27, 24 y 21 golpes de siembra, con distancias entre plantas de 0.22, 0.25 y 0.28 m, respectivamente.

El área total del experimento fue de 345.6 m², permitiendo una adecuada distribución de los tratamientos y un control eficiente de la variabilidad dentro del campo experimental.

3.3. Materiales y equipos de investigación

Equipos. Se emplearon diversos equipos, entre ellos un tractor para la preparación del terreno, una cámara fotográfica para el registro visual del ensayo, una balanza para las mediciones de peso y una laptop destinada al procesamiento y análisis de datos.

Insumos. Se utilizó semilla de la línea CLO-2450, procedente del material genético conservado por el INIA; además, se emplearon agua, fertilizantes y pesticidas.

Herramientas. Para las labores de campo se dispuso de palanas, lampas, rastrillos, cuchillas y machetes, implementos empleados en las distintas etapas de preparación, siembra y preparación del terreno experimental.

Materiales. Se utilizaron instrumentos y materiales complementarios como vernier, cartillas, libreta de campo, tablero, cordel, wincha, estacas, etiquetas, bolsas de papel y materiales de oficina (papel, USB, lapiceros, entre otros) para el registro y control de las variables en estudio.

3.4. Conducción de la investigación

3.4.1. Preparación de terreno.

Se realizó con tractor agrícola, efectuando labores de aradura, cruzada y surcado.

Estas acciones tuvieron como finalidad mejorar la aireación y la estructura del suelo, permitiendo un adecuado desarrollo radicular.

3.4.2. Semilla.

El material genético utilizado correspondió a la línea CLO-2450

3.4.3. Siembra.

Se realizó manualmente, distribuyendo las semillas de acuerdo con las densidades establecidas en el diseño experimental. Las semillas se colocaron a una profundidad

uniforme, asegurando una emergencia homogénea y un desarrollo inicial favorable de las plantas, lo que contribuyó a una mejor distribución espacial del cultivo.

3.4.4. Riegos.

Fue mediante el sistema de riego por goteo, ajustado según la textura del suelo y las condiciones climáticas registradas durante el ciclo fenológico. El volumen total de agua utilizado fue de aproximadamente 4 500 m³, asegurando la disponibilidad hídrica en todo el proceso productivo del cultivo (INIA, 2020).

3.4.5. Deshierbo.

El control de malezas se efectuó de manera manual a los 30 dds (días después de la siembra), cuando las plántulas alcanzaron de 20 y 25 centímetros de altura. Esta labor tuvo como propósito evitar la competencia de agua, luz y nutrientes, favoreciendo el crecimiento uniforme y vigoroso del cultivo (INIA, 2020)

3.4.6. Fertilización.

Se aplicó una dosis total de 200-100-140 + 9Mg + 11S (N-P-K-Mg-S), distribuida en dos etapas. La primera fertilización se llevó a cabo cuando las plantas contaban con dos y cuatro hojas verdaderas, se aplicó el 50% del nitrógeno total, más el 100% de fósforo y potasio, y la mitad de las dosis de magnesio y azufre. La segunda fertilización se efectuó a los 40 días después de la emergencia, cuando el cultivo presentaba de seis a ocho hojas verdaderas, completando en esta etapa el aporte restante de nitrógeno y de los demás nutrientes requeridos (INIA, 2020).

3.4.7. Control fitosanitario.

El manejo fitosanitario consistió en la aplicación curativa de Dethomil 90 PS (Metomil – carbamato) a razón de 1 L/cilindro, hasta en tres oportunidades durante

el ciclo del cultivo. Este tratamiento permitió controlar al cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y a plagas secundarias como *Diabrotica decempunctata* y *D. speciosa*, responsables de daños foliares que afectan la fotosíntesis. No se registró incidencia de enfermedades, por lo que no fue necesario aplicar fungicidas (INIA, 2020).

3.4.8. Cosecha.

La cosecha se realizó manualmente una vez alcanzada la madurez fisiológica, momento en que las mazorcas presentaron una posición decumbente. Las mazorcas fueron recolectadas y depositadas en costales debidamente identificados. Inicialmente, se cosecharon las mazorcas ubicadas en el área neta experimental para el registro de datos y, posteriormente, se realizó la cosecha total (INIA, 2020).

3.5. Parámetros registrados

3.5.1. Rendimiento.

Se determinó mediante la cosecha de las mazorcas de los dos surcos centrales (área neta) de cada tratamiento, cuyo peso de campo se expresó en kilogramos por hectárea (kg/ha). A partir de una muestra representativa de diez mazorcas por unidad experimental se calculó el porcentaje de humedad y el índice de desgrane, correspondiente a la relación entre el peso total de la mazorca y el peso del grano. Finalmente, se registró el número total de plantas y mazorcas por parcela, incluyendo las de menor tamaño o dañadas, para estimar el rendimiento por hectárea según las fórmulas establecidas.

$$\text{Rendimiento (t/ha)} = \frac{\text{Peso de campo} \times 10 \times FC \times \text{Índice de desgrane}}{\text{Área neta cosechada}}$$

Donde:

$$FC = \frac{100 - \text{Humedad de campo}}{100 - \text{Humedad comercial}}$$

$$\text{Índice de desgrane} = \frac{\text{Peso de mazorca total}}{\text{Peso de grano}}$$

FC. Representa el factor de corrección empleado para ajustar el rendimiento según la humedad del grano (Gómez & Gómez, 1984).

3.5.2. Días a la floración masculina.

Este parámetro se registró cuando el 50% de las plantas de cada parcela experimental liberaron polen desde las anteras de la espiga, indicador del inicio de la fase reproductiva masculina del cultivo (CIMMYT, 2005).

3.5.3. Días a la floración femenina.

Se determinó cuando el 50 % de las plantas de la parcela presentaron la emergencia de los pistilos o sedas desde las brácteas de la mazorca, lo que representa el inicio de la floración femenina (CIMMYT, 2005).

3.5.4. Altura de planta.

Se determinó en diez plantas seleccionados aleatoriamente por unidad experimental, midiendo en metros la distancia desde la superficie del suelo hasta el extremo superior de la panoja o borla terminal (Gómez et al., 2012).

3.5.5. Altura de mazorca.

La evaluación se realizó en las mismas plantas seleccionadas para medir la altura total, determinando la distancia desde la base del tallo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior (Martínez et al., 2018).

3.5.6. Porcentaje de humedad a la cosecha.

Este parámetro se determinó al momento de la cosecha, cuando los granos alcanzaron la madurez fisiológica, considerando un rango de humedad comercial entre 12 y 15% (FAO, 2013).

3.5.7. Longitud de mazorca.

Se midió en las mazorcas de las plantas seleccionadas, registrando la distancia total entre los extremos de cada mazorca, utilizando una regla graduada o vernier (CIMMYT, 2005)

3.5.8. Diámetro de mazorca.

El diámetro se determinó en el tercio medio de las mazorcas previamente seleccionadas para la medición de longitud, utilizando un vernier para obtener precisión (CIMMYT, 2005).

3.5.9. Número de hileras por mazorca.

Se registró el número de hileras por mazorcas, en las mismas mazorcas que fueron empleadas para las demás mediciones biométricas (Martínez et al., 2018).

3.5.10. Número de granos por hilera.

Se determinó mediante el conteo directo del número de granos por hilera en las mazorcas seleccionadas, complementando las evaluaciones biométricas del cultivo (FAO, 2013).

3.5.11. Espesor de grano.

Se seleccionaron veinte granos al azar por unidad experimental. Cada grano fue colocado de costado y medido con un vernier en su parte más ancha, registrándose el valor en milímetros (mm) (Gómez et al., 2012).

3.5.12. Ancho de grano.

En los mismos granos utilizados para el espesor, se midió la sección transversal más ancha con ayuda de un vernier, expresando los resultados en milímetros (mm) (Gómez et al., 2012).

3.5.13. Longitud de grano.

Se midió la distancia entre la base y la punta del grano, en la misma muestra utilizada para el espesor y ancho de grano, empleando un vernier de precisión (CIMMYT, 2005).

3.5.14. Peso de 100 granos.

A partir del rendimiento total de grano obtenido por parcela, se obtuvo una muestra de 250 gramos, se contó el número total de granos y con estos datos, se determinó el peso correspondiente a 100 granos mediante una relación proporcional (FAO, 2013).

3.6. Análisis estadísticos

Se realizaron los análisis de varianza (ANAVA) para cada uno de los parámetros evaluados, aplicando el modelo lineal aditivo descrito por Martínez (1995). El procesamiento y la interpretación de los datos se llevaron a cabo mediante programas estadísticos especializados, como Minitab versión 19 y SPSS versión 25, complementados con herramientas de Microsoft Office (Excel y Word versión 10) utilizadas para la organización, tabulación y presentación de los resultados.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} =Es la observación de la i-ésimo tratamiento en el j-ésimo bloque.

μ =Es la media general del experimento.

τ_i =Es el efecto asociado del i-ésimo tratamiento

β_j =Es el efecto asociado al j-ésimo bloque

ε_{ij} =Variación aleatoria asociada a la parcela del i-ésimo genotipo en el j-ésimo bloque.

Tabla 5

Forma general del análisis de varianza

Fuentes de varianza	Grados de libertad	Suma de cuadrados
Bloques	$(r-1) = 3$	$\frac{\sum x_j^2}{t} - \frac{(\sum x_j)^2}{rt} = sc. Bloques$
Tratamientos	$(t-1) = 8$	$\frac{\sum x_i^2}{r} - \frac{x^2}{rt} = sc. Tratamientos$
Error	$(r-1)(t-1) = 24$	Por diferencia
Total	$(tr-1) = 35$	$\frac{\sum x_{ij}^2}{ij} - \frac{(\sum x_i)^2}{rt} = sc. Total$

Fuente: Stell y Torrie (2008)

Antes de proceder con el análisis estadístico, la información recolectada fue organizada en una base de datos elaborada en Excel. El experimento se estructuró bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA). Se efectuaron los análisis de varianza (ANAVA) con el fin de contrastar las hipótesis estadísticas y se determinó el coeficiente de variación (CV) para medir la precisión del experimento. Asimismo, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Duncan al 5% de probabilidad, previa comprobación de los supuestos del ANAVA, asegurando la confiabilidad y consistencia de los resultados obtenidos.

3.7. Coeficiente de variabilidad

El coeficiente de variación (CV) se define como la relación entre la desviación estándar (σ) y la media aritmética (μ). Al expresarse en porcentaje mediante la fórmula $(100\sigma/\mu)$, también se le conoce como porcentaje de error. Un CV del 3% señala que la desviación estándar equivale al 3% del valor promedio (Box & Hunter, 2008).

Según Martínez (1995), el coeficiente de variación permite evaluar la precisión y la consistencia de los diseños experimentales, estableciendo una escala de referencia para cultivos anuales como es el caso del maíz (Tabla 6).

Tabla 6

Precisión del coeficiente de variación

Coeficiente de variación	Precisión
5 -10	Muy buena
10 -15	Buena
15 – 20	Regular
20 – 25	Mala
> 25	Muy mala

Fuente: Martínez (1995).

Según lo indicado por Toma y Rubio (2008), el coeficiente de variación constituye un indicador de la variabilidad relativa de los datos, obtenido al dividir la desviación estándar entre el promedio aritmético del conjunto. Si se requiere expresar este coeficiente en forma porcentual, el valor se multiplica por cien.

Tabla 7*Índice de variabilidad del coeficiente de variación*

Coeficiente de variación	Grado de variabilidad
$0 \leq cv < 10$	Datos muy homogéneos
$10 \leq cv < 15$	Datos regularmente homogéneos
$15 \leq cv < 20$	Datos regularmente variables
$20 \leq cv < 25$	Datos variables
$cv \geq 25$	Datos muy variables

Fuente. Toma y Rubio (2008).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis de varianza (ANAVA) de las características evaluadas

4.1.1. Rendimiento de grano (kg/ha)

El ANAVA para rendimiento, mostró diferencias estadísticas significativas para las fuentes de variación bloques y tratamientos por tener un $p < 0.05$; por lo que, se acepta la hipótesis alterna y confirma que la densidad de siembra ejerció una influencia determinante sobre el rendimiento del maíz amarillo duro, debida a las variaciones en la competencia por luz, agua y nutrientes generadas por las distintas densidades de siembra evaluadas (Tabla 8).

Tabla 8

ANAVA para rendimiento de grano

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	24859215.27	11	2259928.66	3.77	0.0032
Bloques	11243436.17	3	3747812.06	6.26	0.0027
Tratamiento	13615779.10	8	1701972.39	2.84	0.0226
Error	14378990.46	24	599124.60		
Total	39238205.73	35			

CV = 19.45%

El coeficiente de variación (CV = 19.45%) indica que la investigación presentó una regular precisión, de acuerdo a la clasificación propuesta por Martínez (1995), de manera similar, conforme a los criterios de Toma y Rubio (2008), este valor corresponde a datos regularmente variables, lo que evidencia una variabilidad moderada y aceptable en los resultados del experimento (Tabla 8).

El rendimiento experimental promedio fue 3 980,1 kg/ha de grano, lo cual se explica porque la línea utilizada es endogámica o pura, también conocida como línea parental o progenitora, empleada como parental macho o hembra en cruzamientos dirigidos para la obtención de híbridos (INIA, 2020).

La prueba de comparación múltiple de Duncan para rendimiento de grano muestra diferencias estadísticas altamente significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El primero y más destacado conformado por el tratamiento con una densidad de siembra de S30G25 (113 333 plantas/ha), alcanzando el máximo rendimiento con 5 330,2 kg/ha, seguido de los tratamientos con densidades S30G22 (151 515 plantas), S30G28 (119 048 plantas) y S35G25 (114 286 plantas) con rendimientos similares de 4 326,3, 4 310,5 y 4 188., kg/ha respectivamente. El segundo grupo lo conforman los tratamientos con densidades S40G28 (89 286 plantas), S35G28 (102 041 plantas), S40G25 (100 000 plantas), S40G22 (113 636 plantas) y S35G22 (129 870 plantas) con rendimientos similares de 3 835,8, 3 806,2, 3 485,1, 3 300,6 y 3 237,8 kg/ha respectivamente.

El mayor rendimiento de grano de la línea CLO – 2450 observado en el tratamiento con densidad S30G25 (113 333 plantas/ha), que alcanzó 5 330,2 kg/ha, se atribuye a que esta densidad proporciona un equilibrio óptimo entre el número de plantas por hectárea y la competencia entre individuos de la misma especie por recursos como el agua, luz y nutrientes. A esta densidad, las plantas aprovechan eficientemente el espacio disponible, presentan una menor competencia entre sí y desarrollan un índice de área foliar adecuado, lo que favorece la fotosíntesis y el llenado de grano. Asimismo, esta condición agronómica permite que la línea endogámica o parental exprese su máximo potencial genético. En contraste, densidades más altas como S30G22 con 151 515 plantas/ha, generan competencia excesiva que reduce el rendimiento por planta, mientras que

densidades menores como S40G28 con 89 286 plantas/ha, no aprovechan completamente el espacio cultivable, limitando el rendimiento total (INIA, 2020). Este balance permite a la línea genética expresar su potencial productivo máximo, superando significativamente al resto de tratamientos evaluados (Tabla 9, figura 2).

Tabla 9

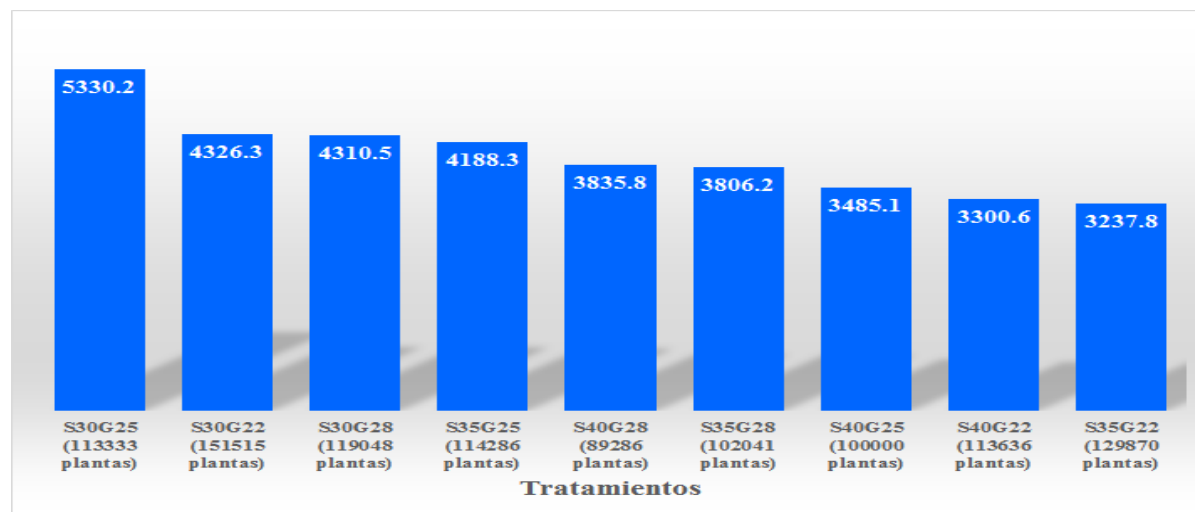
Rendimiento de grano (kg/ha).

OM.	Tratamientos	Rdto. Grano (kg/ha)	Signif.
1	S30G25 (113 333 plantas)	5 330,2	A
2	S30G22 (151 515 plantas)	4 326,3	AB
3	S30G28 (119 048 plantas)	4 310,5	AB
4	S35G25 (114 286 plantas)	4 188,3	AB
5	S40G28 (89 286 plantas)	3 835,8	B
6	S35G28 (102 041 plantas)	3 806,2	B
7	S40G25 (100 000 plantas)	3 485,1	B
8	S40G22 (113 636 plantas)	3 300,6	B
9	S35G22 (129 870 plantas)	3 237,8	B
	Promedio	3 980,1	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 2

Rendimiento de grano (kg/ha).



4.1.2. Días a la floración masculina

El ANAVA para floración masculina, no mostró diferencias estadísticas significativas para ninguna fuentes de variación del modelo por obtener un $p > 0.05$; por lo que, se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no tuvo ningún efecto sobre este carácter fenológico del maíz amarillo duro (Tabla 10).

Tabla 10

ANAVA para días a la floración masculina

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	6.611111111	11	0.60101010	1.40	0.2342
Bloques	2.22222222	3	0.74074074	1.73	0.1876
Tratamiento	4.38888889	8	0.54861111	1.28	0.2991
Error	10.27777778	24	0.42824074		
Total	16.88888889	35			

CV = 1.14%

El coeficiente de variación (CV = 1.14%) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 10).

El promedio experimental fue 57.56 días a la floración masculina, lo que presenta un ciclo fenológico intermedio, siendo este un dato clave para la planificación agronómica y proyectos de selección y mejoramiento genético.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad de siembra S35G25 (114 286 plantas/ha), que registró 58.00 días a la floración masculina. Le siguieron los tratamientos con

densidades S30G25 (113 333 plantas/ha), S30G22 (151 515 plantas/ha), S35G22 (129 870 plantas/ha), S40G25 (100 000 plantas/ha), S30G28 (119 048 plantas/ha), S40G22 (113 636 plantas/ha) y S40G28 (89 286 plantas/ha), con valores que oscilaron entre 57.75 y 57.25 días, mientras que el tratamiento con densidad S35G28 (102 041 plantas/ha) se ubicó en el último lugar, registrando 56.75 días (Tabla 11, figura 3).

Tabla 11

Días a la floración masculina

OM.	Tratamientos	Días floración masculina	Signif.
1	S35G25 (114 286 plantas)	58.00	A
2	S30G25 (113 333 plantas)	57.75	AB
3	S30G22 (151 515 plantas)	57.75	AB
4	S35G22 (129 870 plantas)	57.75	AB
5	S40G25 (100 000 plantas)	57.75	AB
6	S30G28 (119 048 plantas)	57.50	AB
7	S40G22 (113 636 plantas)	57.50	AB
8	S40G28 (89 286 plantas)	57.25	AB
9	S35G28 (102 041 plantas)	56.75	B
	Promedio	57.56	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 3

Días a la floración masculina



4.1.3. Días a la floración femenina

El ANAVA para floración femenina, no evidenció diferencias estadísticas significativas para ninguna fuente de variación del modelo por obtener un $p > 0.05$; por lo que, se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no tuvo ningún efecto en este parámetro fenológico del maíz amarillo duro (Tabla 12).

Tabla 12

ANAVA para días a la floración femenina

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	3.47222222	11	0.31565657	1.11	0.3964
Bloques	1.41666667	3	0.47222222	1.66	0.2025
Tratamiento	2.05555556	8	0.25694444	0.90	0.5303
Error	6.83333333	24	0.28472222		
Total	10.30555556	35			

CV = 0.89%

El coeficiente de variación ($CV = 0.89\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados del experimento (Tabla 12).

El promedio experimental fue 60.14 días a la floración femenina, lo que señala que esta línea alcanza la emisión de estigmas en un ciclo fenológico intermedio, lo cual es relevante para evaluar la sincronía floral y el éxito reproductivo.

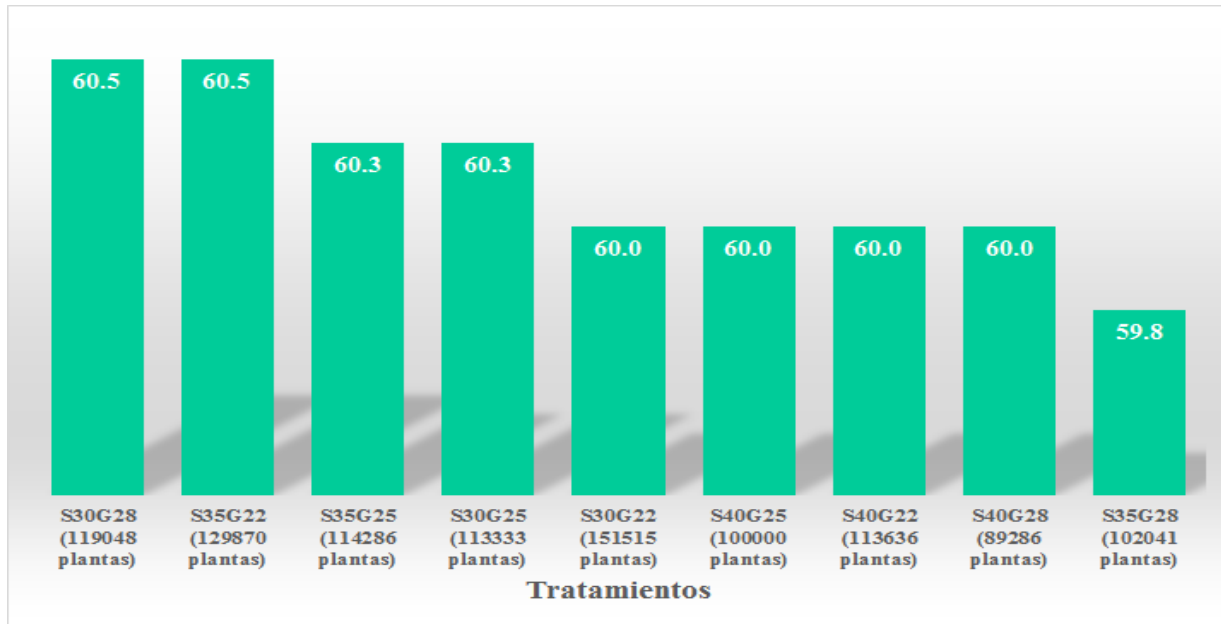
La prueba de Duncan para días a la floración femenina no existió diferencias estadísticas significativas; no obstante, el tratamiento con densidad S30G28 (11 9048 plantas) ocupó el primer lugar con 60.50 días, mientras que en el último lugar se ubicó el tratamiento con densidad de S35G28 (102 041 plantas) con 59.75 días (Tabla 13, figura 4).

Tabla 13

Días a la floración femenina

OM.	Tratamientos	Días floración femenina	Signif.
1	S30G28 (119 048 plantas)	60.50	A
2	S35G22 (129 870 plantas)	60.50	A
3	S35G25 (114 286 plantas)	60.25	A
4	S30G25 (113 333 plantas)	60.25	A
5	S30G22 (151 515 plantas)	60.00	A
6	S40G25 (100 000 plantas)	60.00	A
7	S40G22 (113 636 plantas)	60.00	A
8	S40G28 (89 286 plantas)	60.00	A
9	S35G28 (102 041 plantas)	59.75	A
Promedio		60.14	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 4*Días a la floración femenina***4.1.4. Altura de planta (m)**

El ANAVA para altura de planta, no mostró diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación del modelo, por obtener un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no influyó de manera significativa en este componente morfológico del maíz amarillo duro (Tabla 14).

Tabla 14*ANAVA para altura de planta*

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	819.977500	11	74.543409	0.62	0.7954
Bloques	323.5875000	3	107.8625000	0.89	0.4582
Tratamiento	496.3900000	8	62.0487500	0.51	0.8335
Error	2893.130000	24	120.547083		
Total	3713.107500	35			

CV = 5.76%

El coeficiente de variación ($CV = 5.76\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 14).

El promedio experimental fue 1.9 metros de altura de planta, lo que refleja un porte intermedio, característico de materiales mejorados que buscan equilibrar vigor vegetativo y resistencia a la tumbada.

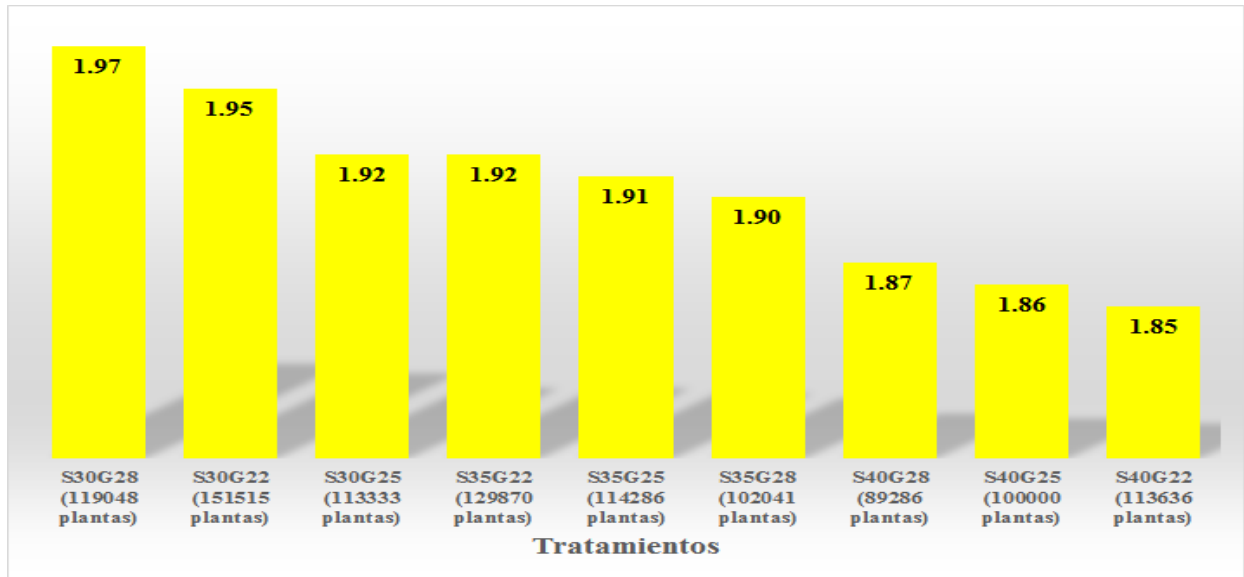
La prueba de comparación múltiple de Duncan para la altura de planta no mostró diferencias estadísticas significativas entre los promedios evaluados; sin embargo, el tratamiento con densidad de siembra S30G28 (119 048 plantas/ha) alcanzó la mayor altura con 1.97 metros, mientras que el tratamiento con densidad S40G22 (113 636 plantas/ha) registró la menor altura, con 1.85 metros (Tabla 15, figura 5).

Tabla 15

Altura de planta (m)

OM.	Tratamientos	Altura planta (m)	Signif.
1	S30G28 (119 048 plantas)	1.97	A
2	S30G22 (151 515 plantas)	1.95	A
3	S30G25 (113 333 plantas)	1.92	A
4	S35G22 (129 870 plantas)	1.92	A
5	S35G25 (114 286 plantas)	1.91	A
6	S35G28 (102 041 plantas)	1.90	A
7	S40G28 (89 286 plantas)	1.87	A
8	S40G25 (100 000 plantas)	1.86	A
9	S40G22 (113 636 plantas)	1.85	A
	Promedio	1.91	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 5*Altura de planta (m)***4.1.5. Altura de mazorca (m)**

El ANAVA para altura de mazorca, no mostró diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación del modelo, obtener un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no tuvo un efecto significativo sobre este carácter morfológico del maíz amarillo duro (Tabla 16).

Tabla 16*ANAVA para altura de mazorca*

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	561.182297	11	51.016572	1.19	0.3460
Bloques	110.0745417	3	36.6915139	0.85	0.4782
Tratamiento	451.1077556	8	56.3884694	1.31	0.2844
Error	1031.126933	24	42.963622		
Total	1592.309231	35			

CV = 5.31%

El coeficiente de variación ($CV = 5.31\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 16).

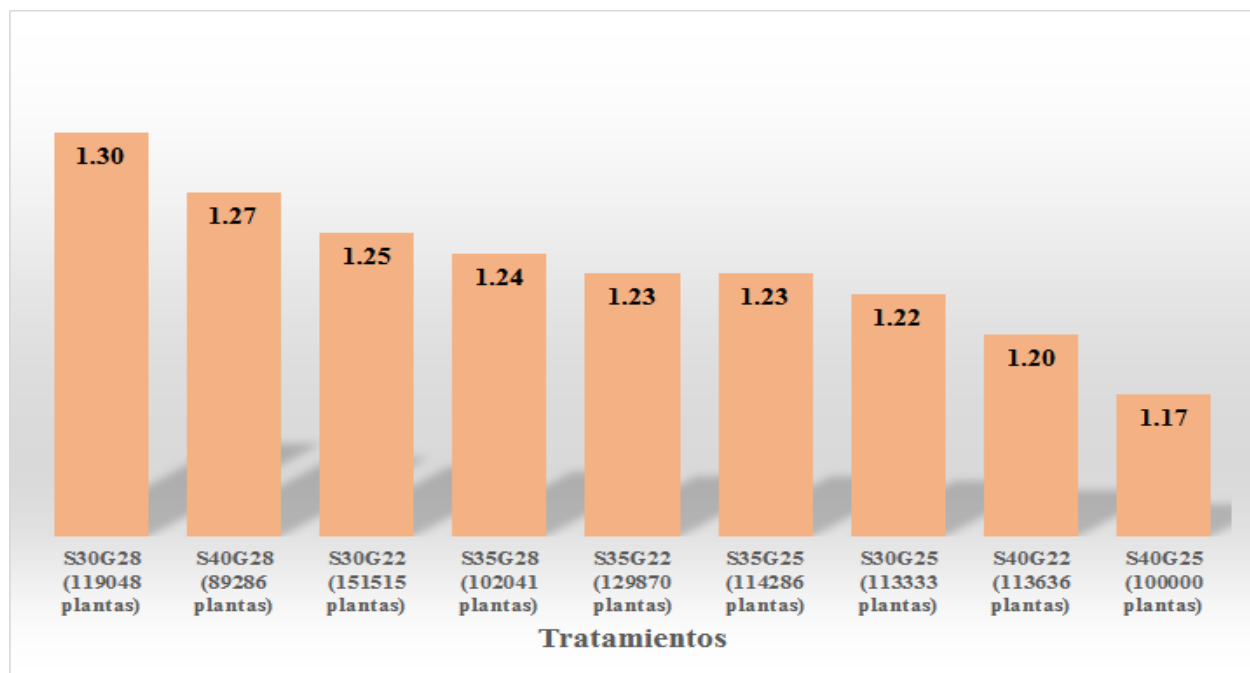
El promedio experimental fue 1.23 metros de altura de mazorca, lo que sugiere una buena distribución de biomasa y un centro de gravedad adecuado, lo cual contribuye a una mayor estabilidad de la planta y menor riesgo a la tumbada.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad de siembra S30G28 (119 048 plantas/ha), que alcanzó la mayor altura con 1.30 m, destacándose sobre los demás tratamientos evaluados., sigue los tratamientos con densidades S40G28 (89 286 plantas), S30G22 (151 515 plantas), S35G28 (102 041 plantas), S35G22 (129 870 plantas), S35G25 (114 286 plantas), S30G25 (113 333 plantas) y S40G22 (113 636 plantas) con valores que fluctúan entre 1.27 a 1.2 metros, quedando en último lugar el tratamiento con densidad S40G25 (100 000 plantas) con 1.17 metros (Tabla 17, figura 6).

Tabla 17*Altura de mazorca (m)*

OM:	Tratamientos	Altura mazorca (m)	Signif.
1	S30G28 (119 048 plantas)	1.30	A
2	S40G28 (89 286 plantas)	1.27	AB
3	S30G22 (151 515 plantas)	1.25	AB
4	S35G28 (102 041 plantas)	1.24	AB
5	S35G22 (129 870 plantas)	1.23	AB
6	S35G25 (114 286 plantas)	1.23	AB
7	S30G25 (113 333 plantas)	1.22	AB
8	S40G22 (113 636 plantas)	1.20	AB
9	S40G25 (100 000 plantas)	1.17	B
	Promedio	1.23	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p>0.05$)

Figura 6*Altura de mazorca (m)*

4.1.6. Humedad de cosecha (%)

El análisis de varianza para porcentaje de humedad a la cosecha no evidenció diferencias estadísticas significativas en ninguna de las fuentes de variación por tener un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no influyó de manera significativa en este parámetro del maíz amarillo duro (Tabla 18).

Tabla 18

ANAVA para humedad de cosecha

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	26.99444444	11	2.45404040	2.15	0.0569
Bloques	5.77555556	3	1.92518519	1.69	0.1967
Tratamiento	21.21888889	8	2.65236111	2.32	0.0528
Error	27.41444444	24	1.14226852		
Total	54.40888889	35			

CV = 6.79%

El coeficiente de variación (CV = 6.79%) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados del experimento (Tabla 18).

El promedio experimental fue 15.74% de humedad de cosecha, lo que indica un contenido de humedad adecuado para la recolección y almacenamiento del grano, reduciendo el riesgo de deterioro postcosecha.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El

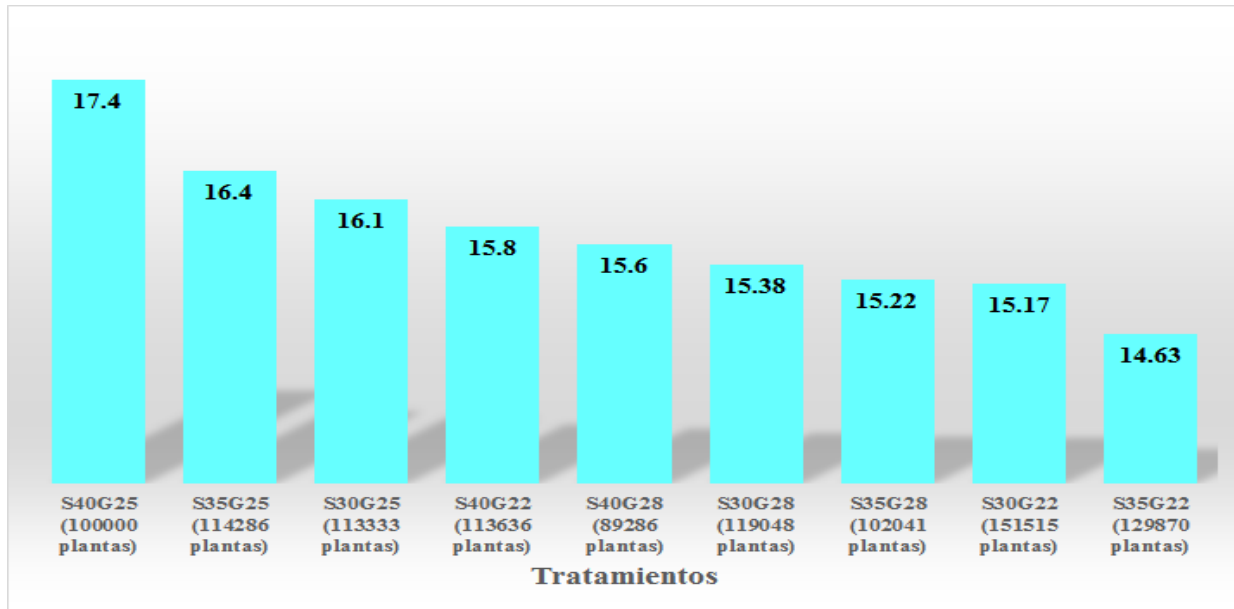
primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad de siembra S40G25 (100 000 plantas/ha), que registró el mayor porcentaje de humedad con 17.40%, destacándose respecto a los demás tratamientos, le sigue los tratamientos con densidades de S35G25 (114 286 plantas), S30G25 (113 333 plantas) y S40G22 (113 636 plantas) con valores de 16.40, 16.10 y 15.80% de humedad respectivamente, en el siguiente grupo se ubican los tratamientos con densidades de S40G28 (89286 plantas), S30G28 (119 048 plantas), S35G28 (102 041 plantas), S30G22 (151 515 plantas) y S35G22 (129 870 plantas) con valores que fluctúan entre 15.60 y 14.63% de humedad (Tabla 19, figura 7).

Tabla 19

Humedad de cosecha (%)

OM.	Tratamientos	Humedad (%)	Signif.
1	S40G25 (100 000 plantas)	17.40	A
2	S35G25 (114 286 plantas)	16.40	AB
3	S30G25 (113 333 plantas)	16.10	AB
4	S40G22 (113 636 plantas)	15.80	AB
5	S40G28 (89 286 plantas)	15.60	B
6	S30G28 (119 048 plantas)	15.38	B
7	S35G28 (102 041 plantas)	15.22	B
8	S30G22 (151 515 plantas)	15.17	B
9	S35G22 (129 870 plantas)	14.63	B
	Promedio	15.74	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 7*Humedad de cosecha (%)***4.1.7. Número de hileras por mazorca**

El análisis de varianza para número de hileras por mazorca no mostró diferencias estadísticas significativas en ninguna de las fuentes de variación por tener un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no ejerció un efecto significativo sobre este componente del rendimiento en el maíz amarillo duro (Tabla 20).

Tabla 20*ANAVA para número de hileras por mazorca*

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	3.12972222	11	0.28452020	1.77	0.1181
Bloques	0.36083333	3	0.12027778	0.75	0.5350
Tratamiento	2.76888889	8	0.34611111	2.15	0.0706
Error	3.86666667	24	0.16111111		
Total	6.99638889	35			

CV = 3.08%

El coeficiente de variación ($CV = 3.08\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 20).

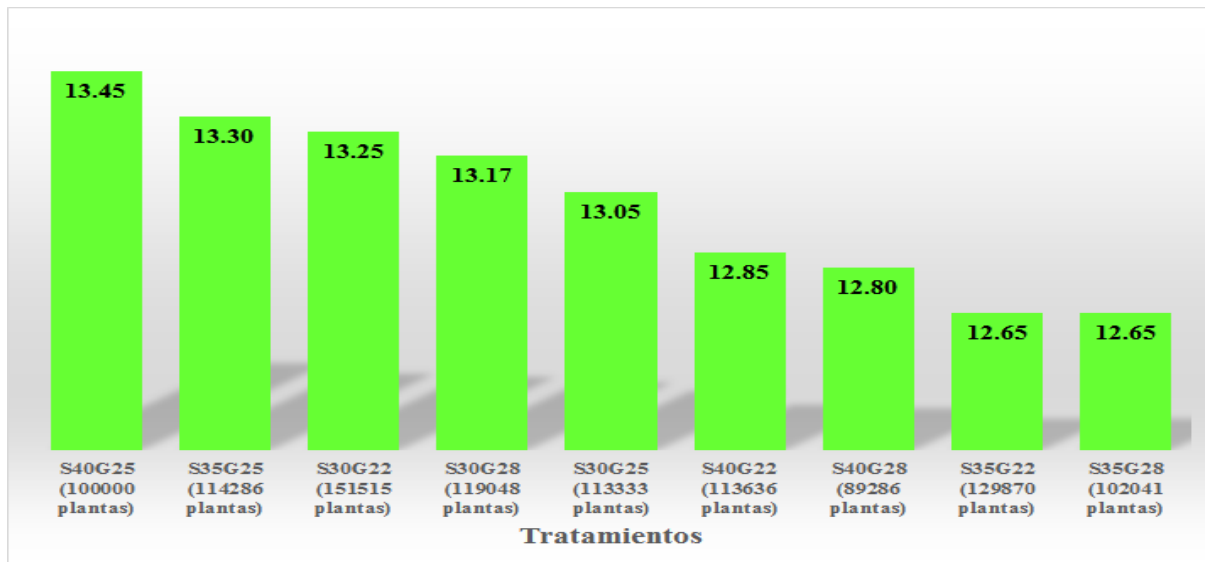
El promedio experimental fue 13.02 hileras por mazorca, lo que indica una buena conformación de la espiga, característica asociada con alto potencial de rendimiento.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El primero y superior liderado por el tratamiento con densidad de siembra S40G25 (100 000 plantas/ha), que alcanzó el mayor número promedio de hileras por mazorca con 13.45, superando al resto de tratamientos evaluados, le sigue los tratamientos con densidades de S35G25 (114 286 plantas), S30G22 (151 515 plantas), S30G28 (119 048 plantas), S30G25 (113 333 plantas), S40G22 (113 636 plantas) y S40G28 (89 286 plantas) con valores similares que fluctúan entre 13.30 y 12.80 hileras, ubicándose en el último lugar los tratamientos con densidades de S35G22 (129 870 plantas) y S35G28 (102 041 plantas) con 12.65 hileras (Tabla 21, figura 8).

Tabla 21*Número de hileras por mazorca*

OM.	Tratamientos	N° hileras/mazorca	Signif.
1	S40G25 (100 000 plantas)	13.45	A
2	S35G25 (114 286 plantas)	13.30	AB
3	S30G22 (151 515 plantas)	13.25	AB
4	S30G28 (119 048 plantas)	13.17	AB
5	S30G25 (113 333 plantas)	13.05	AB
6	S40G22 (113 636 plantas)	12.85	AB
7	S40G28 (89 286 plantas)	12.80	AB
8	S35G22 (129 870 plantas)	12.65	B
9	S35G28 (102 041 plantas)	12.65	B
Promedio		13.02	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p>0.05$)

Figura 8*Número de hileras por mazorca*

4.1.8. Número de granos por hilera

El análisis de varianza para el número de granos por hilera no evidenció diferencias estadísticas significativas en ninguna de las fuentes de variación por tener un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no tuvo un efecto significativo sobre este componente del rendimiento en el maíz amarillo duro (Tabla 22).

Tabla 22

ANAVA para número de granos por hilera

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	27.19444444	11	2.47222222	1.60	0.1624
Bloques	5.63888889	3	1.87962963	1.22	0.3255
Tratamiento	21.55555556	8	2.69444444	1.74	0.1396
Error	37.11111111	24	1.54629630		
Total	64.30555556	35			

CV = 6.26%

El coeficiente de variación (CV = 6.26%) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 22).

El promedio experimental fue 19.86 granos por hilera, lo que evidencia una buena capacidad de llenado de grano, lo cual contribuye directamente al potencial de rendimiento del cultivo; asimismo, refleja una disposición eficiente de los granos en la mazorca bajo las condiciones del experimento.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad S40G22 (113 636 plantas/ha), que

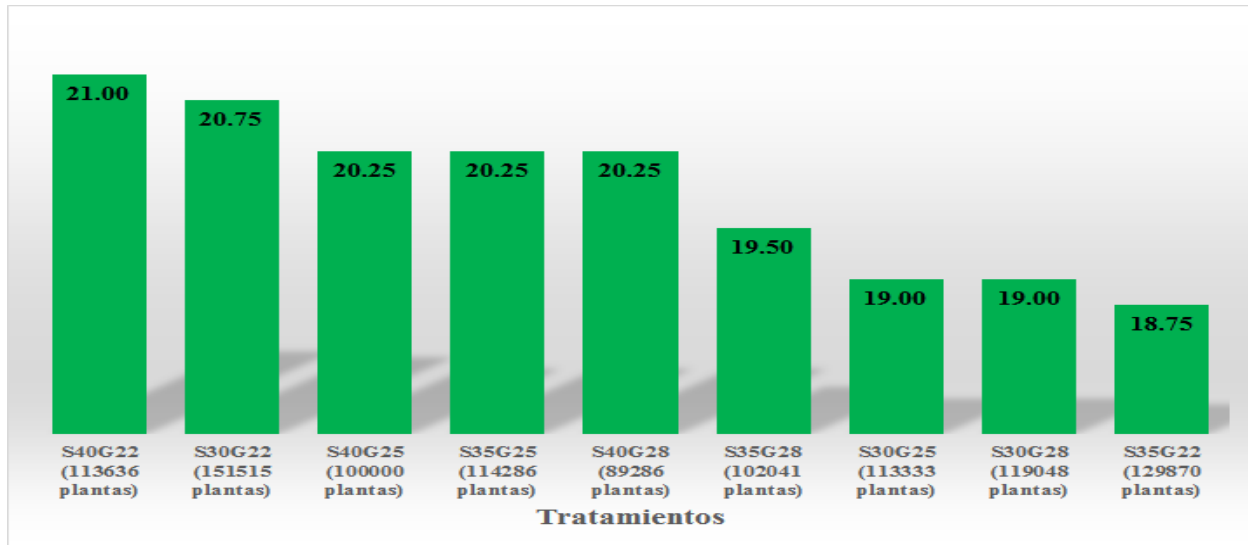
registró 21.00 granos por hilera, destacando sobre los demás tratamientos evaluados, le sigue los tratamientos con densidades de S30G22 (151 515 plantas), S40G25 (100 000 plantas), S35G25 (114 286 plantas), S40G28 (89 286 plantas), S35G28 (102 041 plantas), S30G25 (113 333 plantas) y S30G28 (119 048 plantas) con valores similares que fluctúan entre 20.75 y 19.00 granos, quedando en el último lugar el tratamiento con densidad de S35G22 (129 870 plantas) con 18.75 granos (Tabla 23, figura 9).

Tabla 23

Número de granos por hilera

OM.	Tratamientos	Nº granos/hilera	Signif.
1	S40G22 (113 636 plantas)	21.00	A
2	S30G22 (151 515 plantas)	20.75	AB
3	S40G25 (100 000 plantas)	20.25	AB
4	S35G25 (114 286 plantas)	20.25	AB
5	S40G28 (89 286 plantas)	20.25	AB
6	S35G28 (102 041 plantas)	19.50	AB
7	S30G25 (113 333 plantas)	19.00	AB
8	S30G28 (119 048 plantas)	19.00	AB
9	S35G22 (129 870 plantas)	18.75	B
	Promedio	19.86	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 9*Número de granos por hilera***4.1.9. Longitud de mazorca (cm)**

El análisis de varianza para la longitud de mazorca, mostró diferencias estadísticas significativas en la fuente de variación tratamientos, por tener $p < 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna, indicando que la densidad de siembra influyó de manera significativa en este componente del rendimiento del maíz amarillo duro (Tabla 24).

Tabla 24*ANAVA para longitud de mazorca*

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	11.94583333	11	1.08598485	2.69	0.0207
Bloques	3.17194444	3	1.05731481	2.62	0.0741
Tratamiento	8.77388889	8	1.09673611	2.72	0.0277*
Error	9.69055556	24	0.40377315		
Total	21.63638889	35			

CV = 6.15%

El coeficiente de variación ($CV = 6.15\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados del experimento (Tabla 24).

El promedio del experimento fue 10.33 cm de longitud de mazorca, lo que indica una estructura de espiga bien desarrollada, lo cual favorece una mayor disposición de hileras y granos. También, refleja una buena expresión genética del carácter bajo las condiciones del ensayo.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose tres subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad S40G22 (113 636 plantas/ha), que alcanzó una longitud promedio de 11.28 cm, le sigue los tratamientos con densidades de S35G25 (114 286 plantas), S40G28 (89 286 plantas), S30G22 (151 515 plantas), S40G25 (100 000 plantas) con valores similares de 10.80, 10.63, 10.45, 10.40 cm respectivamente, continúa los tratamientos con densidades de S35G22 (129 870 plantas), S30G25 (113 333 plantas) y S35G28 (102 041 plantas) con 10.05, 9.90 y 9.80 cm respectivamente, quedando en el último lugar el tratamiento con densidad de S30G28 (119 048 plantas) con 9.68 centímetros (Tabla 25, figura 10)

Tabla 25*Longitud de mazorca (cm)*

OM.	Tratamientos	Longitud mazorca (cm)	Signif.
1	S40G22 (113 636 plantas)	11.28	A
2	S35G25 (114 286 plantas)	10.80	AB
3	S40G28 (89 286 plantas)	10.63	ABC
4	S30G22 (151 515 plantas)	10.45	ABC
5	S40G25 (100 000 plantas)	10.40	ABC
6	S35G22 (129 870 plantas)	10.05	BC
7	S30G25 (113 333 plantas)	9.90	BC
8	S35G28 (102 041 plantas)	9.80	BC
9	S30G28 (119 048 plantas)	9.68	C
Promedio		10.33	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 10*Longitud de mazorca (cm)*

4.1.10. Diámetro de mazorca (cm)

El ANAVA para diámetro de mazorca, no mostró diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación del modelo, por poseer un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no influyó de manera significativa en este componente del rendimiento del maíz amarillo duro (Tabla 26).

Tabla 26

ANAVA para diámetro de mazorca

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	0.39027778	11	0.03547980	1.83	0.1051
Bloques	0.03638889	3	0.01212963	0.62	0.6061
Tratamiento	0.35388889	8	0.04423611	2.28	0.0569
Error	0.46611111	24	0.01942130		
Total	0.85638889	35			

CV = 3.56%

El coeficiente de variación (CV = 3.56%) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 26).

El promedio del experimento fue 3.92 cm de diámetro de mazorca, lo que evidencia una mazorca de conformación robusta, favorable para un mayor número de granos por hilera y un buen peso por unidad. Asimismo, confirma una arquitectura de mazorca adecuada para alto rendimiento bajo las condiciones del experimento.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose tres subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad S40G22 (113 636 plantas/ha), que

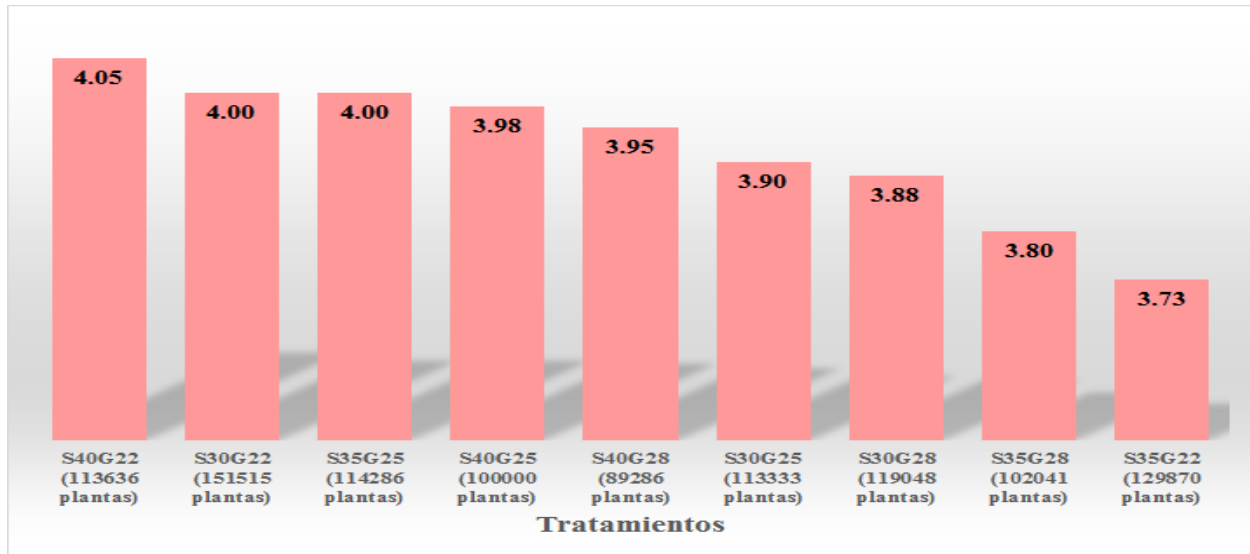
registró un diámetro promedio de 4.05 cm, le sigue los tratamientos con densidades de S30G22 (151 515 plantas), S35G25 (114 286 plantas), S40G25 (100 000 plantas), S40G28 (89 286 plantas), S30G25 (113 333 plantas) y S30G28 (119 048 plantas) con valores similares que fluctúan entre 4.00 y 3.88 cm, continua el tratamiento con densidad de S35G28 (102 041 plantas) con 3.80 cm, quedando en el último lugar el tratamiento con densidad de S35G22 (129 870 plantas) con 3.73 centímetros (Tabla 27, figura 11).

Tabla 27

Diámetro de mazorca (cm)

OM.	Tratamientos	Diámetro mazorca (cm)	Signif..
1	S40G22 (113 636 plantas)	4.05	A
2	S30G22 (151 515 plantas)	4.00	AB
3	S35G25 (114 286 plantas)	4.00	AB
4	S40G25 (100 000 plantas)	3.98	AB
5	S40G28 (89 286 plantas)	3.95	AB
6	S30G25 (113 333 plantas)	3.90	ABC
7	S30G28 (119 048 plantas)	3.88	ABC
8	S35G28 (102 041 plantas)	3.80	BC
9	S35G22 (129 870 plantas)	3.73	C
Promedio		3.92	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p>0.05$)

Figura 11*Diámetro de mazorca (cm)***4.1.11. Espesor del grano**

El ANAVA para espesor de grano, no mostró diferencias estadísticas significativas en ninguna de las fuentes de variación, por tener un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no tuvo un efecto significativo sobre este componente de rendimiento (Tabla 28).

Tabla 28*ANAVA para espesor de grano*

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	2.15370278	11	0.19579116	1.65	0.1473
Bloques	0.84125278	3	0.28041759	2.36	0.0963
Tratamiento	1.31245000	8	0.16405625	1.38	0.2538
Error	2.84777222	24	0.11865718		
Total	5.00147500	35			

CV = 4.36%

El coeficiente de variación ($CV = 4.36\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados del experimento (Tabla 28).

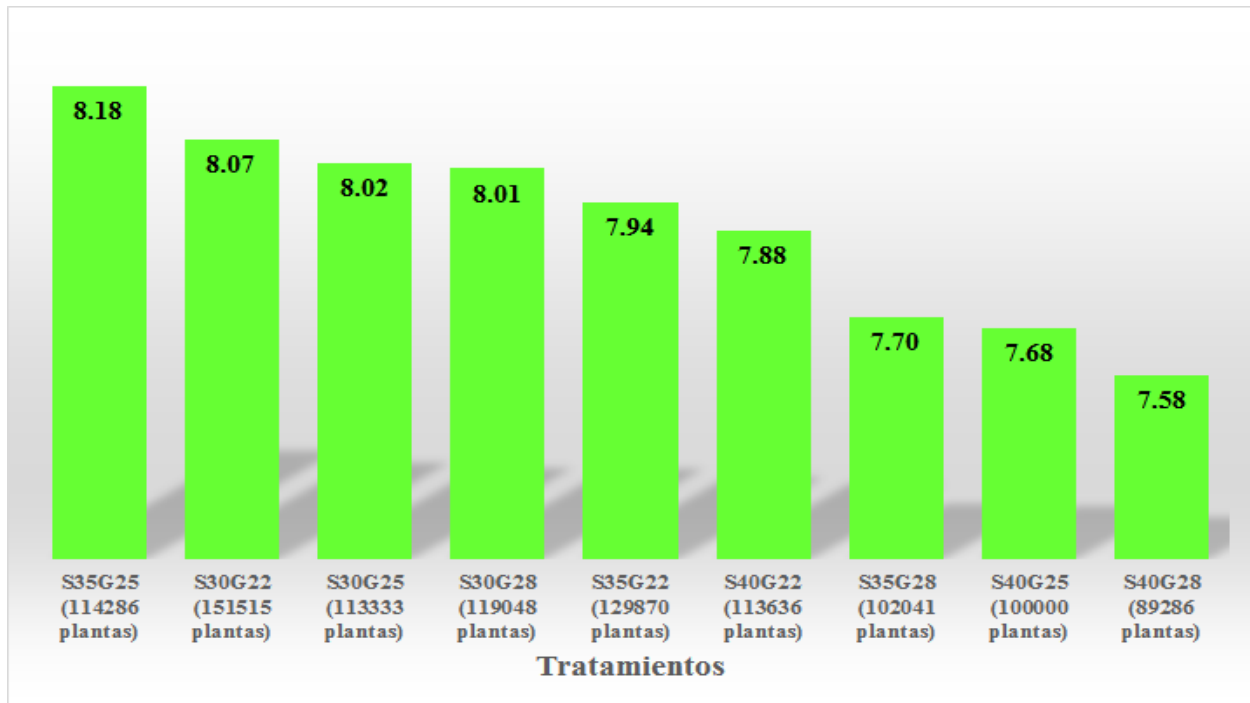
El promedio experimental fue 7.88 mm de espesor de grano, lo que indica una buena conformación física del grano, característica asociada a un mayor peso y calidad comercial; además, refleja una buena expresión del carácter morfológico bajo las condiciones del experimento.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose dos subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad S35G25 (114 286 plantas/ha), que alcanzó un espesor promedio de 8.18 mm., le sigue los tratamientos con densidades de S30G22 (151 515 plantas), S30G25 (113 333 plantas), S30G28 (119 048 plantas), S35G22 (129 870 plantas), S40G22 (113 636 plantas), S35G28 (102 041 plantas) y S40G25 (100 000 plantas) con valores similares que fluctúan entre 8.07 y 7.68 mm, quedando en el último lugar el tratamiento con densidad de S40G28 (89 286 plantas) con 7.58 mm de espesor de grano (Tabla 29, figura 12).

Tabla 29*Espesor de grano (mm)*

OM.	Tratamientos	Espesor grano (mm)	Signif.
1	S35G25 (114286 plantas)	8.18	A
2	S30G22 (151515 plantas)	8.07	AB
3	S30G25 (113333 plantas)	8.02	AB
4	S30G28 (119048 plantas)	8.01	AB
5	S35G22 (129870 plantas)	7.94	AB
6	S40G22 (113636 plantas)	7.88	AB
7	S35G28 (102041 plantas)	7.70	AB
8	S40G25 (100000 plantas)	7.68	AB
9	S40G28 (89286 plantas)	7.58	B
	Promedio	7.88	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p>0.05$)

Figura 12*Espesor de grano (mm)*

4.1.12. Ancho de grano (mm)

El análisis de varianza para el ancho de grano, mostró diferencias estadísticas significativas en la fuente de variación tratamientos por tener un $p < 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna, indicando que la densidad de siembra influyó de manera significativa en este componente de rendimiento (Tabla 30).

Tabla 30

ANAVA para ancho de grano

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	20.05666667	11	1.82333333	2.52	0.0280
Bloques	0.05666667	3	0.01888889	0.03	0.9941
Tratamiento	20.00000000	8	2.50000000	3.46	0.0086*
Error	17.33333333	24	0.72222222		
Total	37.39000000	35			

CV = 4.95%

El coeficiente de variación (CV = 4.95%) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 30).

El promedio experimental fue 17.19 mm, lo que muestra una buena dimensión física del grano, lo cual contribuye a un mayor peso individual y mejor apariencia comercial.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose tres subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad S30G28 (119 048 plantas/ha), que

registró un valor promedio de 18.68 mm., le sigue los tratamientos con densidades de S40G25 (100 000 plantas) y S30G25 (113 333 plantas) con 18.08 y 17.40 mm respectivamente, continúan los tratamientos con densidades de S40G28 (89 286 plantas), S35G28 (102 041 plantas), S40G22 (113 636 plantas) y S30G22 (151 515 plantas) con valores similares que fluctúan entre 17.20 y 16.70 mm, quedando en los últimos lugares los tratamientos con densidades de S35G25 (114 286 plantas) y S35G22 (129 870 plantas) con 16.40 y 16.23 mm respectivamente de ancho de grano (Tabla 31, figura 13).

Tabla 31

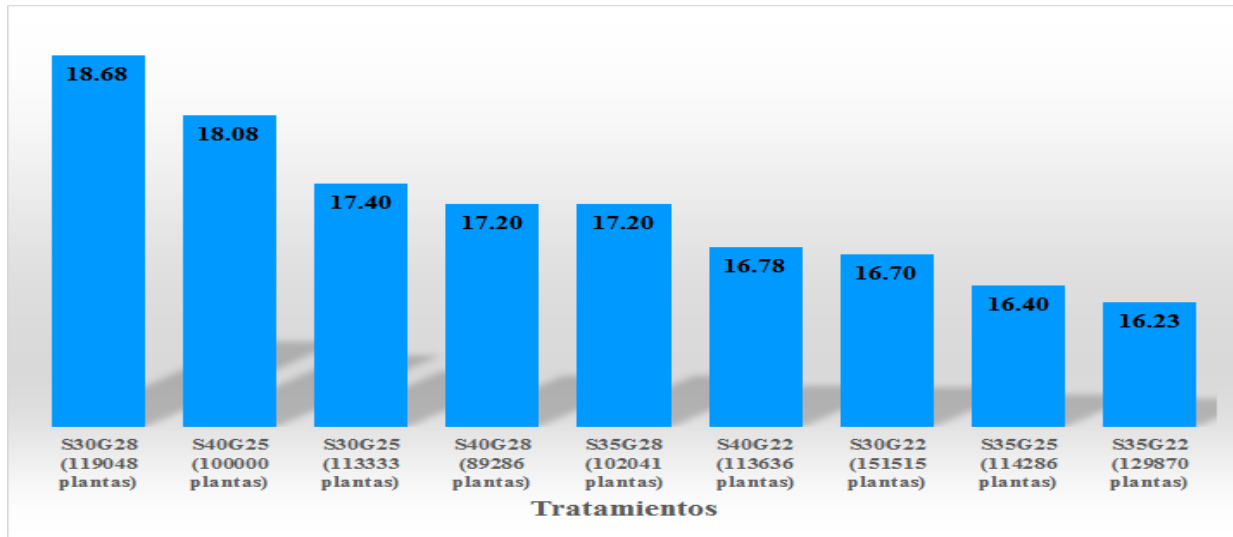
Ancho de grano (mm)

OM.	Tratamientos	Ancho grano (mm)	Signif.
1	S30G28 (119 048 plantas)	18.68	A
2	S40G25 (100 000 plantas)	18.08	AB
3	S30G25 (113 333 plantas)	17.40	ABC
4	S40G28 (89 286 plantas)	17.20	BC
5	S35G28 (102 041 plantas)	17.20	BC
6	S40G22 (113 636 plantas)	16.78	BC
7	S30G22 (151 515 plantas)	16.70	BC
8	S35G25 (114 286 plantas)	16.40	C
9	S35G22 (129 870 plantas)	16.23	C
	Promedio	17.19	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p>0.05$)

Figura 13

Ancho de grano (mm)



4.1.13. Longitud de grano (mm)

El análisis de varianza para la longitud de grano, evidenció diferencias estadísticas significativas en la fuente de variación tratamientos por tener un $p < 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna, indicando que la densidad de siembra influyó de manera significativa en este componente de rendimiento (Tabla 32)

Tabla 32

ANAVA para longitud de grano

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	20.09055556	11	1.82641414	3.61	0.0041
Bloques	1.28000000	3	0.42666667	0.84	0.4837
Tratamiento	18.81055556	8	2.35131944	4.65	0.0016*
Error	12.14500000	24	0.50604167		
Total	32.23555556	35			

CV = 3.73%

El coeficiente de variación ($CV = 3.73\%$) indica que el experimento presentó una muy buena precisión, según la clasificación propuesta por Martínez (1995) y de acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), los datos son muy homogéneos, lo que refleja una excelente uniformidad y confiabilidad en los resultados del experimento (Tabla 32).

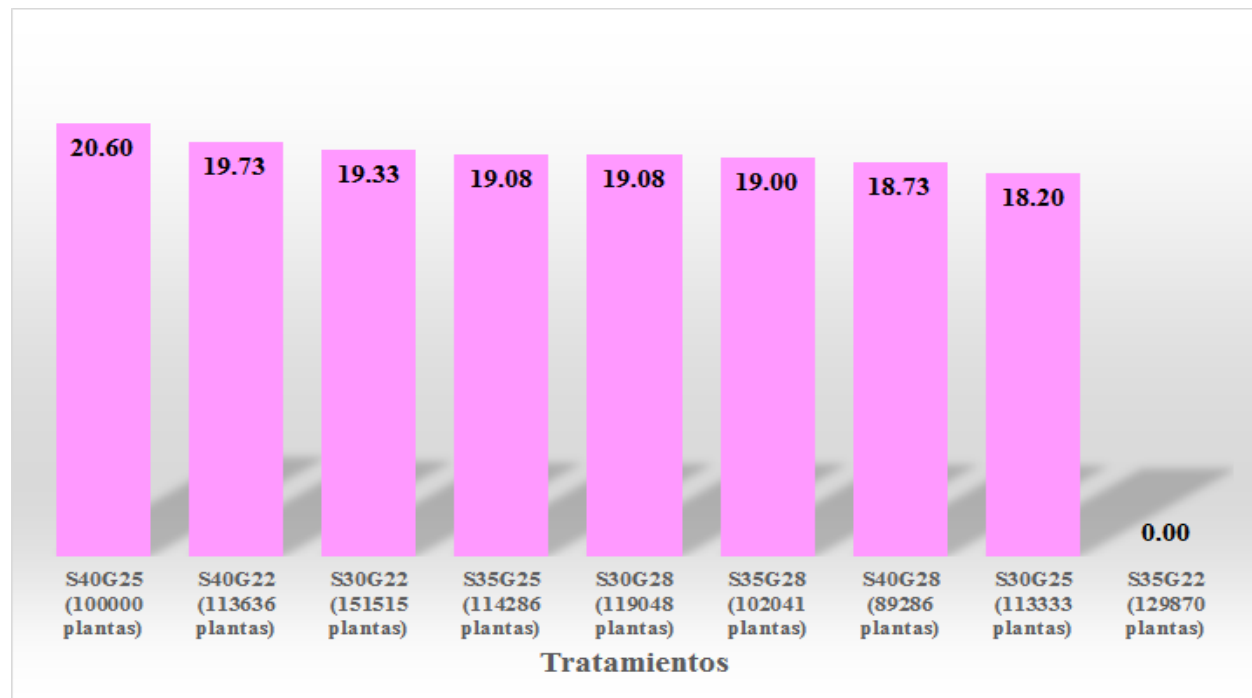
El promedio experimental fue 19.09 mm de longitud de grano, lo que indica un buen desarrollo morfológico del grano, favorable para el peso y la calidad del producto final. También refleja una característica estable y deseable para fines comerciales y de mejoramiento genético.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose cuatro subgrupos diferentes. El primero y superior conformado por los tratamientos con densidades S40G25 (100 000 plantas/ha) y S40G22 (113 636 plantas/ha), que presentaron valores de 20.60 mm y 19.73 mm respectivamente, le sigue el grupo formado por los tratamientos con densidades de S30G22 (151 515 plantas), S35G25 (114 286 plantas), S30G28 (119 048 plantas), S35G28 (102 041 plantas) y S40G28 (89 286 plantas) con valores similares que fluctúan entre 19.33 y 18.73 mm, continúa el tratamiento con densidad de S30G25 (113 333 plantas) con 18.20 mm, quedando en el último lugar el tratamiento con densidad S35G22 (129 870 plantas) con 18.08 mm (Tabla 33, figura 14).

Tabla 33*Longitud de grano (mm)*

OM.	Tratamientos	Longitud grano (mm)	Signif.
1	S40G25 (100000 plantas)	20.60	A
2	S40G22 (113636 plantas)	19.73	AB
3	S30G22 (151515 plantas)	19.33	BC
4	S35G25 (114286 plantas)	19.08	BCD
5	S30G28 (119048 plantas)	19.08	BCD
6	S35G28 (102041 plantas)	19.00	BCD
7	S40G28 (89286 plantas)	18.73	BCD
8	S30G25 (113333 plantas)	18.20	CD
9	S35G22 (129870 plantas)	18,08	D
	Promedio	19.09	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p>0.05$)

Figura 14*Longitud de grano (mm)*

4.1.14. Peso de 100 semillas (g)

El ANAVA para peso de 100 semillas, no mostró diferencias estadísticas significativas para ninguna de las fuentes de variación del modelo, por poseer un $p > 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis nula, indicando que la densidad de siembra no tuvo un efecto significativo sobre este componente de rendimiento (Tabla 34).

Tabla 34

ANAVA para peso de 100 semillas

F.V.	S. C.	G. L.	C. M.	F - Valor	P - Valor
Modelo	86.9789047	11	7.9071732	1.85	0.0998
Bloques	20.45179275	3	6.81726425	1.60	0.2159
Tratamiento	66.52711200	8	8.31588900	1.95	0.0985
Error	102.3619840	24	4.2650827		
Total	189.3408888	35			

CV = 11.15%

El coeficiente de variación (CV = 11.15%) indica que el trabajo presentó una buena precisión, de acuerdo a la clasificación propuesta por Martínez (1995). De acuerdo con los criterios de Toma y Rubio (2008), este valor muestra que datos regularmente homogéneos, lo que demuestra una consistencia adecuada y confiabilidad en los resultados experimentales (Tabla 34).

El promedio experimental fue 18.52 gramos, lo que revela una buena acumulación de materia seca por grano, lo cual contribuye directamente en el rendimiento de grano; además, refleja una adecuada expresión genética y eficiencia en el llenado de grano bajo las condiciones del experimento.

La prueba de comparación múltiple de Duncan muestra diferencias estadísticas significativas entre los valores medios analizados, identificándose tres subgrupos diferentes. El primero y superior encabezado por el tratamiento con densidad S40G25 (100 000 plantas/ha), que

alcanzó un peso promedio de 20.94 gramos, sigue los tratamientos con densidades de S35G25 (11 4286 plantas), S40G22 (113 636 plantas), S40G28 (89 286 plantas), S30G22 (151 515 plantas), S30G25 (113 333 plantas), S30G28 (119 048 plantas) y S35G28 (102 041 plantas) con valores similares que fluctúan entre 20.43 y 17.42 gramos, quedando en el último lugar el tratamiento con densidad de S35G22 (129 870 plantas) con 16.43 gramos (Tabla 35, figura 15).

Tabla 35

Peso de 100 semillas (g)

OM.	Tratamientos	Peso 100 semillas (g)	Signif.
1	S40G25 (100000 plantas)	20.94	A
2	S35G25 (114286 plantas)	20.43	AB
3	S40G22 (113636 plantas)	19.02	ABC
4	S40G28 (89286 plantas)	18.74	ABC
5	S30G22 (151515 plantas)	18.06	ABC
6	S30G25 (113333 plantas)	17.85	ABC
7	S30G28 (119048 plantas)	17.75	BC
8	S35G28 (102041 plantas)	17.42	BC
9	S35G22 (129870 plantas)	16.43	C
	Promedio	18.52	

Nota. Los promedios con una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$)

Figura 15

Peso de 100 semillas (g)



V. CONCLUSIONES

1. Las distintas densidades evaluadas influyeron significativamente sobre el rendimiento de grano de la línea CLO-2450. La densidad S30G25 (113 333 plantas/ha) registró el mayor rendimiento con 5 330,2 kg/ha, mientras que S35G22 (129 870 plantas/ha) obtuvo el valor más bajo con 3 237,8 kg/ha, siendo la diferencia de 2 092,4 kg/ha entre el primero y el último tratamiento en el orden de merito.
2. Las características que determinaron el rendimiento de la línea CLO - 2450 de maíz amarillo duro, fueron el número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de 100 semillas, cuyos valores promedios alcanzaron 13,02 hileras, 19,86 granos, 10,33 cm, 3,92 cm y 18,52 g, respectivamente.
3. La densidad de siembra óptima para la línea CLO-2450 en las condiciones edafoclimáticas del valle Chancay – Lambayeque fue S30G25 (113 333 plantas/ha), al presentar el mejor equilibrio entre población vegetal y disponibilidad de recursos, favoreciendo el aprovechamiento de luz, agua y nutrientes, y maximizando el rendimiento de grano.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda establecer la densidad de siembra S30G25 (113 333 plantas/ha) para la línea CLO-2450, considerando que esta densidad permite maximizar el rendimiento de grano y mejorar el aprovechamiento de los recursos disponibles en el valle Chancay – Lambayeque.
2. Se sugiere implementar prácticas de manejo agronómico orientadas a favorecer los componentes del rendimiento, tales como números de hileras por mazorca, número de granos por mazorca, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y peso de 100 semillas, dado su impacto directo en la productividad del cultivo.
3. Ajustar el manejo del cultivo en el valle Chancay - Lambayeque, mediante una adecuada programación de fertilización, riego y aprovechamiento de luz, agua y nutrientes, con el fin de mantener un equilibrio óptimo entre población vegetal y disponibilidad de recursos.

REFERENCIAS

- Arias, L. (2013, 22 de enero). *La mitad del valle Chancay-Lambayeque está salinizado*. Agraria.pe. <https://agraria.pe>
- AgriTotal. (2018). *Foliales en maíz, manejo*. Recuperado de <https://www.agritotal.com/nota/manejo-de-enfermedades-foliales-en-maíz/>
- Andrade, F. H., & Cirilo, A. G. (2022). *Fisiología del maíz y su relación con el rendimiento*. Editorial de la Universidad de Buenos Aires.
- Badu-Apraku, B., Fakorede, M. A. B., & Oyekunle, M. (2021). *Maize breeding for resilience in sub-Saharan Africa*. Springer Nature
- Becerra, L. Y. (2003). *Evaluación de 22 híbridos dobles experimentales de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en condiciones de costa central*. Tesis Ing. Agr. UNALM. Lima, Perú.
- CIMMYT - Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, (2021). *Manual de Mejoramiento de Maíz*.
- CIMMYT. (2005). *Guía para la toma de datos agronómicos y de laboratorio en maíz*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://repository.cimmyt.org/>
- Djalović, I., Simić, M., & Milić, V. (2024). *Optimal plant density is key for maximizing maize yield under varying environmental conditions*. *Frontiers in Plant Science*, 15 (1), 114–126. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.128964>](<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.128964>)
- Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas –DGESEP. (2018). *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2018*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego –

- MIDAGRI. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/resumen-ejecutivo-enis2018-rev18jul18.pdf>
- Duan, M., Chen, X., & Liu, Q. (2024). *Effect of maize canopy structure on light interception and yield formation*. *Agronomy*, 14(5), 1189–1204
- Erazo, G. J. A. (2005). *Estudio del maíz amarillo duro (Zea mays L.) Marginal T-28, bajo diferentes distanciamientos de siembra entre golpes dentro del surco y dosis de abonamiento nitrogenado en el Valle del Medio Piura*. Tesis. U.N.P. Piura. 100 p.
- Facundo, Ch. S. Y. (2008). *Evaluación de la producción de algunos genotipos de maíz (Zea mays L.) a diferentes densidades de siembra*. Tesis. U.N.P. 94 p.
- FAO. (2023). *El maíz: Cultivo y producción mundial*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- FAO. (2013). *Guía para la evaluación de rendimiento y calidad en cultivos de cereales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org>
- FAO, (2001). *El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x7650s08.htm>
- FAOSTAT. (2018). *Cultivos*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Ferraris, G.; Couretot, L. (2004). *Ensayo comparativo de híbridos comerciales de maíz en el área de Colón – Wheelwright, Argentina*. Desarrollo Rural INTA Pergamino. Proyecto Regional Agrícola. Actualizado al 15 de enero de 2012.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *Statistical Yearbook 2023: World Food and Agriculture*. FAO.
- Foreign Agricultural Service. (2020). *World Agricultural Production*. United States Department of Agriculture.
- Galvez, A., Ruiz, J., & Córdova, R. (2019). *Manejo agronómico del maíz amarillo duro bajo condiciones de costa norte del Perú*. *Revista Peruana de Agronomía*, 6(2), 45–53.
- Gómez, L., Hernández, J., & Rojas, C. (2012). *Metodología para la evaluación agronómica de maíz (Zea mays L.) en condiciones de campo*. Universidad Nacional Agraria La Molina
- Gómez, K. A., & Gómez, A. A. (1984). *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Halley, P. J. & Avérous, Lu. (2014). *Starch Polymers: From Genetic engineering to Green applications*. USA: Elsevier
- Hernández, F. (2013). *Efecto de la densidad de siembra en los rendimientos y calidad de los cultivos*. *Asistencia Técnica Agrícola*. En: WWW.agrotecnología.tropical.com
- Hochholdinger, F. (2004). *Genetic dissection of root formation in maize (Zea mays L.)*. *Plant Molecular Biology*, 55(1), 39–48.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2023). *Informe técnico anual de líneas y variedades de maíz amarillo duro evaluadas en la costa norte del Perú*. INIA, Estación Experimental Vista Florida.
- INIA (2020). *Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro*. Lima – Perú.

- INIA (2017). *Guía técnica del cultivo de maíz amarillo duro para la costa peruana*. Ministerio de Agricultura y Riego del Perú.
- Iowa State University. (2020). *Corn Growth and Development (PMR 1009)*.
- Iowa State University Extension and Outreach. Lertrat, K., y Pulam, T. (2007). *Breeding for Increased Sweetness in Sweet Corn*. *International Journal of Plant Breeding* 1(1), 27-30.
- Martínez, M., Torres, E., & Paredes, J. (2018). *Evaluación de características morfológicas y agronómicas de variedades de maíz (Zea mays L.) en condiciones de la sierra norte del Perú*. *Revista Peruana de Agronomía*, 2(1), 45–54.
<https://doi.org/10.21704/rpa.v2i1.1123>
- Martínez, R., Kolln, O. y de Castro Gava, G. (2017). *Evaluación de la densidad de plantas, componentes fenológicos de producción y rendimiento de granos en diferentes materiales genéticos de maíz*. *Idesia (Arica)*, 35(3), 23-30.
- Martínez O, R. (1995). *Coefficientes de variabilidad Agronomía Tropical*. 20(2): 81-95
- Martínez A. G. (1988). *"Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría"*. Edit. Trillas. México D. F.- México.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI). (2024). *Boletín estadístico agrícola: Producción y rendimiento del maíz amarillo duro en el Perú*. Dirección General de Estadística Agraria.
- MIDAGRI (2021). *Boletín técnico del maíz amarillo duro: Campaña agrícola costa norte 2020–2021*. Dirección General de Desarrollo Agrícola.

- Morales, N. (2019). *Efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de cuatro híbridos de maíz (Zea mays L.), bajo condiciones de Pueblo Nuevo (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1651>
- Pinedo. (2015). *Niveles de Fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea Mayz L.) en La localidadde Canaánayacucho (Tesis de maestría)*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Prasanna, B., Vasal, S., Bantte, K., Singh, N. (2001). Quality Protein Maize. *Curr. Sci.*. 81: 25-1001.
- Puicón, A. C.A. (2000). *Efecto del distanciamiento de siembra entre golpes dentro del surco a diferentes dosis de nitrógeno en el cultivo de maíz (Zea mays L.) PM-104*. Trabajo de investigación U.N.P. Facultad de Agronomía. 26 p.
- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., Garcia-Casal, M. N. (2014). *Global maize production, utilization, and consumption. Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112.
- Reto, F. A. (2006). *Estudio de tres densidades de siembra y tres fuentes de nitrógeno en el cultivo de maíz amarillo duro (Zea mays L.) PM-103*. Tesis. U.N.P. 84 p.
- Ritchie, S. W., Hanway, J. J., & Benson, G. O. (1993). *How a corn plant develops (Special Report No. 48)*. Iowa State University of Science and Technology
- Shao, H., Zhang, G., & Wang, L. (2024). *Effects of planting density on photosynthetic performance and yield of maize hybrids under field conditions*. *Field Crops Research*, 302 (115589).<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.115589><https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.115589>

Sánchez. (2014). *Maíz I (Zea mays)*. Reduca (Biología). Serie Botánica. 7 (2): 151-171, 2014.

Sangermán-Jarquín, D.M., O-Olán, M, Gámez-Vásquez, A., Navarro-Bravo, A., Ávila-Perches, M.A., Rindermann, R. (2018). *Ethnography and prevalence of native maize in San Juan Ixtenco, Tlaxcala, with emphasis in pod corn (Zea may var. Tunicada A. St. Hil.)*. Revista Fitotecnia Mexicana 41: 451-549

Sánchez, V. (2007). *Efecto de la fertirrigación nitrogenada – potásica en el crecimiento y rendimiento de tres híbridos de maíz (Zea mays L.) bajo R.L.A.F. goteo*. Tesis Ing. Agr. UNALM, Lima, Perú.

SeedsGallery. (2020). *Semillas de Maíz Tunicado*. Recuperado de <https://www.seeds-gallery.shop/es/inicio/semillas-de-maiz-tunicado-zea-mays-tunicata.html>

Sistema Integrado de Estadística Agraria-SIEA. (2020). *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019*. Ministerio de Agricultura y Riego –MINAGRI. Recuperado de http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/Libro%20Resultado%20ENIS%202019-2020_260719.pdf

Sistema Integrado de Estadística Agraria –SIEA. (2018). *Boletín de Maíz Amarillo duro*. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=2018-bolet%3%ADn-de-ma%3%ADz-amarillo-duro>

Unisem (2011). *Densidad de siembra para maíz*. México.

United States Department of Agriculture. (2020). *USDA, FAS Grain: Worldmarkets and Trade*. Recuperado de <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>

- Vásquez, Gabriel. (2009). *Comparativo de Rendimiento de 32 híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo condiciones agroclimáticas de la parte media del Valle Chancay Lambayeque*. Tesis/Ing. Agrónomo). Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2009, 122p
- Vega, E. (2006). *Comportamiento de híbridos experimentales y comerciales de maíz amarillo duro en condición de Costa central*. Tesis Mg. Sc. UNALM, Lima, Perú.
- Villegas, M. Y. (2006). *Evaluación de algunos híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.) a diferentes densidades de siembra en el Valle del Medio Piura*. Tesis. U.N.P. 87 p.
- Zhang, G., Zhao, J., & Li, Y. (2022). *Optimizing planting density to increase maize yield and resource-use efficiency: A review*. *Agronomy*, 12 (7), 1679. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071679>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de las características evaluadas

Anexo 1.1. Análisis de varianza para rendimiento de grano (kg/ha)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	24859215.27	2259928.66	3.77	0.0032
BLO	3	11243436.17	3747812.06	6.26	0.0027
TRA	8	13615779.10	1701972.39	2.84	0.0226
Error	24	14378990.46	599124.60		
Total corregido	35	39238205.73			

Coef Var	RDT01 Media
19.44759	3980.090

Anexo 1.2. Análisis de varianza para días a la floración masculina

Procedimiento GLM

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores
BLO	4	1 2 3 4
TRA	9	T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9

Número de observaciones leídas 36
Número de observaciones usadas 36
Sistema SAS 13:16 Tuesday, October 14, 2014 153

Procedimiento GLM

Variable dependiente: FM (Floración masculina)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	6.61111111	0.60101010	1.40	0.2342
BLO	3	2.22222222	0.74074074	1.73	0.1876
TRA	8	4.38888889	0.54861111	1.28	0.2991
Error	24	10.27777778	0.42824074		
Total, corregido	35	16.88888889			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FM Media
0.391447	1.136990	0.654401	57.55556

Anexo 1.3. Análisis de varianza para días a la floración femenina

Procedimiento GLM

Variable dependiente: FF (Floración femenina)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	3.47222222	0.31565657	1.11	0.3964
BLO	3	1.41666667	0.47222222	1.66	0.2025
TRA	8	2.05555556	0.25694444	0.90	0.5303
Error	24	6.83333333	0.28472222		
Total corregi	35	10.30555556			

R-cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	FF Media
0.336927	0.887269	0.533594	60.13889

Anexo 1.4. Análisis de varianza para altura de planta

Procedimiento GLM

Variable dependiente: AP (Altura de planta)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	819.977500	74.543409	0.62	0.7954
BLO	3	323.5875000	107.8625000	0.89	0.4582
TRA	8	496.3900000	62.0487500	0.51	0.8335
Error	24	2893.130000	120.547083		
Total corregi	35	3713.107500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	AP Media
0.220833	5.764218	10.97939	190.4750

Anexo 1.5. Análisis de varianza para altura de mazorca

Variable dependiente: AM (Altura de mazorca)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	561.182297	51.016572	1.19	0.3460
BLO	3	110.0745417	36.6915139	0.85	0.4782
TRA	8	451.1077556	56.3884694	1.31	0.2844
Error	24	1031.126933	42.963622		
Total corregido	35	1592.309231			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	AM Media
0.352433	5.312953	6.554664	123.3714

Anexo 1.6. Análisis de varianza para porcentaje de humedad de cosecha

Variable dependiente: HU (Humedad de cosecha)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	26.99444444	2.45404040	2.15	0.0569
BLO	3	5.77555556	1.92518519	1.69	0.1967
TRA	8	21.21888889	2.65236111	2.32	0.0528
Error	24	27.41444444	1.14226852		
Total corregi	35	54.40888889			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	HU Media
0.496140	6.788233	1.068770	15.74444

Anexo 1.7. Análisis de varianza para número de hileras por mazorca

Variable dependiente: NH (Numero de hileras)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	3.12972222	0.28452020	1.77	0.1181
BLO	3	0.36083333	0.12027778	0.75	0.5350
TRA	8	2.76888889	0.34611111	2.15	0.0706
Error	24	3.86666667	0.16111111		
Total corregido	35	6.99638889			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	NH Media
0.447334	3.082977	0.401386	13.01944

Anexo 1.8. Análisis de varianza para número de granos por hileras

Variable dependiente: NGH (Numero de granos por hilera)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	27.19444444	2.47222222	1.60	0.1624
BLO	3	5.63888889	1.87962963	1.22	0.3255
TRA	8	21.55555556	2.69444444	1.74	0.1396
Error	24	37.11111111	1.54629630		
Total corregido	35	64.30555556			

R-cuadrado	0.422894	Coef Var	6.260987	Raíz MSE	1.243502	NGH Media	19.86111
------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

Anexo 1.9. Análisis de varianza para longitud de mazorca

Variable dependiente: LM (Longitud de mazorca)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	11.94583333	1.08598485	2.69	0.0207
BLO	3	3.17194444	1.05731481	2.62	0.0741
TRA	8	8.77388889	1.09673611	2.72	0.0277*
Error	24	9.69055556	0.40377315		
Total corregido	35	21.63638889			

R-cuadrado	0.552118	Coef Var	6.150990	Raíz MSE	0.635431	LM Media	10.33056
------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Anexo 1.10. Análisis de varianza para diámetro de mazorca

Variable dependiente: DM (Diámetro de mazorca)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	0.39027778	0.03547980	1.83	0.1051
BLO	3	0.03638889	0.01212963	0.62	0.6061
TRA	8	0.35388889	0.04423611	2.28	0.0569
Error	24	0.46611111	0.01942130		
Total corregido	35	0.85638889			

R-cuadrado	0.455725	Coef Var	3.555614	Raíz MSE	0.139360	DM Media	3.919444
------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Anexo 1.11. Análisis de varianza para espesor de grano

Variable dependiente: EPG (Espesor del grano)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	2.15370278	0.19579116	1.65	0.1473
BLO	3	0.84125278	0.28041759	2.36	0.0963
TRA	8	1.31245000	0.16405625	1.38	0.2538
Error	24	2.84777222	0.11865718		
Total corregido	35	5.00147500			

R-cuadrado	0.430614	Coef Var	4.361716	Raíz MSE	0.344467	EPG Media	7.897500
------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

Anexo 1.12. Análisis de varianza para ancho de grano

Variable dependiente: ANG (ancho del grano)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	20.05666667	1.82333333	2.52	0.0280
BLO	3	0.05666667	0.01888889	0.03	0.9941
TRA	8	20.00000000	2.50000000	3.46	0.0086*
Error	24	17.33333333	0.72222222		
Total corregido	35	37.39000000			

R-cuadrado	0.536418	Coef Var	4.945703	Raíz MSE	0.849837	ANG Media	17.18333
------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

Anexo 1.13. Análisis de varianza para longitud de grano

Variable dependiente: LGG (longitud del grano)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	20.09055556	1.82641414	3.61	0.0041
BLO	3	1.28000000	0.42666667	0.84	0.4837
TRA	8	18.81055556	2.35131944	4.65	0.0016*
Error	24	12.14500000	0.50604167		
Total corregido	35	32.23555556			

R-cuadrado	0.623242	Coef Var	3.726598	Raíz MSE	0.711366	LGG Media	19.08889
------------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	----------

Anexo 1.14. Análisis de varianza para peso de 100 semillas

Variable dependiente: P100 (Peso de 100 semillas)

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	11	86.9789047	7.9071732	1.85	0.0998
BLO	3	20.45179275	6.81726425	1.60	0.2159
TRA	8	66.52711200	8.31588900	1.95	0.0985
Error	24	102.3619840	4.2650827		
Total corregido	35	189.3408888			

R-cuadrado	0.459377	Coef Var	11.15349	Raíz MSE	2.065208	P100 Media	18.51625
------------	----------	----------	----------	----------	----------	------------	----------

Anexo 2. Prueba de Duncan para las características evaluadas

Anexo 2.1. Prueba de Duncan para rendimiento de grano (kg/ha)

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	5330.2	4	T2
B A	4326.3	4	T1
B A	4310.5	4	T3
B A	4188.3	4	T5
B	3835.8	4	T9
B	3806.2	4	T6
B	3485.1	4	T8
B	3300.6	4	T7
B	3237.8	4	T4

Anexo 2.2. Prueba de Duncan para días a la floración masculina

Prueba del rango múltiple de Duncan para FM (floración masculina)

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	24
Error de cuadrado medio	0.428241

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	0.955	1.003	1.034	1.056	1.072	1.085	1.095	1.103

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	58.0000	4	T5
B A	57.7500	4	T2
B A	57.7500	4	T1
B A	57.7500	4	T4
B A	57.7500	4	T8
B A	57.5000	4	T3
B A	57.5000	4	T7
B A	57.2500	4	T9
B	56.7500	4	T6

Anexo 2.3. Prueba de Duncan para días a la floración femenina

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para FF (floración femenina)

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	24
Error de cuadrado medio	0.284722

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	.7787	.8179	.8430	.8608	.8741	.8843	.8925	.8990

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
---------------------	-------	---	-----

A	60.5000	4	T3
A	60.5000	4	T4
A	60.2500	4	T5
A	60.2500	4	T2
A	60.0000	4	T1
A	60.0000	4	T8
A	60.0000	4	T7
A	60.0000	4	T9
A	59.7500	4	T6

Anexo 2.4. Prueba de Duncan para altura de planta

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para AP

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	24
Error de cuadrado medio	120.5471

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	16.02	16.83	17.35	17.71	17.99	18.20	18.36	18.50

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	196.550	4	T3
A	194.725	4	T1
A	191.850	4	T2
A	191.600	4	T4
A	191.425	4	T5
A	190.275	4	T6
A	187.425	4	T9
A	185.625	4	T8
A	184.800	4	T7

Anexo 2.5. Prueba de Duncan para altura de mazorca

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para AM

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	24
Error de cuadrado medio	42.96362

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	9.57	10.05	10.36	10.57	10.74	10.86	10.96	11.04

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	130.010	4	T3
B A	126.833	4	T9
B A	124.708	4	T1
B A	124.000	4	T6
B A	123.043	4	T4
B A	122.998	4	T5
B A	121.668	4	T2
B A	120.085	4	T7
B	117.000	4	T8

Anexo 2.6. Prueba de Duncan para porcentaje de humedad a la cosecha

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para HU

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 1.142269

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	1.560	1.638	1.689	1.724	1.751	1.771	1.788	1.801

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	17.4000	4	T8
B A	16.4000	4	T5
B A	16.1000	4	T2
B A	15.8000	4	T7
B	15.6000	4	T9
B	15.3750	4	T3
B	15.2250	4	T6
B	15.1750	4	T1
B	14.6250	4	T4

Anexo 2.7. Prueba de Duncan para número de hileras por mazorca

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NH

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 0.161111

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	.5858	.6152	.6342	.6475	.6575	.6652	.6713	.6763

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	13.4500	4	T8
B A	13.3000	4	T5
B A	13.2500	4	T1
B A	13.1750	4	T3
B A	13.0500	4	T2
B A	12.8500	4	T7
B A	12.8000	4	T9
B	12.6500	4	T4
B	12.6500	4	T6

Anexo 2.8. Prueba de Duncan para número de granos por hileras

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para NGH

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 1.546296

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	1.815	1.906	1.965	2.006	2.037	2.061	2.080	2.095

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Media	N	TRA
	A	21.0000	4	T7
B	A	20.7500	4	T1
B	A	20.2500	4	T8
B	A	20.2500	4	T5
B	A	20.2500	4	T9
B	A	19.5000	4	T6
B	A	19.0000	4	T2
B	A	19.0000	4	T3
B		18.7500	4	T4

Anexo 2.9. Prueba de Duncan para longitud de mazorca

Procedimiento GLM
Prueba del rango múltiple de Duncan para LM

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 24
Error de cuadrado medio 0.403773

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	0.927	0.974	1.004	1.025	1.041	1.053	1.063	1.071

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Media	N	TRA
	A	11.2750	4	T7
B	A	10.8000	4	T5
B	A C	10.6250	4	T9
B	A C	10.4500	4	T1
B	A C	10.4000	4	T8
B	C	10.0500	4	T4
B	C	9.9000	4	T2
B	C	9.8000	4	T6
	C	9.6750	4	T3

Anexo 2.10. Prueba de Duncan para diámetro de mazorca

Procedimiento GLM
Prueba del rango múltiple de Duncan para DM (diámetro de la mazorca)

Alpha 0.05
Grados de error de libertad 24
Error de cuadrado medio 0.019421

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	.2034	.2136	.2202	.2248	.2283	.2310	.2331	.2348

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento		Media	N	TRA
	A	4.05000	4	T7
B	A	4.00000	4	T1
B	A	4.00000	4	T5
B	A	3.97500	4	T8
B	A	3.95000	4	T9
B	A C	3.90000	4	T2
B	A C	3.87500	4	T3
B	C	3.80000	4	T6
	C	3.72500	4	T4

Anexo 2.11. Prueba de Duncan para espesor de grano

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para EPG

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 0.118657

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	.5027	.5280	.5442	.5557	.5643	.5709	.5761	.5804

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	8.1875	4	T5
B A	8.0700	4	T1
B A	8.0200	4	T2
B A	8.0125	4	T3
B A	7.9400	4	T4
B A	7.8800	4	T7
B A	7.7000	4	T6
B A	7.6875	4	T8
B	7.5800	4	T9

Anexo 2.12. Prueba de Duncan para ancho de grano

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para ANG

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 0.722222

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	1.240	1.303	1.343	1.371	1.392	1.408	1.421	1.432

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	18.6750	4	T3
B A	18.0750	4	T8
B A C	17.4000	4	T2
B C	17.2000	4	T9
B C	17.2000	4	T6
B C	16.7750	4	T7
B C	16.7000	4	T1
C	16.4000	4	T5
C	16.2250	4	T4

Anexo 2.13. Prueba de Duncan para longitud de grano

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para LGG

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 0.506042

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	1.038	1.090	1.124	1.148	1.165	1.179	1.190	1.199

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	20.6000	4	T8
B A	19.7250	4	T7
B C	19.3250	4	T1
B C D	19.0750	4	T5
B C D	19.0750	4	T3
B C D	19.0000	4	T6
B C D	18.7250	4	T9
C D	18.2000	4	T2
D	18.0750	4	T4

Anexo 2.14. Prueba de Duncan para peso de 100 semillas

Procedimiento GLM

Prueba del rango múltiple de Duncan para P100

Alpha 0.05
 Grados de error de libertad 24
 Error de cuadrado medio 4.265083

Número de medias	2	3	4	5	6	7	8	9
Rango crítico	3.014	3.166	3.263	3.332	3.383	3.423	3.454	3.480

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRA
A	20.944	4	T8
B A	20.429	4	T5
B A C	19.018	4	T7
B A C	18.744	4	T9
B A C	18.059	4	T1
B A C	17.845	4	T2
B A C	17.753	4	T3
B C	17.423	4	T6
C	16.433	4	T4

Anexo 3. Análisis físico – químico del suelo. EEA. Vista Florida – Pícsi, 2023



Instituto Nacional de Innovación Agraria
Estación Experimental Agraria Vista Florida - Chiclayo

LABORATORIO DE ANÁLISIS: SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis	Fertilidad	Muestras	Suelos - 1
Nombre	Ing. Gabriel Vásquez Mejía Lote 1-1 - Maíz Vista Florida	Fecha de emisión	24/08/2023

Muestra	Extracto Saturado		M. Org.	P	K	Calcar.	Texturas (%)			
	pH	C. Elec.					A _o	L _o	Ar	Tipo de suelo
		dS/m	%	ppm	ppm	%				
M - 1	7.50	3.74	1.24	6.80	146	3.07	62.00	15.00	23.00	Fo Ar Ao

Resultados: Reacción ligeramente alcalina y salinidad ligera, valores normales y propios de la zona
La fertilidad natural es baja, con deficiencias marcadas de nitrógeno, fósforo, potasio y mangenio, el tenor de la materia orgánica es baja y carbonato de calcio medio. Fortalecer estas deficiencias vía edáfica con fertilizantes sintéticos para un cultivo exigente como el maíz amarillo duro..
La textura franco arcillo arenoso es de mediana retención de humedad.


ING. DANTE BOLIVIA DIAZ
Ing. Dante Bolivia Díaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Química y Suelos

Anexo 4. *Laminas fotográficas*



Foto 1. Campo para la instalación del experimento de maíz



Foto 2. Deshierbo del experimento de maíz. Línea CLO – 2450.



Foto 3. Fertilización del experimento de maíz. Línea CLO – 2450.

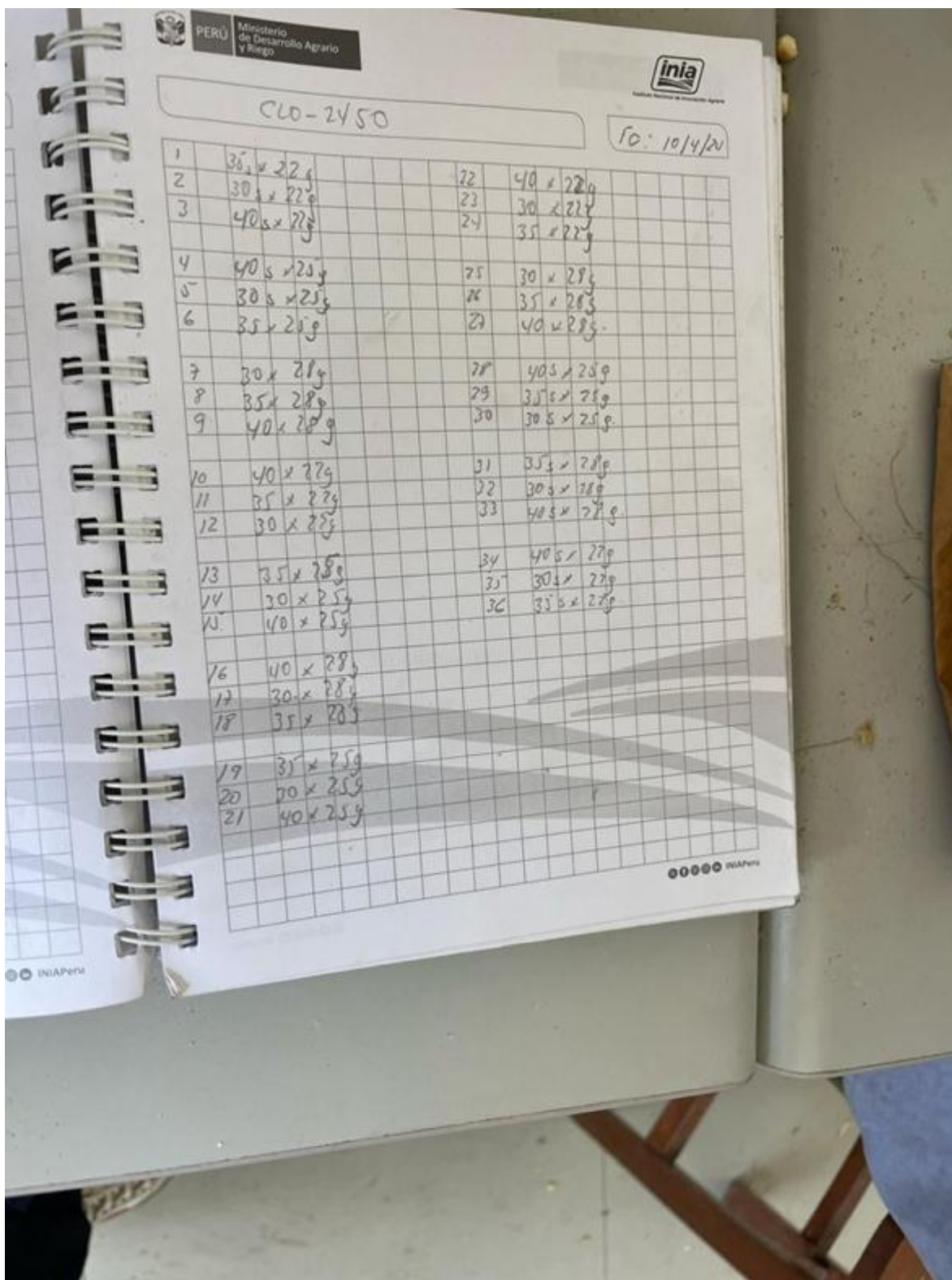


Foto 4. Cuaderno de campo para el registro de datos del experimento de maíz. Línea CLO – 2450.



Foto 5. Evaluación del experimento de maíz. Línea CLO – 2450 con el personal técnico del INIA



Foto 6. Evaluación de plagas del experimento de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 7. Evaluación de plagas del experimento de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 8. Campo del experimento de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 9. Campo del experimento de maíz. Línea CLO – 2450

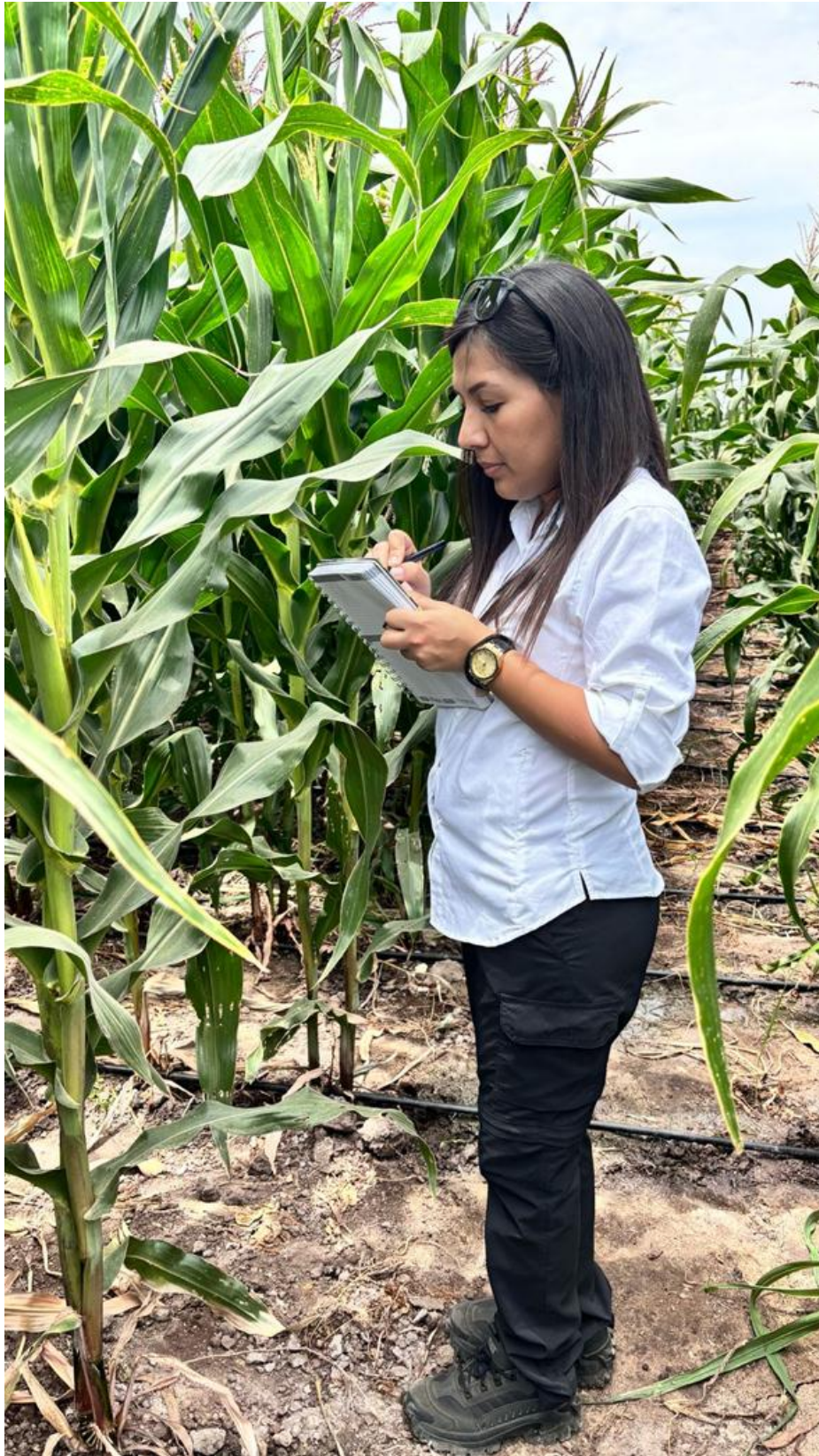


Foto 10. Evaluación de floración del experimento de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 11. Evaluación de floración del experimento de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 12. Campo experimental de maíz. Línea CLO – 2450 para cosecha



Foto 13. Cosecha del experimental de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 14. Cosecha del experimental de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 15. Mazorcas cosechadas del experimental de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 16. Mazorcas del experimental de maíz. Línea CLO – 2450 para evaluación



Foto 17. Mazorcas del experimental de maíz. Línea CLO – 2450 para evaluación



Foto 18. Evaluación de longitud de mazorcas de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 19. Evaluación de diámetro de mazorcas de maíz. Línea CLO – 2450



Foto 20. Desgrane de maíz. Línea CLO – 2450 para evaluar humedad y peso de 100 semillas



Foto 21. Evacuación porcentaje de humedad. Maíz línea CLO – 2450



Foto 22. Evacuación porcentaje de humedad. Maíz línea CLO – 2450



Foto 23. Semilla de maíz línea CLO – 2450



Foto 24. Semilla de maíz línea CLO – 2450