

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



RENDIMIENTO DE TRES HÍBRIDOS Y UNA VARIEDAD DE *Zea mays* L. (MAÍZ)
BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN PUERTO BERMÚDEZ

Tesis

Para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

DIEGO EDUARDO SANTA CRUZ ARICA

Asesores

CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 001-2023-FA-UNAS

BACHILLER : DIEGO EDUARDO SANTA CRUZ ARICA

TÍTULO : "RENDIMIENTO DE TRES HIBRIDOS Y UNA VARIEDAD TRADICIONAL DE *Zea mays* (MAIZ) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN PUERTO BERMÚDEZ"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M.Sc. LUIS FERNANDO GARCÍA CARRIÓN
VOCAL : Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL : M.Sc. ABNER CELIO IGLESIAS CRUZ
ASESOR : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
: M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 02/02/2023

HORA DE SUSTENTACIÓN : 04:00 P.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIOVISUAL- FACULTAD DE AGRONOMÍA


CALIFICATIVO : EXCELENTE

RESULTADO : APROBADO

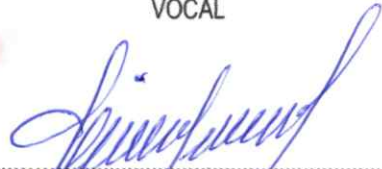
OBSERVACIONES A LA TESIS : Las observaciones dadas en la sustentación.

TINGO MARÍA, 02 DE FEBRERO DE 2023


M.Sc. LUIS F. GARCÍA CARRIÓN
PRESIDENTE


Ing. JORGE CERON CHAVEZ
VOCAL


M.Sc. ABNER CELIO IGLESIAS CRUZ
VOCAL


Ing. CARLOS M. MIRANDA ARMAS
ASESOR


M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
ASESOR



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 313 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
RENDIMIENTO DE TRES HÍBRIDOS Y UNA VARIEDAD DE Zea mays (MAIZ) BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN PUERTO BERMÚDEZ	DIEGO EDUARDO SANTA CRUZ ARICA	18 % Dieciocho

Tingo María, 17 de noviembre de 2023



Dr. Tomas Menacho Mallqui
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Título	: Rendimiento de tres híbridos y una variedad de <i>Zea mays</i> L. (maíz) bajo tres densidades de siembra en Puerto Bermúdez
Autor	: Bach. Diego Eduardo Santa Cruz Arica
Asesor de tesis	: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas Ing. M. Sc. Giannfranco Egoavil Jump
Programa de investigación	: Especies agrícolas, Ornamentales, Floristas, Medicinales, Nutraceúticos y Afines
Línea (s) de investigación	: Caracterización morfo-fitoquímica de los recursos fitogenéticos, propagación, manejo y conservación <i>ex-situ</i>
Eje temático	: Manejo agronómico del maíz
Lugar de Ejecución	: Puerto Bermúdez - Pasco
Duración del trabajo	: 6 meses
Financiamiento	:
FEDU	: No
Propio	: Si
Otros	: No

Tingo María – Perú
Octubre, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS

I. Datos generales de pregrado

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Agronomía
Título de Tesis : “Rendimiento de tres híbridos y una variedad de *Zea mays* L. (maíz) bajo tres densidades de siembra en Puerto Bermúdez”
Autor : Diego Eduardo Santa Cruz Arica
DNI : 76861395
Correo electrónico : diego.santacruz@unas.edu.pe
Asesores : Ing. Carlos Miguel Miranda Armas
Ing. M.Sc. Giannfranco Egoavil Jump
Escuela Profesional : Agronomía
Área de investigación : Ciencias agrícolas
Línea (s) de investigación : Propagación de plantas y sistema de producción agrícola
Eje temático de investigación : Manejo agronómico del maíz
Lugar de Ejecución : Puerto Bermúdez – Pasco
Duración del trabajo : 6 meses
Fecha de inicio : Noviembre, 2020
Término : Mayo, 2021
Financiamiento :
FEDU : No
Propio : Si
Otros : No

Tingo María - Perú. Octubre, 2023

DEDICATORIA

A Dios le doy gracias por iluminarme siempre,
y guiarme por buenos caminos.

A mis queridos padres José Hernán e Isabel con
infinito amor, cariño y eterna gratitud por su
invalorable apoyo y constante orientación para
la realización de la presente tesis.

A mis queridas hermanas, Sandra Melisa, Lucía
Carolina y Ariana Isabel, por su incondicional
apoyo en cada momento de mi vida, y a mi gran
primo Paul Anderson.

A mí hijo, Carlos Santiago Santa Cruz
Gonzales, por ser el motivo y razón de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía por transmitirme sus enseñanzas y valores en mi formación profesional.
- A mis asesores: Ing. Carlos Miguel Miranda Armas e Ing. M. Sc. Giannfranco Egoávil Jump, por sus recomendaciones para el manejo del cultivo y elaboración del Informe final de mi tesis.
- A mis jurados de tesis: Ing. M. Sc. Luis Fernando García Carrión (Presidente) y vocales: Ing. Jorge Luis Cerón Chávez e Ing. M. Sc. Abner Celio Iglesias Cruz por sus revisión y sugerencias que perfeccionaron el Informe final de mi tesis.
- A todos mis familiares, amigos y aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron y alentaron para culminar esta investigación y expresándole mi sincero agradecimiento.
- Al señor Luis Huanca Delgado por su apoyo en el préstamo de la parcela experimental en el fundo “Los Huancas”, distrito de Puerto Bermúdez donde se realizó la tesis.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.1.1. Importancia de <i>Z. mays</i> en el Perú.....	3
2.1.2. Clasificación taxonómica	3
2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos.....	3
2.1.4. Nutrición mineral.....	4
2.2. Híbridos de <i>Z. mays</i>	6
2.2.1. Hibridación o cruzamiento	6
2.2.2. Composición de un híbrido	6
2.2.3. Clases de híbridos.....	7
2.2.4. Híbridos mejorados	8
2.2.5. Marginal 28-T.....	10
2.3. Densidad de siembra en <i>Z. mays</i>	10
2.3.1. Efecto de la densidad en la arquitectura y fisiología de <i>Z. mays</i>	11
2.3.2. Densidad siembra óptima para híbridos	11
2.4. Antecedentes de ensayos en <i>Z. mays</i>	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.1.1. Ubicación política y geográfica.....	14
3.1.2. Mapa satelital.....	14
3.1.3. Zona de vida	14
3.1.4. Clima	14
3.2. Materiales y métodos	15
3.2.1. Metodología.....	15
3.3. Ejecución del experimento.....	16
3.3.1. Preparación del campo experimental.....	16
3.4. Componentes en estudio	20
3.5. Tratamientos en estudio	21

3.6. Diseño experimental	21
3.7. Características del área experimental	22
3.8. Análisis de variancia en D.B.C.A.	23
3.9. Análisis de correlación de Pearson	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
4.1. Componentes asociados al rendimiento de <i>Z. mays</i>	24
4.1.1. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$).....	26
4.2. Peso de 100 granos (g) y rendimiento estimado (t ha ⁻¹)	34
4.2.1. Prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para peso de 100 granos y rendimiento.....	34
4.2.2. Prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$).....	36
4.2.3. Testigos.....	39
4.3. Análisis de correlación entre el rendimiento y las variables asociadas	40
4.4. Análisis de la rentabilidad.....	41
V. CONCLUSIONES	44
VI. PROPUESTAS A FUTURO	45
VII. REFERENCIAS.....	46
ANEXO	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos meteorológicos promedio entre los meses de noviembre, 2020 a mayo, 2021.	15
2. Tratamientos en estudio y descripción.	21
3. Modelo del análisis de variancia en el diseño bloques completos al azar (D.B.C.A.).	23
4. Cuadrados medios y significación estadística del análisis de variancia ($\alpha \leq 0,05$) para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.	25
5. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre híbridos de <i>Z. mays</i> para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.	26
6. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) de los híbridos de <i>Z. mays</i> a diferentes densidades de siembra para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.	28
7. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del promedio de híbridos en las densidades de siembra para la longitud de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.	29
8. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la interacción híbridos x densidades de siembra para longitud y diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.	30
9. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre testigos para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.	31
10. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para factorial sin testigos con los testigos para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.	34
11. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para el peso de 100 granos y rendimiento estimado ($t \text{ ha}^{-1}$).	36
12. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre los híbridos de <i>Z. mays</i> para el peso de 100 granos, y rendimiento estimado.	36
13. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre las densidades de siembra para el rendimiento de grano estimado ($t \text{ ha}^{-1}$).	37

14.	Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la interacción híbridos x densidades de siembra para el rendimiento de grano estimado.	38
15.	Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre testigos para el rendimiento de grano.	39
16.	Matriz de correlación de Pearson (r) entre el rendimiento y sus componentes.	40
17.	Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio para el rendimiento del <i>Z. mays</i> en una hectárea.	42
18.	Longitud de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados.	53
19.	Diámetro de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados.	53
20.	Número de hileras/mazorca (cm) de los tratamientos ensayados.	54
21.	Número de granos/hilera de <i>Z. mays</i> (cm) de los tratamientos ensayados.	54
22.	Peso de 100 granos de <i>Z. mays</i> (g) a 14 % de humedad de los tratamientos ensayados.	55
23.	Rendimiento estimado (t ha ⁻¹) de los tratamientos ensayados.	55
24.	Costos de producción de los tratamientos de <i>Z. mays</i> para una hectárea (ha).	56
25.	Análisis fisicoquímico del suelo del suelo experimental.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Mapa satelital de la ubicación del campo experimental (Google Earth, 2022).....	14
2.	Preparación del campo experimental. (a) muestreo del suelo, (b) demarcación del área experimental, (c) eliminación de malezas, (d) demarcación de las parcelas.	17
3.	Siembra en el campo experimental. (a) siembra manual con tacarpo, (b) incorporación de las semillas en cada hoyo.	18
4.	Labores culturales: (a) control manual de malezas, (b) control mecánico de malezas, (c) segundo aporque, (d) uso de fertilizante Nutrifér.	19
5.	Cosecha de las mazorcas de los híbridos y la variedad tradicional de <i>Z. mays</i>	20
6.	Longitud de mazorca (cm) de los tratamientos estudiados.	32
7.	Diámetro de mazorca (cm) de los tratamientos estudiados.	32
8.	Número de hileras por mazorca de los tratamientos estudiados.	33
9.	Número de granos por hileras de los tratamientos estudiados.	33
10.	Peso de 100 granos (g) de los tratamientos estudiados.	35
11.	Rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$) para la interacción híbridos x densidad de siembra.	38
12.	Muestreo y recolección de submuestras de suelo del campo experimental.	57
13.	Medición de la longitud de la mazorca (cm).	58
14.	Croquis del área experimental.	58
15.	Croquis de las parcelas experimentales según las densidades de siembra.	59

RESUMEN

El uso generalizado de variedades tradicionales y con bajas densidades de siembra causan reducidos rendimientos en el cultivo de maíz. Con el objetivo de ensayar nuevos híbridos y densidades de siembra en maíz, se ejecutó un ensayo de Noviembre, 2020 a Mayo, 2021 en el distrito de Puerto Bermúdez. Como material genético se usaron tres híbridos de maíz: A₁ (Atlas-105), A₂ (Dekalb-7088) y A₃ (Dekalb-7508); así como, la variedad Marginal 28-T como testigo en tres densidades de siembra: B₁ (0,4m x 0,8 m con 62 500 plantas ha⁻¹), B₂ (0,35m x 0,8 m con 71 429 plantas ha⁻¹) y B₃ (0,3m x 0,85 m con 78 432 plantas ha⁻¹). El diseño experimental fue bloques completos al azar en arreglo factorial 3A x 3B + 3 testigos adicionales que dieron 12 tratamientos, y la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la comparación de medias. Las variables biométricas evaluadas fueron: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera, peso de 100 granos y rendimiento de grano. Los resultados mostraron que los tratamientos T3 (Atlas-105, con 78 432 plantas ha⁻¹), T9 (Dekalb-7508, con 78 432 plantas ha⁻¹) y T2 (Atlas-105, con 71 429 plantas ha⁻¹) obtuvieron los mayores rendimientos con 9,71; 8,89 y 7,79 t ha⁻¹, respectivamente; mientras que la variedad Marginal 28-T solo alcanzó 4,74 t ha⁻¹. Asimismo, el híbrido Atlas-105 presentó la mayor longitud de mazorca y el número de granos/hilera comparado con los híbridos (Dekalb-7508 y Dekalb-7088) y la variedad Marginal 28-T. El rendimiento de grano estuvo estadísticamente correlacionado con el diámetro de mazorca ($r = 0,739^{**}$), número de granos/hilera ($r = 0,738^{**}$), peso de 100 granos ($r = 0,647^{**}$) y longitud de mazorca ($r = 0,591^{**}$). Los tratamientos T3 (Atlas-105 con 78 432 plantas ha⁻¹) y T9 (Dekalb-7508 con 78 432 plantas ha⁻¹) tuvieron las mayores rentabilidades con S/. 2,06 y S/. 1,80 soles, respectivamente.

Palabras claves: Correlación, densidad de siembra, variedad de maíz, rentabilidad.

ABSTRACT

The widespread use of traditional varieties and low planting densities cause reduced yields in corn cultivation. With the objective of testing new hybrids and planting densities in corn, a trial was carried out from November 2020 to May 2021 in the district of Puerto Bermúdez. Three corn hybrids were used as genetic material: A1 (Atlas-105), A2 (Dekalb-7088) and A3 (Dekalb-7508); as well as, the Marginal 28-T variety as control in three planting densities: B1 (0,4m x 0,8 m with 62 500 plants ha⁻¹), B2 (0,35m x 0,8 m with 71 429 plants ha⁻¹) and B3 (0,3m x 0,85 m with 78 432 plants ha⁻¹). The experimental design was complete randomized blocks in a 3A x 3B factorial arrangement + 3 additional controls that gave 12 treatments, and the Duncan test ($\alpha \leq 0.05$) for the comparison of means. The biometric variables evaluated were ear length, ear diameter, number of rows/ear, number of grains/row, weight of 100 grains and grain yield. The results showed that treatments T3 (Atlas-105, with 78 432 plants ha⁻¹), T9 (Dekalb-7508, with 78 432 plants ha⁻¹) and T2 (Atlas-105, with 71 429 plants ha⁻¹) They obtained the highest yields with 9,71; 8,89 and 7,79 t ha⁻¹, respectively, while the Marginal 28-T variety only reached 4,74 t ha⁻¹. Likewise, the Atlas-105 hybrid had the greatest ear length and number of grains/rows compared to the hybrids (Dekalb-7508 and Dekalb-7088) and the Marginal 28-T variety. Grain yield was statistically correlated with ear diameter ($r = 0, 739^{**}$), number of grains/row ($r = 0, 738^{**}$), 100-kernel weight ($r = 0,647^{**}$) and ear length ($r = 0,591^{**}$). Treatments T3 (Atlas-105 with 78 432 plants ha⁻¹) and T9 (Dekalb-7508 with 78 432 plants ha⁻¹) had the highest profitability with S/. 2,06 and S/. 1,80 soles, respectively.

Keywords: Correlation, planting density, corn variety, profitability.

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz representa un rubro productivo estratégico para la seguridad alimentaria en el Perú. Las regiones de Lambayeque, La Libertad, Áncash, Lima y San Martín son las principales regiones productoras que aportan los mayores volúmenes de la producción nacional (García, 2020). Las estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI, 2017), indican que la producción de maíz amarillo fue de un millón 248 294 t y que solo cubre el 30 % de la demanda interna y la diferencia (tres millones 357 450 t), se importa de los Estados Unidos, Argentina y Brasil.

Zea mays (Maíz), es una especie vegetal alimenticia que después del arroz y del trigo ocupa el tercer lugar a nivel mundial (Rimachi, 2006). Esta gramínea es originaria de América siendo México el principal centro de diversidad genética seguido del Perú (Poey, 1974; Manrique, 1987). Las razas nativas y poblaciones tradicionales de *Z. mays* se caracterizan por exhibir variaciones fenotípicas que dependen de su reproducción sexual y peculiar mecanismo de polinización cruzada (alogamia), confiriéndolo una amplia adaptación (Márquez, 1988).

En algunas zonas productoras de maíz amarillo duro no se alcanzan los niveles deseados de producción y rentabilidad, como es el caso del distrito Puerto Bermúdez, que, en los años 2015, 2016 y 2017, se sembraron 4 611, 3 911 y 3 878 ha, respectivamente, con una producción promedio de 1,80, 1,70 y 1,60 t ha⁻¹, respectivamente (Vergara, 2018). Estos rendimientos se encuentran por debajo de la productividad promedio que es mayor de 5 t ha⁻¹ (García, 2020).

En este distrito, la producción de maíz amarillo duro se redujo en un 11 % del total que causó insatisfacción de los agricultores maiceros, que, en muchos casos, fueron superados por los costos de producción por encima de los beneficios. Esta difícil situación se atribuyó a varios factores que reducen el rendimiento como el inadecuado manejo agronómico, la baja fertilidad del suelo, entre otros, pero, sobre todo, a la siembra generalizada de la variedad tradicional Marginal 28-T de menor potencial de rendimiento y con inadecuada densidad de siembra que se reflejó en una baja productividad y menor rentabilidad.

En la actualidad, existen semillas de maíz híbrido con características genéticas mejoradas con mayor rendimiento y calidad de grano que superan a las variedades tradicionales, y que además exhiben caracteres morfo-fisiológicos que les permite tolerar condiciones edafoclimáticas adversas y/o ataque de ciertos patógenos y plagas insectiles. Por esta razón, la selección y validación de una alta densidad de siembra es clave para la reducción de costos y obtener mayores beneficios, puesto que un adecuado distanciamiento entre plantas y entre

surcos, resulta fundamental en la mejor eficiencia de la captación de la luz solar para la fotosíntesis, la biomasa producida y la nutrición mineral.

Si bien en Puerto Bermúdez la mayoría de los productores de maíz amarillo duro, siembran la variedad Marginal 28-T que ya está aclimatada y con una densidad de siembra de 0,90 x 0,70 m con dos a tres semillas/golpe; sin embargo, esta variedad no tiene un alto potencial de rendimiento. Esta situación los ha obligado a buscar alternativas en el mercado de híbridos comerciales, como el Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508, que según reportes en otras zonas productoras del país han dado buenos y muy buenos rendimientos.

Al no existir evidencia estadística sobre el comportamiento de estos híbridos en Puerto Bermúdez, motivó ensayar con estos híbridos a diferentes densidades de siembra con el fin de optimizar su productividad y rentabilidad, y por ende, recomendar a los productores locales. Como hipótesis de trabajo se planteó que: “al menos un híbrido de maíz y/o variedad tradicional a una densidad de siembra se diferencia en rendimiento de grano y mayor rentabilidad”. Por lo anteriormente señalado se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el comportamiento productivo y rentabilidad de tres híbridos de *Z. mays* y una variedad tradicional, en tres densidades de siembra en Puerto Bermúdez.

Objetivos específicos

- Determinar el efecto en rendimiento y características asociadas de tres híbridos comerciales de *Z. mays* y la variedad tradicional Marginal 28-T.
- Determinar el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de tres híbridos comerciales de *Z. mays* y la variedad tradicional Marginal 28-T.
- Analizar la rentabilidad basada en la relación beneficio/costo de los tratamientos ensayados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

2.1.1. Importancia de *Z. mays* en el Perú

Z. mays es un cultivo muy importante en superficie sembrada en el Perú, cultivándose 520 000 ha al año aproximadamente, y alrededor de 82 000 familias dependen directamente de este cultivo, a pesar de que el volumen importado es significativamente mayor a su contraparte exportable (Cillóniz, 2020). Las principales regiones productoras de grano se ubican en la costa y selva con 105 000 y 165 000 has, respectivamente. En la costa, Lambayeque, Libertad, Áncash, Lima, Ica y Arequipa, poseen las mayores áreas en producción, utilizan tecnología media a alta, usan semilla híbrida de alta calidad y cuentan con mayor disponibilidad de agua; mientras que en la selva, San Martín, Loreto, Amazonas, Ucayali y Huánuco, si bien poseen las mayores áreas de producción, todavía utilizan baja tecnología (variedades tradicionales de baja calidad y en secano), que se reflejan en bajos rendimientos oscilando de 2 a 3 t ha⁻¹ (García, 2020).

2.1.2. Clasificación taxonómica

Para *Z. mays*, el Sistema Integrado de Información Taxonómica (ITIS, 2021), reporta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Viridiplantae
Superdivisión	:	Embryophyta
División	:	Tracheophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Poales
Familia	:	Poaceae
Género	:	<i>Zea</i>
Especie	:	<i>Zea mays</i> L.
Nombre común	:	Maíz amarillo

2.1.3. Requerimientos edafoclimáticos

2.1.3.1. Suelo

El cultivo de *Z. mays* se adapta a una gran diversidad de suelos, pero para tener mejor crecimiento y desarrollo requiere de suelos profundos y fértiles; con textura franca, estructura granular, bien drenados y alto contenido de materia orgánica que permita mayor desarrollo del sistema radicular y evitar el acame. Esto favorece la absorción de

la humedad y disponibilidad de nutrientes, siempre que el pH esté en el rango de 5,5 hasta 7,8 pues los suelos con pH <5,5 tienen baja disponibilidad de nutrientes y generan un ambiente tóxico con los microelementos: Al^{+3} y Mn^{+5} (Deras, 2012; Cruz, 2013; Hidalgo, 2013).

2.1.3.2. Clima

Para una buena producción de *Z. mays*, la temperatura debe oscilar de 20 a 30 °C (Maldonado et al., 2013), pudiendo variar de acuerdo con las etapas fenológicas del crecimiento y desarrollo. *Z. mays* responde bien a los efectos de la luz alcanzando altos rendimientos cuando las horas de luz diaria fluctúan de 11 a 14 h. Durante la germinación y floración, no debe faltar agua durante los 120 días de su crecimiento y desarrollo reproductivo; de modo que, para lograr una buena producción, se necesita una cantidad mínima de 600 a 700 mm de agua de lluvia (Deras, 2012; Cruz, 2013; Hidalgo, 2013).

2.1.3.3. Morfología de la planta

La planta de *Z. mays* en su primera etapa vegetativa presenta cuatro a cinco raíces funcionales (raíces primarias) que posteriormente degeneran y se reemplazan por raíces secundarias o adventicias que aparecen entre los ocho a diez primeros nudos de la base del tallo, siendo más gruesas en los cuatro o cinco nudos por encima del suelo. Las hojas se disponen a lo largo del tallo en dos filas alternas y se distinguen dos partes: la lámina que alcanza hasta 1,50 m de largo por 0,10 m de ancho teniendo una nerviación paralela, y la vaina que está inserta en el nudo y envuelve al entrenudo en forma cilíndrica. La sucesión de nudos y entrenudos forman el tallo mostrando los primeros nudos zonas abultadas, y desde allí, se elongan los entrenudos que llegan a diferenciarse en hojas (Cruz, 2013; Hidalgo, 2013).

En la etapa reproductiva, la planta de *Z. mays* llega a producir inflorescencias unisexuales, una con flores masculinas y otra con flores femeninas en diferentes partes de la planta. La inflorescencia masculina o “penacho” se ubica en la parte superior de la planta y está formada por un eje central con varias ramas laterales donde se insertan las espiguillas. Cada espiguilla posee dos flores que se encargan de producir el polen. La inflorescencia femenina o “espiga” se ubica cerca de la mitad del tallo y está rodeada por un conjunto de hojas modificadas denominadas “brácteas”, que constan de un eje central engrosado donde se insertan las espiguillas con flores femeninas dispuestas en hileras longitudinales dobles. *Z. mays* es una planta alógama pues las flores femeninas (más del 95 %) se fecundan con polen de otras plantas de la misma especie (Deras, 2012; Martínez, 2022).

2.1.4. Nutrición mineral

La densidad de siembra y la disponibilidad de nitrógeno (N) puede llegar a afectar la eficiencia de absorción del fósforo (P), potasio (K) y azufre (S); de allí que, la

concentración y dinámica de la absorción y translocación de éstos y otros nutrientes en los tejidos de *Z. mays* son diferentes para cada uno y también los requerimientos en cada etapa fenológica, y el destino en los órganos reproductivos de la planta. Por ejemplo, el P que se encuentra en el grano, el 50 % es absorbido del suelo y directamente se dirige al grano, y el restante, es absorbido antes del llenado del grano, acumulándose y participando de los procesos fisiológicos del tallo y las hojas, para después entre el 54 % hasta el 74 % del P acumulado en estos órganos se direccionan hacia las semillas. También se ha reportado que para producir un promedio de 10 t ha⁻¹ de grano *Z. mays* extrae 145-30-210 kg de N-P₂O₅-K₂O aproximadamente (García, 2001).

Las necesidades nutricionales de *Z. mays* son muy variables tal como ha sido reportado por diferentes investigadores. Se reporta que para 1 000 kg de grano producido se requiere de 28 a 30 kg de N, 10 a 12 kg P₂O₅ y 28 a 30 kg K₂O, dependiendo de las etapas fenológicas: V = vegetativa y R = reproductiva, donde se produce la mayor acumulación de biomasa de la planta. Aunque algunos investigadores sostienen que el alargamiento del tallo (estado V₆ a la floración), es la etapa más importante para la absorción de nutrientes; sin embargo, la extracción comienza desde la nascencia, siendo más importante en la etapa de ocho hojas que coincide con la cuarta y quinta semana que se inicia el crecimiento más intenso. Por ello, todo fertilizante debe aplicarse antes de la elongación del tallo (estado V₆) por cuestiones de altura y densidad de siembra. No obstante, las cifras de absorción y remoción de nutrientes de la planta de *Z. mays* varían según la variedad y también según la fenología, tejido y órgano de destino de la planta. El 47 % del total del N se extrae antes y después de los 15 días de la floración (Bender, 2012).

Los otros nutrientes, más de la mitad del N, P y Mg, y casi el 80 % del K se absorbe antes de que la planta inicie su etapa reproductiva. Con relación al N, la planta lo requiere en grandes cantidades porque influye en el incremento de la materia seca y cosecha de granos; de allí que una producción de 7 t ha⁻¹ requiere más de 200 kg ha⁻¹ de N; en cuanto al P, se requiere en menor cantidad (86 kg ha⁻¹ de P₂O₅) y con relación al K, se requiere aproximadamente 200 kg ha⁻¹ de K₂O, similar al N pues la mayor parte del potasio lo usa el tallo y las hojas, siendo su demanda pico durante la elongación del tallo donde su absorción es mayor que otro elemento (Yara, 2012).

Con relación a otros nutrientes secundarios, estos se requieren en menor cantidad que los nutrientes primarios; sin embargo, el suministro de calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) es muy importante para mantener una buena cosecha; siendo el rango de absorción de 25 a 50 kg ha⁻¹ para un rendimiento de 7 t ha⁻¹ (Yara, 2012). La mayor absorción de S (72

% del total) ocurre en la floración; mientras que el 63 % del N acumulado en la semilla proviene de los tejidos (Bender, 2012).

2.2. Híbridos de *Z. mays*

2.2.1. Hibridación o cruzamiento

La hibridación es un mecanismo de reproducción sexual que genera y conserva la variación natural en las plantas cultivadas como *Z. mays*, que se caracteriza por ser de polinización cruzada (planta alógama) que da origen a plantas híbridas. Un híbrido es un producto del mejoramiento genético de una especie cultivada mediante el cruce de dos o más líneas puras que poseen excelentes características para la producción de híbridos de alta productividad aprovechando la heterosis o vigor híbrido.

Los híbridos provenientes del cruce entre dos líneas endogámicas (líneas puras) son individuos más productivos comparado con sus progenitores. Estos híbridos presentan características superiores como: mayor tamaño, precocidad, rendimiento de grano, vigor de planta, resistencia al acame, resistencia a plagas y enfermedades y mejor adaptabilidad al estrés provocado por el cambio climático (Paliwal, 2001; Uzátegui, 2019; Martínez, 2022).

El híbrido resultante de la primera generación (F_1), es uniforme y expresa el más alto grado de heterosis en rendimiento de grano. En los programas de mejoramiento por hibridación se crean muchos híbridos con diferente base genética, respuestas a las condiciones ambientales y manejo agronómico que hace que la producción comercial sea económicamente rentable (Rodríguez, 2013; Rajo, 2015). La planta que produce la semilla híbrida se denomina progenitor hembra y la planta que proporciona el polen para fecundar a la hembra se denomina progenitor macho. Cuando estos progenitores son cruzados generan semillas híbridas que poseen una configuración genética única como resultado del aporte y recombinación de genes de ambos progenitores (Mac Robert et al., 2015; Oñate, 2016).

2.2.2. Composición de un híbrido

Un híbrido de *Z. mays* es un producto resultante del cruce entre dos o más líneas endogámicas progenitoras mediante la autopolinización repetida en varias generaciones con el propósito de generar plantas con una constitución genética fija y uniforme (Martínez, 2022). Por lo general las líneas endogámicas son muy pequeñas, menos vigorosas y con inferior rendimiento que las plantas que se cruzan al azar debido al fenómeno denominado “depresión endogámica” (Mac Robert et al., 2015). Por el contrario, cuando dos líneas endogámicas no emparentadas se cruzan para crear un híbrido, la semilla resultante produce plantas de alto vigor y con un rendimiento mayor que sus progenitores. A este fenómeno se denomina “vigor híbrido” o “heterosis”, lo cual fortalece a los híbridos que son más rentables para los

agricultores. La magnitud del vigor híbrido en *Z. mays* para rendimiento y sus componentes resulta más alta cuando la divergencia genética de los progenitores también es alta y/o moderada (Mac Robert et al., 2015; Oñate, 2016).

Entre las ventajas de los híbridos mejorados genéticamente al compararlos con las variedades criollas y sintéticas son: (i) elevada producción de grano, altura, floración y maduración más uniforme; (ii) plantas vigorosas y más gruesas que resisten mejor al acame y la rotura; (iii) mejor sanidad de mazorca y grano; pero en general, son más precoces y con mayor desarrollo inicial. Entre las desventajas son: (i) reducida área de colonización y adaptación debido a la fuerte interacción: genotipo x ambiente. Al presentar escasa variabilidad genética, los hace más vulnerables a las epifitas; es más, el costo de la semilla certificada es mayor comparada a otras clases de híbridos y que además requiere de tecnología avanzada y alto uso de insumos (Rodríguez, 2013; Oñate, 2016). La semilla híbrida origina plantas de gran vigor y que se traduce en rendimientos mayores por ha, siendo superiores en 20 a 30 % comparado a la que se obtiene de semillas de variedades tradicionales (Uzátegui, 2019).

2.2.3. Clases de híbridos

Los híbridos comerciales pueden ser de cruce simple, doble o triple. A continuación, se describe el origen y algunas características superiores de algunas clases de híbridos (Ramírez, 2006).

2.2.3.1. Híbrido simple

Se origina por cruzamiento entre dos líneas homocigotas (Línea A x Línea B), usando como línea hembra la más productiva y como línea macho, aquella que produce gran cantidad de polen y tiene buena capacidad combinatoria. La característica ventajosa es su alta uniformidad y elevada producción de grano. Los híbridos de cruce simple a diferencia de otros híbridos tienen mejor potencial de rendimiento (Mac Robert et al., 2015).

2.2.3.2. Híbrido doble

Se origina por el cruzamiento entre dos híbridos simples [(Línea A x Línea B) x (Línea C x Línea D)], cuya composición involucra a cuatro líneas homocigotas diferentes. Los híbridos doble son de bajo costo de producción, pero además presentan una buena adaptación a distintas condiciones ambientales. Para obtener híbridos dobles, primero se tiene que formar dos híbridos simples uniformes y por cruzamiento entre estos dos híbridos simples, resulta el híbrido doble con buenas características agronómicas.

2.2.3.3. Híbrido triple

Se origina del cruce entre un híbrido simple de elevada producción usada como hembra con una línea homocigota usada como macho de excelentes

características y buena producción de polen [(Línea A x Línea B) x Línea C)]. Estos híbridos se caracterizan por tener bajo costo de producción, buena uniformidad y elevada productividad de grano por planta.

2.2.4. Híbridos mejorados

2.2.4.1. Atlas-105

La ficha técnica INTEROC (2015), describe las siguientes características para el híbrido Atlas-105.

Características de la planta

Clase de híbrido	: Simple
Altura de planta (m)	: 2,0 a 2,20
Altura de mazorca (m)	: 1,0 a 1,10
Posición de las hojas	: Semi-erectas
Resistencia al acame	: Excelente
Días de floración	: 62 a 80
Días a la cosecha	: 150 a 160 días
Densidad de siembra	: 72 000 a 78 000 plantas ha ⁻¹
Densidad de cosecha	: 65 000 a 70 000 plantas ha ⁻¹

Características de la mazorca y grano.

Tipo de mazorca	: Cilindro cónica
Color del grano	: Anaranjado
Tipo de grano	: Corneo dentado
N° de hileras/mazorca	: 14 a 16
N° de granos por hilera	: 30 a 38
Índice de desgrane	: 81 a 82 %
Potencial de rendimiento	: Alto
Densidad de siembra	: 65 000 a 70 000 plantas ha ⁻¹

2.2.4.2. Dekalb-7088

La ficha técnica, HORTUS (2020a), describe las siguientes características para el híbrido Dekalb-7088:

Características de la planta

Clase de híbrido	: Simple
Altura de planta (m)	: 2,28 a 2,32
Altura de mazorca (m)	: 1,15 a 1,45
Días a la floración	: 70 a 86

Días a la cosecha	: 120 a 150
Densidad de siembra	: 78 000 a 81 000 plantas ha ⁻¹
Densidad de cosecha	: 72 000 a 75 000 plantas ha ⁻¹
N° de semillas/1 m	: 6,00 a 6,50
Distancia entre surcos (m)	: 0,80
Distancia entre golpes (m)	: 0,30 a 0,40
N° de semillas por golpe	: 2

Características de la mazorca

Color de gran	: Amarillo anaranjado
Textura de grano	: Semi-cristalino
Tipo de grano	: Córneo dentado
Cubrimiento de mazorca	: Muy buena
N° de hileras por mazorca	: 16 a 20
N° de granos por hilera	: 30 a 38
Potencial de rendimiento	: Alto

2.2.4.3. Dekalb-7508

La ficha técnica, BAYER (2019), describe las siguientes características para el híbrido Dekalb-7508.

Características de la planta

Clase de híbrido	: Triple
Altura de planta (m)	: 2,30 a 2,40
Altura de mazorca (m)	: 1,20 a 1,45
Días de floración	: 70 a 89
Días de cosecha	: 120 a 160
Adaptabilidad	: Buena
Densidad de siembra	: 75 000 a 81 000 plantas ha ⁻¹
N° de semillas/1 m	: 6,00 a 6,50
Distancia entre surcos (m)	: 0,80 a 0,90

Características de la mazorca

Color de grano	: Amarillo naranja
Textura de grano	: Semi-cristalino
Tipo de grano	: Córneo dentado
N° de hileras por mazorca	: 16 a 20

N° de granos por hilera	: 30 a 38
Relación grano/tusa	: 85/15
Potencial de rendimiento	: Alto

2.2.5. Marginal 28-T

La ficha técnica, HORTUS (2020b), reporta la siguiente información sobre el origen y características de la variedad de *Z. mays* Marginal 28-T. Esta variedad tropical procede del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), y es una variedad compuesta formada por poblaciones de maíces amarillos, dentados y cristalinos de las regiones tropicales bajas, cuya selección se dirigió hacia plantas de porte bajo, medianamente precoces y de alto rendimiento. Con ciclo vegetativo de 130 a 150 días según época y lugar de siembra; las plantas tienen porte mediano a bajo (2,20 a 2,50 m), buena resistencia al acame y baja altura de mazorca (1,10 a 1,20 m); con mazorcas de 14 a 16 hileras de granos de color amarillo rojizo y con buena tolerancia a las enfermedades comunes de *Z. mays* y amplio rango de adaptación a diversas condiciones edafoclimáticas.

Esta variedad tradicional se siembra en cualquier localidad de aptitud maicera, desde los 0 hasta los 1 800 msnm. En la Costa se recomienda sembrar a distancias de 0,85 m entre surcos y 0,37 m entre golpes, colocando 2 semillas/golpe. En siembras mecánicas se deja de 5,5 a 6,0 plantas/m lineal y dependiendo del tipo de suelo, se coloca la semilla de 3 a 5 cm de profundidad, necesitándose 25 kg ha⁻¹. Antes de la siembra se debe desinfectar la semilla con algún producto químico que ejerza buen control de insectos plagas del suelo.

2.3. Densidad de siembra en *Z. mays*

Durante años ha sido reportado que existen diferencias de rendimiento en parcelas con una misma variedad, y con diferentes densidades de siembra de *Z. mays*. Asimismo, se ha probado la ventaja de que reduciendo el distanciamiento entre surcos resulta una mayor producción por ha (Injante y Joyo, 2010). Si se mantiene el mismo número de plantas en una determinada área y minimizamos el espacio existente entre hileras, resulta que las plantas de *Z. mays* estarán más distanciadas entre ellas en las líneas de siembra y con mejor distribución espacial entre ellas. Además, este arreglo mejorará la distribución de las raíces y las hojas reduciendo la competencia intraespecífica existente y mejorará el aprovechamiento del agua y nutrientes del suelo; así como, la capacidad de intercepción de la radiación solar de las plantas, pudiendo incrementar la productividad de los granos de *Z. mays* (Alvadi y Nilson, 2005; Oñate, 2016; Martínez, 2022).

La densidad óptima bajo condiciones no limitantes difiere entre variedades o genotipos diferentes, de allí que debe establecer según región/localidad para las variedades

importantes. Según el CIMMYT, la densidad de siembra óptima para *Z. mays* está en función de la altura y arquitectura de la planta para las tierras tropicales bajas que son cultivadas en un solo ambiente. Así, para una altura de 1,8 a 2,20 m, la densidad óptima sería de 78 000 plantas ha⁻¹; para una altura de 2,0 a 2,20 m, la densidad óptima sería de 70 000 plantas ha⁻¹ y para una altura de 2,2 a 2,40 m, sería de 65 000 plantas ha⁻¹ (Rodríguez, 2013).

2.3.1. Efecto de la densidad en la arquitectura y fisiología de *Z. mays*

La producción de biomasa está directamente relacionada con la interceptación de la radiación solar; por lo tanto, las plantas deben aprovechar la radiación solar disponible en momentos críticos para alcanzar los máximos rendimientos. La densidad de siembra en *Z. mays* tiene importantes efectos sobre la compartimentación de la materia seca en las estructuras vegetales y reproductivas (Campodónico, 2012). El rendimiento de *Z. mays* estará en función de la disponibilidad y eficiencia de la captura de la radiación y la conversión de esta energía en materia seca. Una buena arquitectura de planta garantiza una mejor distribución de la radiación solar y evita el desperdicio de la luz solar incrementando la tasa fotosintética, principalmente de las hojas horizontales que más la interceptan en los estratos superiores del dosel, interceptando una pequeña fracción adicional aquellos arquetipos de *Z. mays* con hojas erectas ubicadas en la parte superior (Long et al., 2006).

Una arquitectura idónea del dosel, además de capturar eficientemente la radiación solar en la fotosíntesis, ofrece a su vez, una mejor circulación del aire que repercute directamente en la fotosíntesis y el rendimiento. Si la radiación interceptada por el dosel es baja, disminuye la producción de materia seca, se reduce la tasa fotosintética y por ende, afecta el rendimiento. Además, se reduce la resistencia mecánica en los entrenudos y se incrementa el riesgo de acame, situación que se agrava a altas densidades de siembra provocando la elongación del tallo, mayor defoliación de las hojas con senescencia en las etapas tempranas después de la antesis y que altera el balance de asimilación de la planta reduciendo el rendimiento (Liu et al., 2011).

2.3.2. Densidad siembra óptima para híbridos

La densidad óptima de siembra depende del híbrido de *Z. mays* y de la fertilidad del suelo, ya que suelos con reducido contenido de nutrientes y retención de agua, necesitan densidades bajas; asimismo, un híbrido de gran altura y con exceso de follaje requiere una densidad relativamente más baja. Por ejemplo, al aumentar la densidad de siembra cuando hay deficiencia de N en el suelo; hace más tardía la aparición de la inflorescencia femenina, deviniendo en menor tiempo para el llenado óptimo de los granos. Es más, una densidad de siembra más alta que la óptima produce plantas sin mazorca (Chumpitaz, 2018; López, 2019).

El rendimiento de *Z. mays* está asociado con el total de plantas ha^{-1} ; sin embargo, se ha comprobado que los híbridos modernos con buen manejo y fertilización pueden adaptarse a altas densidades. También se ha comprobado que el número de plantas en determinada área influye sobre la altura de planta desarrollándose mejor cuando la distancia entre surcos se reduce, más no así, cuando las distancias entre golpes se reducen, siempre y cuando haya buena fertilidad del suelo y buena fertilización. Para obtener altos rendimientos en híbridos se debe tener en cuenta la densidad, porque en suelos con baja fertilidad debe tener un menor número de plantas ha^{-1} ; mientras que, en un suelo con alta fertilidad, debe haber mayor número de plantas ha^{-1} (Morales, 2018; Martínez, 2022).

Se ha reportado que al suelo no se le puede explotar al máximo, si la densidad de siembra es demasiada baja; en cambio, cuando la densidad es alta, la planta puede emitir inflorescencia masculina y no mazorcas envejeciendo las hojas prematuramente. La densidad puede alterar varias características como el área foliar y el número de mazorcas por planta; factores que están asociados de forma directa o indirecta con el rendimiento de los híbridos (Chumpitaz, 2018). Por otro lado, la reducción de las poblaciones de plantas puede generar mazorcas con mayor tamaño que compensaría hasta cierto punto los mejores rendimientos que son alcanzados en poblaciones altas. La densidad óptima aprovecha mejor la radiación solar, los nutrientes del suelo, el agua y compite mejor con las malezas (López, 2019).

En un ensayo en *Z. mays* con diferentes densidades de siembra: 50 000, 65 000, 80 000, 95 000 y 110 000 plantas ha^{-1} , se obtuvo altos rendimientos a las densidades de 65 000 y 80 000 plantas ha^{-1} . A densidades mayores, decayó el rendimiento por el aborto de granos e incremento de plantas estériles. Distanciamientos de siembra que se recomiendan para los híbridos de *Z. mays* son: 0,80 x 0,20 m con una semilla por golpe y 0,80 x 0,40 m con dos semillas/golpe obteniéndose 62 500 plantas ha^{-1} (Rodríguez, 2013; Martínez, 2022).

Para una población de híbridos semi-tardíos con 60 000 a 75 000 plantas ha^{-1} , se requiere un distanciamiento de surcos de 0,80 a 0,95 m. Si bien, algunos reportes sostienen que las prácticas usadas para obtener mayores rendimientos y ganancias son con buenas prácticas de manejo y condiciones edafoclimáticas, siendo la densidad de siembra fundamental, que deberá variar de 40 000 a 65 000 plantas ha^{-1} . En los híbridos modernos se recomienda sembrar de 62 500 a 83 000 plantas ha^{-1} (Injante y Joyo, 2010).

2.4. Antecedentes de ensayos en *Z. mays*

Un ensayo realizado en el distrito de Oxapampa (Pasco) para evaluar el comportamiento de híbridos simples procedentes de líneas Perla, reportó que el híbrido simple 112 x 111 obtuvo un rendimiento de 9,24 t ha^{-1} estadísticamente superior a los demás híbridos;

pero estadísticamente igual a los testigos Dekalb-834 e INIA-605 con 9,09 y 8,95 t ha⁻¹, respectivamente (Romero, 2009). Otro ensayo en el mismo distrito evaluando 32 híbridos dobles procedentes del CIMMYT, ocho híbridos obtuvieron rendimientos que oscilaron de 8,74 a 10,01 t ha⁻¹. (Ordoñez, 2011).

Otro ensayo realizado en el Huallaga central (San Martín) para evaluar tres densidades de siembra y siete híbridos de *Z. mays* bajo riego, encontró que el híbrido Dow-2B688 fue el más precoz (125 días a la cosecha) y el de mayor rendimiento con 9,34 t ha⁻¹ a una densidad de 75 000 plantas ha⁻¹ comparado con los demás híbridos, y una mejor relación beneficio/costo igual a 1,97 soles. El híbrido Atlas-105 alcanzó un peso de 100 granos igual a 35,2 g y un rendimiento de grano de 9,15 t ha⁻¹ a una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹ y una relación beneficio/costo de 2,3 soles (López, 2017).

En la estación Tulumayo, cuando se evaluó el comportamiento de cinco híbridos y una variedad tradicional de *Z. mays*, bajo un sistema de labranza mínima, se encontró diferencias significativas entre los híbridos y la variedad de *Z. mays*, en cuanto a rendimiento de grano y peso de 100 granos. El híbrido XB-8010 destacó con valores más altos superando significativamente a los demás híbridos y a la variedad Marginal 28-T, con un rendimiento de 9,21 t ha⁻¹ y peso de 100 granos igual a 32,0 g; mientras que la variedad Marginal 28-T, tuvo un rendimiento de 6,42 t ha⁻¹, mayor altura de planta y de mazorca con 2,79 y 1,47 m, respectivamente (Chávez, 2002).

Un ensayo de híbridos de *Z. mays* en el distrito de Honoria (Ucayali), la variedad Atlas-105, destacó por su longitud de mazorca (16,46 cm), número de granos/hilera (38,08), peso de 100 granos (42,18 g), y rendimiento (10,416 t ha⁻¹). El híbrido Dekalb-7088, alcanzó mayor altura de planta (2,42 m), altura de mazorca (1,35 m), diámetro de mazorca (5,18 cm), número de hileras/mazorca (18,48) y un rendimiento de grano de 9,455 t ha⁻¹ (Santos, 2016).

En la estación de Tulumayo, un ensayo realizado con cuatro híbridos y tres densidades de siembra reportó que la variedad Atlas-105 sembrado a 0,30 x 0,85 m, obtuvo mayor un rendimiento de 11,05 t ha⁻¹. Este híbrido en promedio de las densidades de siembra tuvo el mayor rendimiento de grano (9,9 t ha⁻¹), longitud de mazorca (18,8 cm), y peso de 100 semillas (36,6 g). La densidad de siembra 0,30 x 0,85 m (78 432 plantas ha⁻¹) en promedio de los híbridos de *Z. mays*, tuvo el mejor efecto en el rendimiento con 9,52 t ha⁻¹ (Morales, 2018).

Otro ensayo en la estación Tulumayo, la variedad de *Z. mays* XB-8010 obtuvo un rendimiento de 6,70 t ha⁻¹, con 13,5 hileras/mazorca; 41 granos/hilera; 35,9 g de peso de 100 semillas; 2,07 m de altura de planta y 1,06 cm de altura de mazorca (Baltazar, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución.

Este ensayo se realizó en el Fundo “Los Huancas” del Sr. Luis Huanca Delgado.

3.1.1. Ubicación política y geográfica

Dicho fundo está ubicado políticamente en el distrito de Puerto Bermúdez, provincia Oxapampa y región Pasco, cuyas coordenadas UTM son 18 L 507263 m longitud este, 8862410 m latitud sur y una altitud promedio de 240,83 msnm.

3.1.2. Mapa satelital

El campo experimental se ubica a 900 m de la municipalidad distrital de Puerto Bermúdez y al margen derecho del río Pichis (Figura 1).



Figura 1. Mapa satelital de la ubicación del campo experimental (Google Earth, 2022).

3.1.3. Zona de vida

Rojas (2017) reporta que el distrito de Puerto Bermúdez según la clasificación de zonas de vida de Holdridge corresponde a un bosque muy húmedo Tropical (bmh - T).

3.1.4. Clima

Entre noviembre, 2020 hasta mayo, 2021 que se ejecutó la tesis, los promedios de temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial en Puerto Bermúdez fueron: 26,91 °C, 80,04 % y 507,26 mm, respectivamente (Tabla 1). Si bien en noviembre y

diciembre se tuvieron las más altas precipitaciones; éstas no causaron problemas fitosanitarios luego de la siembra ya que previamente se hicieron los canales de drenaje. Con relación a la temperatura media, ésta se encuentra dentro del rango óptimo para el cultivo de *Z. mays* (Cruz, 2013; Hidalgo, 2013).

Tabla 1. Datos meteorológicos promedio entre los meses de noviembre, 2020 a mayo, 2021.

Meses	Temperatura	Precipitación	Humedad relativa	Horas de luz
2020-2021	(°C)	(mm)	(%)	(h día⁻¹)
Noviembre	26,10	1185,60	85,25	8,80
Diciembre	25,90	1211,40	88,15	8,40
Enero	27,22	49,40	77,25	8,38
Febrero	27,31	377,40	79,39	8,30
Marzo	27,23	410,22	77,41	8,47
Abril	27,97	297,01	77,50	8,30
Mayo	26,63	19,81	75,29	9,00
Promedio	26,91	507,26	80,03	8,52

Fuente: SENAMHI (2021).

3.2. Materiales y métodos

3.2.1. Metodología

Los métodos de evaluación de las variables biométricas asociadas con el rendimiento de grano de *Z. mays* se presentan a continuación:

3.2.1.1. Longitud de mazorca

Para determinar esta variable se seleccionaron diez mazorcas al azar y con una regla graduada se midió desde la base hasta el ápice de cada mazorca en cm.

3.2.1.2. Diámetro de mazorca

Para su determinación se tomaron diez mazorcas al azar y luego con una regla graduada se midió el diámetro en la parte más ancha de cada mazorca seleccionada (cm).

3.2.1.3. Número de hileras/mazorca

Con este propósito se eligieron diez mazorcas contándose el número de hileras/mazorca en la parte central de cada mazorca seleccionada.

3.2.1.4. Número de granos/hilera

La determinación se hizo mediante contaje del número de granos/hilera tomando dos hileras al azar de cada mazorca seleccionada.

3.2.1.5. Peso de 100 granos

Con este propósito se eligieron diez mazorcas al azar, se pesó cada mazorca (granos + tusa) y luego se procedió a desgranarla manualmente. Después se contaron 100 granos y se pesaron en una balanza digital para luego ser corregida a 14 % de humedad.

3.2.1.6. Rendimiento de grano estimado (t ha⁻¹)

La determinación del rendimiento de grano se hizo en función a los pesos por tratamiento obtenidos de la parcela experimental, según las densidades y que fueron estimados a nivel de hectárea en t ha⁻¹.

3.2.1.7. Análisis de rentabilidad (relación B/C)

La rentabilidad de los tratamientos para 1 ha se realizó mediante el método de análisis comparativo (ingresos vs. costos de producción), el cual consistió en dividir el ingreso bruto sobre el costo de producción de cada tratamiento utilizando la siguiente fórmula:

$$R(B/C) = \frac{IB}{CP}$$

Donde:

R (B/C) = Relación de beneficio y costo.

IB = Ingreso bruto.

CP = Costo de producción.

Por su parte, los costos de producción para 1,0 ha de *Z. mays* se basaron en el total de los costos efectuados, desde la compra de la semilla, instalación del cultivo, siembra y hasta la cosecha. El ingreso bruto de los tratamientos se evaluó multiplicando la producción de granos (t) de *Z. mays* para 1 ha por el precio de 1,0 kg de *Z. mays* (S/ 1,30) del mercado local.

3.3. Ejecución del experimento

3.3.1. Preparación del campo experimental

3.3.1.1. Limpieza del terreno

Con fecha 17 de noviembre, 2020 y con una motoguadaña (STIHL), machetes, azadones y rastrillo, se eliminaron rebrotes de *Z. mays* y malezas que crecieron después de la cosecha de una campaña anterior. Luego, con un rastrillo se eliminaron los restos vegetales y se amontonaron fuera del área experimental y con el azadón se aplanaron las partes irregulares del terreno. Posteriormente, se realizó el muestreo del suelo (Figura 2a).

3.3.1.2. Demarcación del campo

Con fecha 21 de noviembre, 2020 se realizó la demarcación del terreno de acuerdo con el croquis experimental (figura 2b). Luego con una cinta métrica se midieron las parcelas y bloques, clavando una estaca de madera delgada de 1 m por punto (cuatro estacas) para luego rodearlo con rafia, con el fin de separar las parcelas y bloques, y posteriormente realizar la siembra de cada híbrido de *Z. mays*. La parcela experimental estuvo diseñada con orientación de Este a Oeste que nos ayudó a evitar la insolación de las plántulas.



Figura 2. Preparación del campo experimental. (a) muestreo del suelo, (b) demarcación del área experimental, (c) eliminación de malezas, (d) demarcación de las parcelas.

3.3.1.3. Siembra de híbridos y variedad tradicional

Las semillas de los híbridos de *Z. mays* y la variedad tradicional Marginal 28 T, fueron adquiridas de las empresas HORTUS, BAYER e INTEROC de una casa comercial en La Merced, que comercializa semillas híbridas certificadas.

Durante los días 29 y 30 de noviembre, 2020, se sembraron los híbridos y la variedad tradicional Marginal 28-T en tres densidades de siembra: 0,40 m x 0,80

m ($62\,500$ plantas ha^{-1}), $0,35$ m x $0,80$ m ($71\,429$ plantas ha^{-1}) y $0,30$ m x $0,85$ m ($78\,432$ plantas ha^{-1}). Para las mediciones entre golpes e hileras, se utilizó una cinta métrica y se enmarcaron con rafia por hilera. La siembra fue manual usando un tacarpo para hacer los hoyos a una profundidad de 2 a 3 cm aproximadamente y en cada hoyo se echó tres semillas/golpe y al deshije se dejó dos semillas en cada hoyo (Figura 3a y b).



Figura 3. Siembra en el campo experimental. (a) siembra manual con tacarpo, (b) incorporación de las semillas en cada hoyo.

3.3.1.4. Deshije y aporque

El deshije se realizó a los 15 dds, para eliminar plantas débiles y mal formadas, y dejando dos plantas (con buen vigor y resistencia). Mientras que el primer aporque se hizo junto con la primera fertilización y el segundo, se hizo junto con la segunda fertilización, es decir cuando las plantas tenían de 50 a 60 cm de altura (Figura 4a y 4c).

3.3.1.5. Fertilización

Previa a la fertilización y antes de la siembra se aplicó cinco sacos de compost (50 kg/saco) obtenido de la Municipalidad Distrital de Villa Rica. La fertilización se realizó aplicando el producto Nutrifert ($20-20-20$) a una dosis de $120-60-150$ kg ha^{-1} de N- P_2O_5 - K_2O , respectivamente. La fertilización se hizo de forma manual aplicando 50 g/planta alrededor de la base de las plantas y a una distancia de 10 cm, de un total de 100 g planta^{-1} que se fraccionó en dos partes, la primera se hizo con el primer aporque a los 25 días después de la siembra (dds) y la segunda, en el segundo aporque a los 45 dds (Figura 4d).



Figura 4. Labores culturales: (a) control manual de malezas, (b) control mecánico de malezas, (c) segundo aporque, (d) uso de fertilizante Nutrifera.

3.3.1.6. Control de malezas

Después del desmalezado manual y antes de la siembra se aplicó el herbicida Atrazina (Farmezin 500 SC) como pre-emergente a la dosis de 200 mL/20 L de H₂O en una mochila Jacto de 20 L. A los 15 y 60 dds, se realizó el control manual y mecánico con un azadón y motoguadaña STIHL, respectivamente (Figura 4 b). Durante el experimento se observó malezas comunes de hoja ancha y angosta como *Echinochloa colonum* (arrocillo), *Cynodon dactylon* (pasto grama), *Cyperus rotundus* (coquito), *Bidens pilosa* y *Amaranthus spp.*

3.3.1.7. Control fitosanitario

Para prevenir daños de *Spodoptera frugiperda* (cogollero), al séptimo después de sembrar, con una mochila Jacto se aplicó el insecticida Stermin (Metamidophos) dirigido al punto de crecimiento de la planta a una dosis de 100 mL/20 L H₂O. A los 25 después de sembrar, se realizó la segunda aplicación de Stermin a la misma dosis. Durante el experimento se monitoreó semanalmente sin observar daños de fitopatógenos, por lo cual no se aplicaron fungicidas.

3.3.1.8. Cosecha

Esta labor se realizó el 10 de mayo, 2021 cuando los granos completaron su madurez fisiológica (Figura 5). Con este propósito se extrajeron mazorcas con una humedad promedio de 18 % y se depositó en costales identificados con códigos de los tratamientos. Se cosechó del área neta experimental (24,0 m²) y se registraron datos de las variables cuantitativas de la mazorca asociadas al rendimiento usando una regla graduada y una balanza digital.



Figura 5. Cosecha de las mazorcas de los híbridos y la variedad tradicional de *Z. mays*.

3.4. Componentes en estudio

Factor A (híbridos comerciales)

a_1 = Atlas-105.

a_2 = Dekalb-7088.

a_3 = Dekalb-7508.

Factor B (densidades de siembra)

b_1 = 40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹).

$b_2 = 35 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$ (71 429 plantas ha^{-1}).

$b_3 = 30 \text{ cm} \times 85 \text{ cm}$ (78 432 plantas ha^{-1}).

Testigos

Testigo 1 = Marginal 28-T (40 cm x 80 cm = 62 500 plantas ha^{-1}).

Testigo 2 = Marginal 28-T (35 cm x 80 cm = 71 429 plantas ha^{-1}).

Testigo 3 = Marginal 28-T (30 cm x 85 cm = 78 432 plantas ha^{-1}).

3.5. Tratamientos en estudio

La combinación 3Ax3B+3 testigos adicionales dieron lugar a 12 tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos en estudio y descripción.

Tratamientos en estudio		Descripción de los tratamientos
Clave	Combinación	
T ₁	a ₁ b ₁	Atlas-105 (40 cm x 80 cm = 62 500 plantas ha^{-1})
T ₂	a ₁ b ₂	Atlas-105 (35 cm x 80 cm = 71 429 plantas ha^{-1})
T ₃	a ₁ b ₃	Atlas-105 (30 cm x 85 cm = 78 432 plantas ha^{-1})
T ₄	a ₂ b ₁	Dekalb-7088 (40 cm x 80 cm = 62 500 plantas ha^{-1})
T ₅	a ₂ b ₂	Dekalb-7088 (35 cm x 80 cm = 71 429 plantas ha^{-1})
T ₆	a ₂ b ₃	Dekalb-7088 (30 cm x 85 cm = 78 432 plantas ha^{-1})
T ₇	a ₃ b ₁	Dekalb-7508 (40 cm x 80 cm = 62 500 plantas ha^{-1})
T ₈	a ₃ b ₂	Dekalb-7508 (35 cm x 80 cm = 71 429 plantas ha^{-1})
T ₉	a ₃ b ₃	Dekalb-7508 (30 cm x 85 cm = 78 432 plantas ha^{-1})
T ₁₀	Testigo 1	Marginal 28-T (40 cm x 80 cm = 62 500 plantas ha^{-1})
T ₁₁	Testigo 2	Marginal 28-T (35 cm x 80 cm = 71 429 plantas ha^{-1})
T ₁₂	Testigo 3	Marginal 28-T (30 cm x 85 cm = 78 432 plantas ha^{-1})

3.6. Diseño experimental

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar (D.B.C.A.) con arreglo factorial de 3A correspondiente a los híbridos de *Z. mays* x 3B que representó a las densidades de siembra, más tres testigos.

En total se tuvo 12 tratamientos distribuidos en cuatro bloques utilizando el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_k + \epsilon_{ijk}.$$

Donde:

Y_{ijk} = Respuesta de la unidad experimental obtenida en el k-ésimo bloque en estudio de la interacción de la j-ésima densidad de siembra con el i-ésimo híbrido de *Z. mays*.

μ = Media poblacional general.

ϵ_k = Efecto del k-ésimo bloque.

α_i = Efecto del i-ésimo híbrido de *Z. mays*

β_j = Efecto de la j-ésima densidad de siembra.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo híbrido de *Z. mays* con la j-ésima densidad de siembra.

ϵ_{ijk} = Efecto del error aleatorio de la unidad experimental en el k-ésimo bloque de la j-ésima densidad con el i-ésimo híbrido de *Z. mays*.

Para:

i = 1... 4 (3 híbridos de *Z. mays* + 1 variedad tradicional)

j = 1... 3 densidades de siembra.

K = 1... 4 bloques.

3.7. Características del área experimental

Área experimental

Largo : 48,00 m

Ancho : 25,50 m

Área total del experimento : 1224,00 m²

Bloques

Número de bloques : 4

Largo de bloque : 48,00 m

Ancho de bloque : 4,00 m

Área de bloque : 192,00 m²

Parcela (tratamientos)

Número de parcelas/bloques : 12

Largo de la parcela : 6,00 m

Ancho de la parcela : 4,00 m

Área de la parcela: 24,00 m²

Croquis del área experimental

En la Figura 14 del Anexo, se presenta el respectivo croquis correspondiente al área experimental con los tratamientos y en la Figura 15 del Anexo, el croquis de las parcelas

experimentales según la densidad de siembra de cada híbrido y/o variedad tradicional de *Z. mays*.

3.8. Análisis de variancia en D.B.C.A.

Para realizar el análisis de variancia (Tabla 3) y determinar el coeficiente de variabilidad de los tratamientos; así como, el contraste de medias de los tratamientos mediante la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$), se usó el software InfoStat vers., 2018. A continuación, se presenta el modelo del análisis de variancia para el diseño de bloques completos al azar.

Tabla 3. Modelo del análisis de variancia en el diseño bloques completos al azar (D.B.C.A.).

Fuente de variación	GL	SC	CM	F Cal.	F Tab.
Bloques	b-1	SC _{bloq}	SC _{bloq} /gl _{bloq} = CM _{bloq}	CM _{bloq} /CM _{ee}	F _α (gl _{bloq} ,gl _{ee})
Tratamientos	T-1	SC _{trat}	SC _{trat} /gl _{trat} = CM _{trat}	CM _{trat} /CM _{ee}	F _α (gl _{trat} ,gl _{ee})
Factor A (Variedad)	a-1	SC _A	SC _A /gl _A = CM _A	CM _A /CM _{ee}	F _α (gl _A ,gl _{ee})
Factor B (Densidad)	b-1	SC _B	SC _B /gl _B = CM _B	CM _B /CM _{ee}	F _α (gl _B ,gl _{ee})
Interacción (AxB)	(a-1) x (b-1)	SC _{AxB}	SC _{AxB} /gl _{AxB} = CM _{AxB}	CM _{AxB} /CM _{ee}	F _α (gl _{AxB} ,gl _{ee})
Testigos	t-1	SC _{test}	SC _{test} /gl _{test} = CM _{test}	CM _{test} /CM _{ee}	F _α (gl _{trat} ,gl _{ee})
Factorial vs. testigos	(a-1) x (b-1)-1	SC _{fvst}	SC _{f vs t} /gl _{f vs t} = CM _{f vs t}	CM _{f vs t} /CM _{ee}	
Error experimental	(t-1) x (b-1)	SC _{ee}	SC _{ee} /gl _{ee} = CM _{ee}		
Total	(t x b)-1	SC _{total}			

T = Tratamientos, B = Bloques, t = Testigos, A = Variedad/híbrido de *Z. mays*, B = Densidad de siembra.

$$C.V = \frac{\sqrt{(CMe)}}{Y...} \times 100$$

Donde:

C.V = Coeficiente de variabilidad.

C.M.E = Cuadrado medio del error.

Y... = Promedio general de tratamientos.

3.9. Análisis de correlación de Pearson

Los datos promedios de los componentes asociados al rendimiento de grano, tanto para los híbridos, como para la variedad tradicional, se sometieron al análisis de correlación de Pearson (*r*) para determinar la fuerza de asociación (positiva, neutra y/o negativa) que podría existir entre el rendimiento de grano y sus componentes más importantes. Para tal efecto se usó el software PAST (2020) versión, 4,04.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Componentes asociados al rendimiento de *Z. mays*

En la Tabla 4, se muestran los cuadrados medios del análisis de variancia para las variables: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos/hilera. Para la variable: longitud de mazorca, existe diferencias estadísticas altamente significativas para la fuente de variación debida a los híbridos, las densidad de siembra, las variedades testigo y testigos x factorial; lo que se interpreta que al menos uno de los híbridos de *Z. mays* fue estadísticamente diferente a los demás híbridos estudiados; en cambio, no existen diferencias estadísticas significativas entre los bloques establecidos ni tampoco se puede probar diferencias estadísticas para la interacción híbridos x densidad de siembra. El coeficiente de variación muy bajo (CV = 1,28 %) nos indica que existe una excelente homogeneidad de las variancias.

Asimismo, para la variable diámetro de mazorca existió diferencias estadísticas altamente significativas entre híbridos, entre variedades testigo y testigos vs. factorial, lo que se interpreta que al menos un híbrido de *Z. mays* fue estadísticamente diferente al resto de los híbridos, y también, que al menos una variedad testigo fue diferente a las demás variedades testigo. El coeficiente de variación muy bajo (CV = 1,10 %) nos estaría indicando que hubo una excelente homogeneidad de las variancias.

En cuanto a la variable: número de hileras por mazorca, existen diferencias estadísticas altamente significativas entre híbridos, densidades de siembra, interacción híbridos x densidades de siembra, entre variedades testigo y testigo vs factorial, lo que se interpreta que al menos un híbrido, o alguna densidad de siembra, o alguna interacción híbrido x densidad de siembra y algún testigo fue estadísticamente diferente a sus contrapartes ensayadas. El coeficiente de variación muy bajo (CV = 1,43 %), se interpreta que hubo una excelente homogeneidad de las variancias.

Con relación al número de granos por hilera, existen diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,01$) entre los híbridos, las densidades de siembra, la interacción híbridos x densidades de siembra, las interacción híbridos x densidades de siembra, y variedades testigo, lo que se interpreta que al menos uno de los híbridos, o alguna de las densidades de siembra, o alguna interacción entre el híbrido x la densidad de siembra y alguna variedad testigo fue estadísticamente diferente a sus contrapartes ensayadas. El coeficiente de variación muy bajo (CV=1,23 %), se interpreta que hubo una excelente homogeneidad de las variancias.

Tabla 4. Cuadrados medios y significación estadística del análisis de variancia ($\alpha \leq 0,05$) para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.

Fuente de variación	G.L.	Longitud de mazorca		Diámetro de mazorca		Número de hileras por mazorca		Número de granos por hilera		F tab. (0,05)
		C.M.	F. cal.	C.M.	F. cal.	C.M.	F. cal.	C.M.	F. cal.	
Bloques	3	0,09 ^{NS}	1,89	0,01 ^{NS}	0,59	0,02 ^{NS}	0,38	0,18 ^{NS}	0,81	2,88
Tratamientos	11	1,92 ^{AS}	39,50	0,17 ^{AS}	53,66	26,02 ^{AS}	450,31	24,66 ^{AS}	108,88	2,08
Factorial	8	2,03 ^{AS}	41,58	0,01 ^{AS}	2,62	15,88 ^{AS}	274,81	2,33 ^{AS}	10,28	2,23
Híbridos	2	7,61 ^{AS}	156,11	0,03 ^{AS}	8,03	61,79 ^{AS}	1069,25	2,98 ^{AS}	13,15	3,28
Densidad	2	0,33 ^{AS}	6,67	0,01 ^{NS}	1,35	0,54 ^{AS}	9,39	3,62 ^{AS}	15,99	3,28
Híbridos x densidad	4	0,09 ^{NS}	1,76	0,01 ^{NS}	0,55	0,59 ^{AS}	10,29	1,36 ^{AS}	5,98	2,65
Testigos	2	0,17 ^{AS}	3,56	0,02 ^{AS}	5,23	0,53 ^{AS}	9,19	0,87 ^{AS}	3,82	3,28
Testigos vs factorial	3	4,62 ^{AS}	94,78	1,76 ^{AS}	558,88	158,13 ^{AS}	2736,58	250,96 ^{AS}	1107,88	4,13
Error experimental	33	0,05		0,01		0,06		0,23		
Total	47									
C. V. (%)		1,28		1,10		1,43		1,23		

G.L. = Grados de libertad.

C.M. = Cuadrados medios.

C.V. = Coeficiente de variación.

AS = Existen diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

S = Existen diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.

NS = No existen diferencias significativas.

4.1.1. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$)

4.1.1.1. Efectos principales

a. Híbridos de *Z. mays*

Al comparar los híbridos comerciales (Tabla 5), se observa que el híbrido Atlas-105 si bien tuvo la mayor longitud de mazorca (18,37 cm), tuvo menor diámetro (5,17 cm) y menor número de hileras por mazorca (15,22) comparado a los demás híbridos, no diferenciándose estadísticamente en el número de granos/hilera (40,61). Estos resultados se pueden atribuir al diferente origen genético y potencial productivo de estos híbridos.

Tabla 5. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre híbridos de *Z. mays* para longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.

Longitud de mazorca			Diámetro de mazorca		
Híbridos	(cm)	Significación	Híbridos	(cm)	Significación
Atlas-105	18,37	a	Dekalb-7508	5,25	a
Dekalb-7088	17,05	ab	Dekalb-7088	5,23	a
Dekalb-7508	16,93	b	Atlas-105	5,17	b

Número de hileras/mazorca			Número de granos/hilera		
Híbridos	(n°hileras)	Significancia	Híbridos	(n°granos)	Significancia
Dekalb-7088	19,26	a	Atlas-105	40,61	a
Dekalb-7508	19,03	a	Dekalb-7088	39,83	a
Atlas-105	15,22	b	Dekalb-7508	39,68	a

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

El menor diámetro y número de hileras/mazorca estarían reflejando respuestas compensatorias debida a la mayor longitud de mazorca del híbrido Atlas-105. El híbrido Atlas-105 con un promedio de 15,22 hileras/mazorca, se encuentra dentro del rango de 14 a 16, coincidiendo con su ficha técnica (INTEROC, 2021); mientras que Dekalb-7508 y Dekalb-7088 con promedios de 19,03 y 19,26 hileras/mazorca están dentro del rango de 16 a 20 (HORTUS, 2020a; BAYER, 2019), respectivamente. Estos resultados son similares a los reportados por Morales (2018), quien encontró promedios de 15,25; 19,00 y 19,25 hileras/mazorca para estos tres híbridos, respectivamente; mientras que Baltazar (2014), reporta que el híbrido Dekalb-7088 alcanzó 18,50 hileras/mazorca.

Los resultados de longitud y diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos por hilera reportados para los híbridos Atlas-105, Dekalb-7088 y

Dekalb-7508 bajo condiciones de Puerto Bermúdez, son similares a lo reportado por Morales (2018) en condiciones de Tingo María; por lo tanto, se concluye que no habría efecto diferencial del ambiente sobre estas variables de la mazorca siendo estos caracteres relativamente estables.

4.1.1.2. Densidades de siembra

En la Tabla 6, prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) se interpreta que, en las diferentes densidades de siembra, el híbrido Atlas-105 supera estadísticamente a los demás híbridos por su mayor longitud de mazorca, más no en el diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca; pero que superó estadísticamente a los demás híbridos en el número granos por hilera a las densidades de 62 500 plantas ha^{-1} y 78 432 plantas ha^{-1} .

Si bien los híbridos Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508, sembrados a densidades de siembra de 62 500 plantas ha^{-1} y 71 429 plantas ha^{-1} ; tuvieron el mayor número de hileras por mazorca y mayor número de granos por hilera, respectivamente, comparado con la densidad de siembra de 78 432 plantas ha^{-1} (30 cm x 85 cm), y estando estas variables biométricas reguladas por el factor genético, nuestros resultados corroboran al de otros investigadores que señalan que la densidad de siembra influye en la longitud de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera (Blandon y Smith, 2001). Es más, estos investigadores demostraron que el número de granos/hilera está directamente influenciado por el número total de óvulos por hilera, que a su vez está influenciado por la nutrición mineral e hídrica del suelo; así como, por la densidad de siembra, y muy probablemente, por la abundancia de polen y la frecuencia de las precipitaciones.

Como el rendimiento de *Z. mays* se encuentra determinado por las características biométricas de la mazorca (diámetro y longitud de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera); así como, del número total de mazorcas/planta, y peso de 100 granos (Chura y Tejada, 2014), estos componentes son influenciados por otros factores, como el genético y el manejo agronómico; así como, la densidad de siembra usada. En este caso, las densidades de siembra de 62 500 y 71 429 plantas ha^{-1} , respectivamente, influyeron positivamente para obtener un mayor número de hileras/mazorca y número de granos/hileras comparado con la densidad de siembra mayor, probablemente porque las densidades bajas, reducen y equilibran el consumo de agua y nutrientes durante la etapa vegetativa, de modo que las plantas de *Z. mays* la gestionan mejor para después distribuir estos recursos en la floración y fructificación (Nagore et al., 2010). Esta aseveración coincide con los resultados de Morales (2018) bajo condiciones de Tingo María, donde los híbridos tuvieron mazorcas con mejores características biométricas a las densidades de siembra de 62 500 plantas ha^{-1} (0,40 x 0,80 m) y 71 429 plantas ha^{-1} (0,35 x 0,80 m), respectivamente.

Tabla 6. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) de los híbridos de *Z. mays* a diferentes densidades de siembra para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.

Longitud de mazorca								
62 501 plantas ha ⁻¹			71 429 plantas ha ⁻¹			78 432 plantas ha ⁻¹		
Híbridos	(cm)	Sig.	Híbridos	(cm)	Sig.	Híbridos	(cm)	Sig.
Atlas-105	18,60	a	Atlas-105	18,00	a	Atlas-105	18,50	a
Dekalb-7508	17,00	b	Dekalb-7088	17,00	b	Dekalb-7088	17,00	b
Dekalb-7088	17,15	b	Dekalb-7508	16,80	b	Dekalb-7508	17,00	b

Diámetro de mazorca								
62 501 plantas ha ⁻¹			71 429 plantas ha ⁻¹			78 432 plantas ha ⁻¹		
Híbridos	(cm)	Sig.	Híbridos	(cm)	Sig.	Híbridos	(cm)	Sig.
Dekalb-7508	5,26	a	Dekalb-7508	5,24	a	Dekalb-7508	5,26	a
Dekalb-7088	5,24	a	Dekalb-7088	5,24	a	Dekalb-7088	5,20	ab
Atlas-105	5,20	a	Atlas-105	5,14	b	Atlas-105	5,16	b

Número de hileras/mazorca								
62 501 plantas ha ⁻¹			71 429 plantas ha ⁻¹			78 432 plantas ha ⁻¹		
Híbridos	(hileras)	Sig.	Híbridos	(hileras)	Sig.	Híbridos	(hileras)	Sig.
Dekalb-7088	19,28	a	Dekalb-7508	19,30	a	Dekalb-7088	19,25	a
Dekalb-7508	18,28	b	Dekalb-7088	19,25	a	Dekalb-7508	18,28	b
Atlas 105	15,20	c	Atlas 105	15,20	b	Atlas 105	15,25	c

Número de granos/hilera								
62 501 plantas ha ⁻¹			71 429 plantas ha ⁻¹			78 432 plantas ha ⁻¹		
Híbridos	(granos)	Sig.	Híbridos	(granos)	Sig.	Híbridos	(granos)	Sig.
Atlas 105	41,18	a	Atlas 105	40,00	a	Atlas 105	40,65	a
Dekalb-7088	40,23	b	Dekalb-7088	39,75	a	Dekalb-7088	39,50	b
Dekalb-7508	38,50	c	Dekalb-7508	40,05	a	Dekalb-7508	38,50	c

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

Densidad de siembra: 40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹); 35 cm x 80 cm (71 429 plantas ha⁻¹); 30 cm x 85 cm (78 432 plantas ha⁻¹)

En la Tabla 7, prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del promedio de los híbridos en las densidades de siembra, el híbrido Atlas-105 a la densidad de 62 500 plantas ha⁻¹ alcanzó 18,60 cm de longitud de mazorca siendo superior a las otras densidades. Sin embargo, entre los híbridos Dekalb-7088 y Dekalb-7508, no hubo diferencias estadísticas significativas en las tres densidades de siembra. En cuanto al número de hileras por mazorca, no hubo diferencias estadísticas significativas en las tres densidades para los híbridos Atlas-105 y Dekalb-7088; pero sí con Dekalb-7508 a la densidad de 78 432 plantas ha⁻¹. Por último, con relación al número de granos/hilera, no existió diferencias estadísticas en las tres densidades de siembra para el híbrido Dekalb-7088; mientras que si las hubo para el Dekalb-7508 entre la más baja y alta densidad de siembra, pero no así para el híbrido Atlas-105. En general, se evidencia una tendencia de obtener más altos valores para las más bajas densidades (62 500 plantas ha⁻¹ y 71 429 plantas ha⁻¹) comparada con la más alta densidad de siembra (78 432 plantas ha⁻¹).

Tabla 7. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del promedio de híbridos en las densidades de siembra para la longitud de mazorca, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera.

Longitud de Mazorca						
Densidad de siembra	Atlas-105		Dekalb-7088		Dekalb-7508	
	(cm)	Sig.	(cm)	Sig.	(cm)	Sig.
62 500 plantas ha ⁻¹ (40 cm x 80 cm)	18,60	a	17,15	a	17,00	a
71 429 plantas ha ⁻¹ (35 cm x 80 cm)	18,00	b	17,00	a	16,80	a
78 432 plantas ha ⁻¹ (30 cm x 85 cm)	18,50	a	17,00	a	17,00	a
Número de hileras/mazorca						
Densidad de siembra	Atlas-105		Dekalb-7088		Dekalb-7508	
	(hileras)	Sig.	(hileras)	Sig.	(hileras)	Sig.
62 500 plantas ha ⁻¹ (40 cm x 80 cm)	15,20	a	19,28	a	19,50	a
71 429 plantas ha ⁻¹ (35 cm x 80 cm)	15,20	a	19,25	a	19,30	a
78 432 plantas ha ⁻¹ (30 cm x 85 cm)	15,25	a	19,25	a	18,28	b
Número de granos/hilera						
Densidad de siembra	Atlas-105		Dekalb-7088		Dekalb-7508	
	(granos)	Sig.	(granos)	Sig.	(granos)	Sig.
62 500 plantas ha ⁻¹ (40 cm x 80 cm)	41,18	a	40,23	a	40,50	a
71 429 plantas ha ⁻¹ (35 cm x 80 cm)	40,00	b	39,75	a	40,05	a
78 432 plantas ha ⁻¹ (30 cm x 85 cm)	40,65	ab	39,50	a	38,50	b

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

4.1.1.3. Interacción híbridos x densidades de siembra

En la Tabla 8, las mazorcas de los híbridos Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508, a densidades de 62 500 plantas ha⁻¹ (40 cm x 80 cm), 71 429 plantas ha⁻¹ (35 cm x 80 cm) y 78 432 plantas ha⁻¹ (30 cm x 85 cm); presentaron mayor longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera comparado con los tratamientos T₁₀ (Marginal 28-T, con 62 500 plantas ha⁻¹), T₁₁ (Marginal 28-T, con 71 429 plantas ha⁻¹) y T₁₂ (Marginal 28-T, con 78 432 plantas ha⁻¹). Los híbridos de *Z. mays* obtenidos por mejora genética poseen superiores características biométricas y rendimiento (MacRobert et al., 2015), siendo superiores en longitud y diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.

Tabla 8. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la interacción híbridos x densidades de siembra para longitud y diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.

Longitud de mazorca			Diámetro de mazorca			Número de hileras/mazorca			Número de granos/hilera		
Clave	(cm)	Sig.	Clave	(cm)	Sig.	Clave	(n°)	Sig.	Clave	(n°)	Sig.
T ₁	18,60	a	T ₇	5,26	a	T ₇	18,28	a	T ₁	41,18	a
T ₃	18,50	a	T ₉	5,26	a	T ₈	19,30	a	T ₃	40,65	ab
T ₂	18,00	b	T ₄	5,26	a	T ₄	19,28	a	T ₇	40,50	abc
T ₄	17,15	c	T ₈	5,24	ab	T ₅	19,25	a	T ₄	40,23	bcd
T ₆	17,00	c	T ₅	5,24	ab	T ₆	19,25	a	T ₈	40,05	bcd
T ₇	17,00	c	T ₁	5,20	abc	T ₉	18,28	b	T ₂	40,00	bcd
T ₉	17,00	c	T ₆	5,20	abc	T ₃	15,25	c	T ₅	39,75	cd
T ₅	17,00	c	T ₃	5,16	bc	T ₁	15,20	c	T ₆	39,50	d
T ₁₀	16,90	c	T ₂	5,14	c	T ₂	15,20	c	T ₉	38,50	e
T ₈	17,00	cd	T ₁₀	4,81	d	T ₁₀	14,03	d	T ₁₀	35,25	f
T ₁₂	16,50	cd	T ₁₂	4,81	d	T ₁₂	13,60	e	T ₁₂	34,70	f
T ₁₁	16,80	d	T ₁₁	4,70	e	T ₁₁	13,30	e	T ₁₁	34,33	g

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

Densidad de siembra: 40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹); 35 cm x 80 cm (71 429 plantas ha⁻¹); 30 cm x 85 cm (78 432 plantas ha⁻¹)

Leyenda:

T₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)

T₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)

T₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha⁻¹)

T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)

Los valores para la longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y granos por hilera de los híbridos de *Z. mays* en las tres densidades de

siembra, fueron similares a lo reportado por Morales (2018) en Tingo María. Urquía (2004) y Rojas (2005), también en Tingo María, concluyen que los híbridos de *Z. mays* tuvieron mazorcas con superiores caracteres biométricos (longitud y diámetro, número de hileras y número de granos) comparado con la variedad Marginal 28-T. Cabe destacar que los tratamientos T₁ (Atlas-105, con 62 500 plantas ha⁻¹) y T₃ (Atlas-105, con 78 432 plantas ha⁻¹), solo tuvieron mejores resultados con la longitud de mazorca y número de granos por hilera; mientras que T₇ (Dekalb-7508, con 62 500 plantas ha⁻¹) lo tuvo con el diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca.

4.1.1.4. Testigos

a. Comparación entre testigos.

En la Tabla 9, prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) al comparar los testigos observamos que la variedad Marginal 28-T a una menor densidad 62 500 plantas ha⁻¹ (40 x 80 cm), con mazorcas de mayor diámetro y número de hileras/mazorca fue estadísticamente superior a la variedad Marginal 28-T a la densidad de 78 432 plantas ha⁻¹ (30 cm x 85 cm), pero que no difirió con la variedad Marginal 28-T con 71 429 plantas ha⁻¹ (35 cm x 80 cm) en el diámetro de mazorca, pero sí en el número de granos/hilera. Se ha sugerido que esta variedad por su porte y vigor se debe sembrar a una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ (50 cm x 80 cm) para una mejor intercepción de la radiación solar (Urquía, 2004).

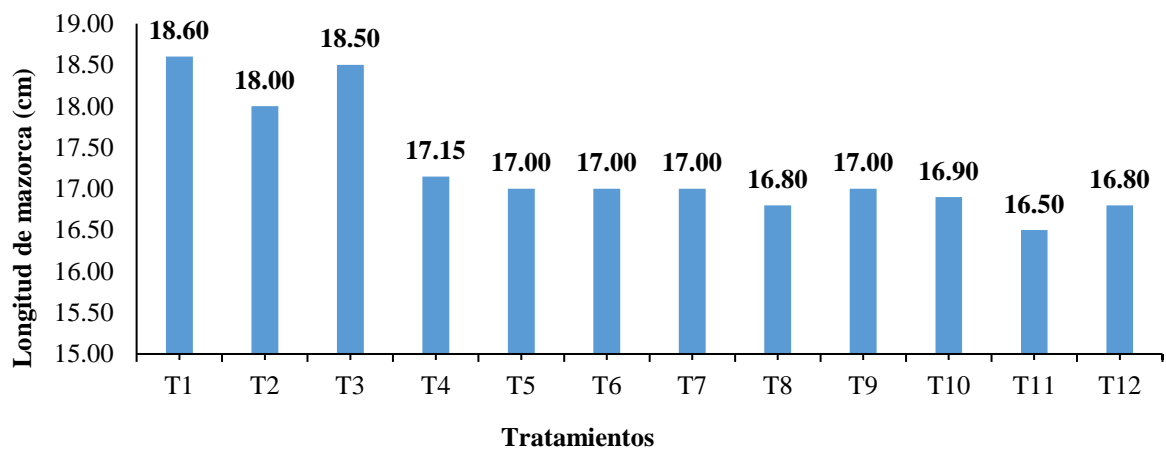
Tabla 9. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre testigos para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.

Testigos (Variedad/Densidad)	Longitud de mazorca		Diámetro de mazorca	
	(cm)	Sig.	(cm)	Sig.
Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)	16,90	a	4,81	a
Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)	16,80	ab	4,70	b
Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)	16,50	b	4,81	a
Testigos (Variedad/Densidad)	N° hileras/mazorca		N° granos/hilera	
	(Hileras)	Sig.	(Granos)	Sig.
Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)	14,03	a	35,25	a
Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)	13,60	b	34,70	ab
Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)	13,30	b	34,33	b

Sig. : significancia estadística.

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

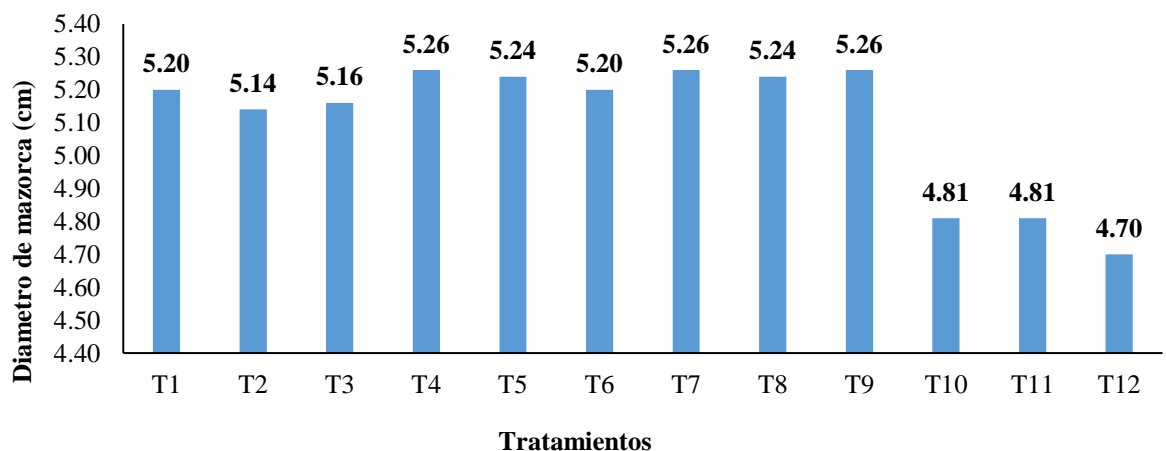
Sin embargo, la variedad tradicional Marginal 28-T (testigo), el número de hileras/mazorca que varió de 13,30 a 14,03, en promedio está por debajo de lo reportado en su ficha técnica que oscila de 14 a 16 hileras/mazorca (HORTUS, 2020b), siendo similar a los reportes de Tingo María, con promedios de 13,29 hileras/mazorca (Urquía, 2004) y 13,85 hileras/mazorca (Chávez, 2002). La longitud de mazorca y granos/hilera de la variedad Marginal 28 T en este ensayo varió de 16,5 a 16,9 cm y de 34,3 a 35,25 granos, respectivamente, que varían poco con otros estudios realizados en Tingo María con promedios de 17,4 y 18,7 cm de longitud de mazorca, y 35,3 y 35,2 granos/hilera (Chávez, 2002; Urquía, 2004).



Leyenda:

T ₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

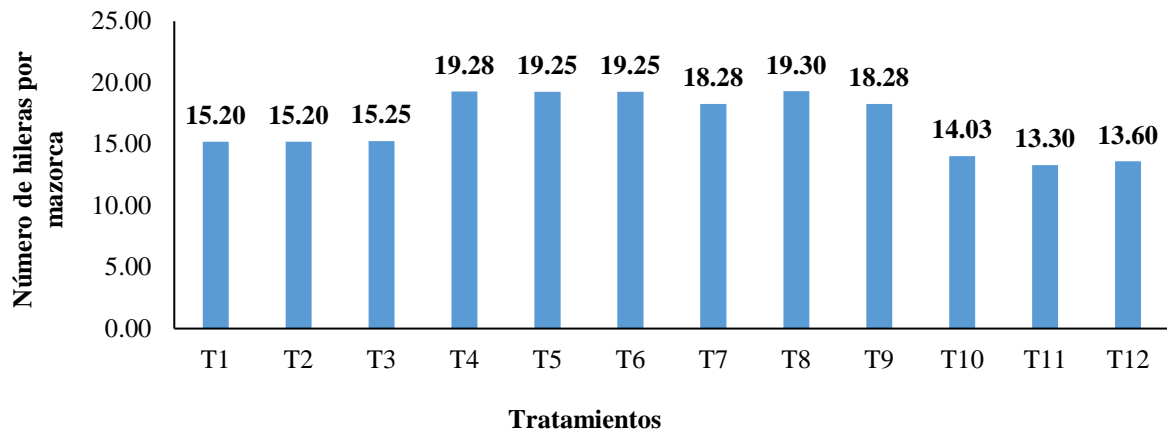
Figura 6. Longitud de mazorca (cm) de los tratamientos estudiados.



Leyenda:

T ₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

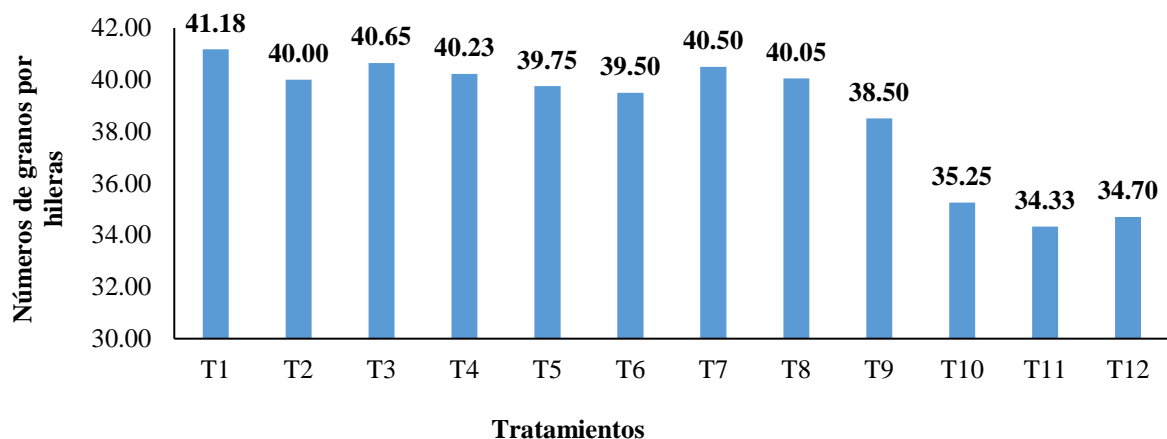
Figura 7. Diámetro de mazorca (cm) de los tratamientos estudiados.



Leyenda:

T ₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

Figura 8. Número de hileras por mazorca de los tratamientos estudiados.



Leyenda:

T ₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

Figura 9. Número de granos por hileras de los tratamientos estudiados.

4.1.1.5. Factorial vs. testigos

En la Tabla 10, prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$), el promedio de todos los tratamientos, sin testigos, las mazorcas tuvieron mayor longitud y diámetro/mazorca, número de hileras/mazorca y granos por hilera, diferenciándose estadísticamente respecto al promedio de los testigos. Como conclusión, el promedio de los híbridos de *Z. mays* (Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508) en cada densidad de siembra, fueron estadísticamente superior a los caracteres biométricos de las mazorcas de la variedad testigo Marginal 28-T.

Tabla 10. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para factorial sin testigos con los testigos para la longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras/mazorca y granos/hilera.

Factorial vs. testigos	Longitud de mazorca		Diámetro de mazorca	
	(cm)	Sig.	(cm)	Sig.
Factorial (promedio sin testigos)	17,45	a	5,22	a
Testigos (promedio de testigos)	16,73	b	4,77	b

Factorial vs. testigos	N° hileras/mazorca		N° granos/hilera	
	(Hileras)	Sig.	(Granos)	Sig.
Factorial (promedio sin testigos)	17,83	a	40,04	a
Testigos (promedio de testigos)	13,64	b	34,76	b

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

4.2. Peso de 100 granos (g) y rendimiento estimado ($t\ ha^{-1}$)

Según el análisis de variancia para las variables peso de 100 granos, y rendimiento estimado (Tabla 11), se infiere que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para el peso de 100 granos y rendimiento estimado; lo cual se interpreta que al menos un tratamiento se diferencia de los demás tratamientos. El coeficiente de variación de 4,76% se interpreta que existió excelente homogeneidad de variancias. Solo para el peso de 100 granos existió diferencia estadística altamente significativa para la fuente de variación factorial vs. testigos. Asimismo, para el rendimiento estimado hubo diferencias estadísticas altamente significativas para híbridos de *Z. mays*, densidades de siembra e interacción híbridos x densidad de siembra; así como, entre testigos y factorial vs. testigos. Los coeficientes de variabilidad obtenidos fueron menores al 5 %, los cuales indican una excelente homogeneidad de variancias entre tratamientos.

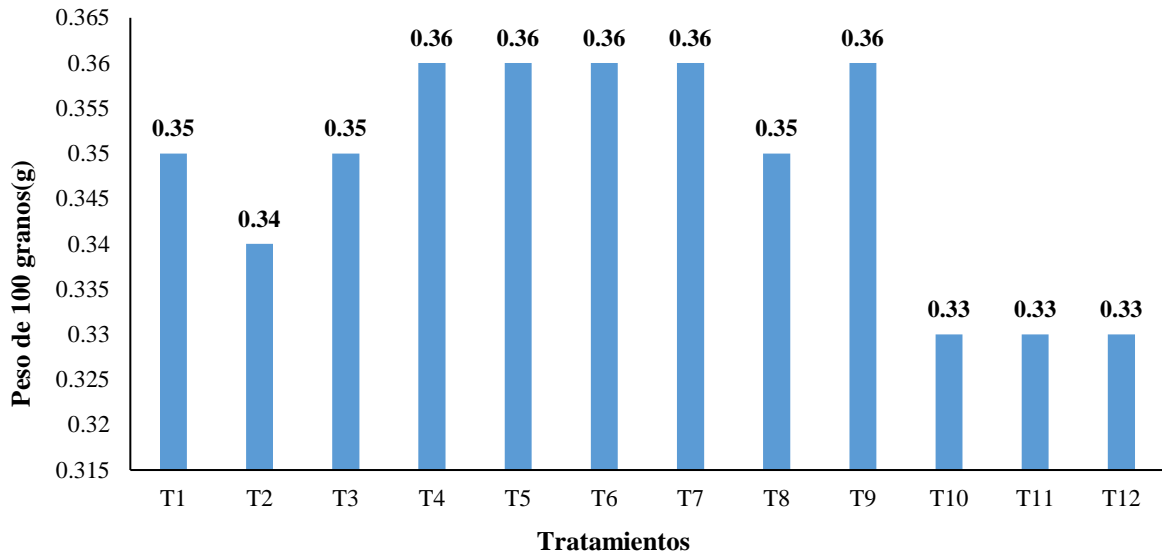
4.2.1. Prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para peso de 100 granos y rendimiento

4.2.1.1. Efectos principales

a. Híbridos

Con relación al peso de 100 granos, los resultados del análisis de variancia (Tabla 11), muestran que estadísticamente no existen diferencias significativas entre híbridos, densidades, interacción híbridos x densidades, y testigos, pero sí para factorial vs. testigos, infiriéndose que el potencial genético de los tres híbridos y el testigo son iguales para esta variable biométrica. Los promedios del peso de 100 granos de los híbridos Dekalb-7088, Dekalb-7508 y Atlas-105 fueron casi iguales, con 0,36; 0,36 y 0,35 kg; respectivamente (Tabla

11, Figura 10), encontrándose en un rango de peso (0,35 a 0,36 kg) que se considera excelente según el CIMMYT (Rodríguez, 2013).



Leyenda:

T ₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

Figura 10. Peso de 100 granos (g) de los tratamientos estudiados.

Se ha reportado que el peso de 100 granos de los híbridos puede variar dependiendo del clima, tipo de suelo y labores de manejo agronómico que se realiza. En Tingo María, los pesos de 100 granos de los híbridos Dekalb-7088, Dekalb-7508 y Atlas-105 fueron casi iguales: 0,27, 0,27 y 0,37 kg; respectivamente (Morales, 2018), inferiores a lo reportado en este estudio. Otros ensayos bajo condiciones ambientales diferentes reportan pesos de 100 granos del híbrido Atlas-105 iguales a 0,35 kg (Herrera y Peña, 2016), 0,35 kg (López, 2017) y 0,37 kg (Fabián et al., 2020), que estarían indicando una relativa estabilidad del peso de 100 granos. También se ha reportado pesos de 100 granos del híbrido Dekalb-7508 que oscilaron de 0,24 a 0,27 kg (Flores, 2017). De todo esto se infiere que el peso de 100 granos de los híbridos estudiados podría variar en menor grado bajo distintas condiciones edafoclimáticas y de manejo, pudiendo diferenciarse al valor promedio reportado en las fichas técnicas.

De la Tabla 12 para el rendimiento estimado se infiere que el híbrido Atlas-105, con 8,29 t ha⁻¹ resultado estadísticamente superior a los híbridos Dekalb-7508 y Dekalb-7088, con 7,55 y 7,14 t ha⁻¹, respectivamente. Por lo tanto, el híbrido Atlas-105 posee mayor potencial productivo que los dos híbridos mencionados.

Tabla 11. Cuadrados medios y significación estadística ($\alpha \leq 0,05$) para el peso de 100 granos y rendimiento estimado ($t\ ha^{-1}$).

Fuente de variación	G.L.	Peso de 100 granos		Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)		F tab. (0,05)
		C.M.	F cal.	C.M.	F cal.	
Bloques	3	0,001 ^{NS}	2,10	0,03 ^{NS}	0,66	2,88
Tratamientos	11	0,001 ^S	2,14	10,52 ^{AS}	265,02	2,08
Factorial	8	0,001 ^{NS}	0,34	4,70 ^{AS}	118,31	2,23
Híbridos	2	0,001 ^{NS}	1,00	4,10 ^{AS}	103,31	3,28
Densidad	2	0,001 ^{NS}	0,14	13,02 ^{AS}	327,99	3,28
Híbridos x densidad	4	0,001 ^{NS}	0,11	0,83 ^{AS}	20,97	2,65
Testigos	2	0,001 ^{NS}	0,25	0,79 ^{AS}	19,80	3,28
Testigos vs Factorial	1	0,006 ^{AS}	20,29	76,58 ^{AS}	1 929,19	4,13
Error experimental	33	0,001		0,04		
Total	47					
CV (%)		4,76		2,88		

G.L. = Grados de libertad.

C.M. = Cuadrados medio.

C.V. = Coeficiente de variación.

AS = Diferencias estadísticas al 1 % de probabilidad.

S = Diferencias estadísticas al 5 % de probabilidad.

NS = No hay diferencias significativas.

Tabla 12. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre los híbridos de *Z. mays* para el peso de 100 granos, y rendimiento estimado.

Peso de 100 granos			Rendimiento estimado		
Híbridos	(kg)	Sig.	Híbridos	($t\ ha^{-1}$)	Sig.
Dekalb-7088	0,36	a	Atlas-105	8,29	a
Dekalb-7508	0,36	a	Dekalb-7508	7,55	b
Atlas-105	0,35	a	Dekalb-7088	7,14	c

Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

4.2.2. Prueba Duncan ($\alpha \leq 0,05$)

4.2.2.1. Efectos principales

a. Densidades de siembra

En la Tabla 13, Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$), se observa que la densidad de siembra más alta (78 432 plantas ha^{-1}) en promedio de los híbridos, produjo el mayor rendimiento de grano con 8,79 $t\ ha^{-1}$, superando estadísticamente a las densidades de

siembra intermedia de 71 429 (35 cm x 80 cm) y baja de 62 500 plantas ha⁻¹ (40 cm x 80 cm), con 7,44 y 6,75 t ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados, permiten evidenciar una cierta tendencia de obtener mayores rendimientos conforme se incrementa la densidad de siembra, coincidiendo con Morales (2018), quien en Tingo María concluyó que la densidad de siembra de 78 432 plantas ha⁻¹, causó un mejor efecto sobre el rendimiento en los híbridos Atlas-105, Dekalb-7508 y Dekalb-7088 con un promedio de 9,52 t ha⁻¹.

Tabla 13. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre las densidades de siembra para el rendimiento de grano estimado (t ha⁻¹).

Rendimiento de grano estimado		
Densidad	(t ha⁻¹)	Sig.
78 432 plantas/ha	8,79	a
71 429 plantas/ha	7,44	b
62 500 plantas/ha	6,75	c

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

Densidad de siembra: 40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹); 35 cm x 80 cm (71 429 plantas ha⁻¹), 30 cm x 85 cm (78 432 plantas ha⁻¹).

En la Tabla 14, la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) con relación al rendimiento de grano estimado de la interacción híbrido x densidad de siembra, se observa que en general los híbridos en promedio de las densidades de siembra produjeron mejores rendimientos de grano, teniendo el Atlas-105 rendimientos de 9,71 y 7,79 t ha⁻¹ a la densidad más alta 78 432 (35 cm x 80 cm) y media 71 429 plantas ha⁻¹ (40 cm x 80 cm), respectivamente.

Los rendimientos de grano estimados de los híbridos Atlas-105, Dekalb-7508 y Dekalb-7088 en promedio, fueron ligeramente menores a lo reportado en Tingo María donde el Atlas-105, Dekalb-7508 y Dekalb-7088, alcanzaron 9,92; 9,01 y 7,95 t ha⁻¹; respectivamente (Morales, 2018); y significativamente menores en Lima, donde Dekalb-7088 y Atlas-105 alcanzaron 14,44 y 11,66 t ha⁻¹; respectivamente (Fabián et al., 2020); pero similares a lo reportado en Lambayeque, donde los híbridos Dekalb-7088 y Atlas-105 alcanzaron rendimientos de 8,01 y 8,35 t ha⁻¹, respectivamente (Herrera y Peña, 2016).

De los resultados obtenidos, se infiere que los rendimientos de los híbridos, se incrementaron a medida que aumentó la densidad de siembra (Tabla 14), porque a altas densidades de siembra de *Z. mays*, se hace mejor uso del suelo (Subedi et al., 2006); es decir, habiendo más plantas en determinada área, habrá mayor número de mazorcas/golpe a cosechar y por ende, traducirse en mayores rendimientos mayores, con excepción del híbrido Dekalb-7508 que a la baja densidad (62 500 plantas ha⁻¹), obtuvo 8,89 t ha⁻¹, posiblemente por

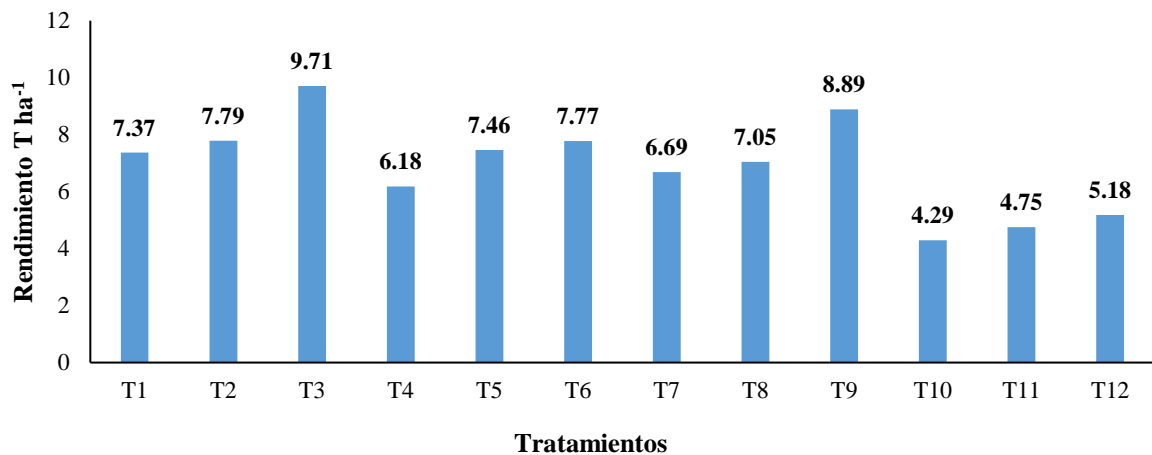
su mejor eficiencia fotosintética, menor tasa de respiración y otros componentes morfo-fisiológicos.

Tabla 14. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la interacción híbridos x densidades de siembra para el rendimiento de grano estimado.

Rendimiento de grano estimado								
62 501 plantas ha ⁻¹			71 429 plantas ha ⁻¹			78 432 plantas ha ⁻¹		
Híbridos	(t ha ⁻¹)	Sig.	Híbridos	(t ha ⁻¹)	Sig.	Híbridos	(t ha ⁻¹)	Sig.
Dekalb-7508	8,89	a	Atlas-105	7,79	a	Atlas-105	9,71	a
Dekalb-7088	7,46	b	Dekalb-7088	7,46	b	Dekalb-7508	8,89	b
Atlas-105	7,37	b	Dekalb-7508	7,05	c	Dekalb-7088	7,77	c

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

Densidad de siembra: 40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹), 35 cm x 80 cm (71 429 plantas ha⁻¹); 30 cm x 85 cm (78 432 plantas ha⁻¹)



Leyenda:

T₁ = Atlas 105 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₂ = Atlas 105 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₃ = Atlas 105 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₄ = Dekalb 7088 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₅ = Dekalb 7088 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₆ = Dekalb 7088 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₇ = Dekalb 7508 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₈ = Dekalb 7508 (71 429 plantas/ ha⁻¹)

T₉ = Dekalb 7508 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)

T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)

T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)

Figura 11. Rendimiento de grano (t ha⁻¹) para la interacción híbridos x densidad de siembra.

El mayor rendimiento de los híbridos está vinculado al mayor número de plantas/parcela, pues cuando se cosecha más mazorcas se consigue más peso de los granos. De allí que en altas densidades de siembra se alcanzan altos rendimientos habiendo mayor uso del terreno. Un estudio ha reportado que las plantas que obtienen hojas con mayor área foliar se debe a la radiación fotosintéticamente activa que se encuentran en longitudes de onda de 400 a 700 nm, que cuando son mejor aprovechadas por las plantas, se traduce en granos

bien formados y de buen peso (Tinoco et al., 2008). Es más, la acumulación de la biomasa del cultivo se relaciona con la concentración de radiación solar disponible y la capacidad del *Z. mays* de interceptar esta radiación para la conversión eficiente de la biomasa (Strieder et al., 2008, Villeda et al., 2019); sin embargo, densidades por encima de lo óptimo, genera plantas estériles y de bajísimo número de granos/mazorca (Sánchez et al., 2011).

Los híbridos Atlas 105, Dekalb-7508 y Dekalb-7088, respondieron de forma distinta a las densidades de siembra de 62 501, 71 429 y 78 432 plantas ha⁻¹, probablemente por la intercepción de luz solar, espacio u otro factor existente y que juntamente con la genética del propio híbrido, responden de formas distintas. Es por ello por lo que el rendimiento del híbrido Dekalb-7508 a una densidad de 62 501 plantas ha⁻¹ fue estadísticamente superior a los rendimientos de los demás híbridos, pero reduciéndose a densidades de 71 429 y 78 432 plantas ha⁻¹, respectivamente.

4.2.3. Testigos

4.2.3.1. Comparación entre testigos

La prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) de la Tabla 15, muestra que hubo diferencias estadísticas entre los testigos para el rendimiento de grano, donde Marginal 28-T a una densidad de 78 432 plantas ha⁻¹, tuvo el rendimiento mayor (5,18 t ha⁻¹), siendo estadísticamente superior a los rendimientos obtenidos en las otras dos densidades de siembra.

El rendimiento de la variedad Marginal 28-T a una densidad de 62 500 plantas ha⁻¹, resultó estadísticamente menor que los rendimientos obtenidos a densidades mayores (tabla 15), probablemente porque el menor número de plantas/parcela en comparación con el mayor número de plantas en las otras densidades de siembra, determinó una menor cosecha de mazorcas y, por ende, un menor rendimiento.

Tabla 15. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) entre testigos para el rendimiento de grano.

Testigos (Variedad tradicional)	Rendimiento de grano	
	(t ha ⁻¹)	Significación
Marginal 28-T (78 432 plantas/ha)	5,18	a
Marginal 28-T (71 429 plantas/ha)	4,75	b
Marginal 28-T (62 500 plantas/ha)	4,29	c

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$).

Densidad de siembra: 40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹); 35 cm x 80 cm (71 429 plantas ha⁻¹); 30 cm x 85 cm (78 432 plantas ha⁻¹)

La variedad Marginal 28-T aumentó su rendimiento de 4,29 a 4,75 y 5,18 t ha⁻¹ a medida que incrementó su densidad de 62 500, 71 429 y 78 432 plantas ha⁻¹

¹, coincidiendo con rendimientos obtenidos en condiciones de Tingo María y diferentes tipos de manejo, con rendimientos que van de 6,42 t ha⁻¹ (Chávez, 2002), 6,07 t/ha (Urquía, 2004), 4,98 hasta 5,04 t ha⁻¹ (Rojas, 2005); 5,22 hasta 5,62 t ha⁻¹ (Gonzales, 2010) y 4,86 hasta 6,02 t ha⁻¹ (Del Castillo, 2019), y que al parecer esta variedad poseería un bajo potencial de rendimiento.

4.3. Análisis de correlación entre el rendimiento y las variables asociadas

En la Tabla 16, se presenta los resultados del análisis de correlación de Pearson, entre el rendimiento y sus componentes biométricos asociados.

Tabla 16. Matriz de correlación de Pearson (r) entre el rendimiento y sus componentes.

	REND	LOMA	DIAM	NUHI	NUGR	PE100
REND	1					
LOMA	0,591**	1				
DIAM	0,739**	0,350*	1			
NUHI	0,400*	-0,201	0,832**	1		
NUGR	0,738**	0,603**	0,929**	0,644**	1	
PE100	0,647**	0,134**	0,922**	0,902**	0,790**	1

Para n=36, se tiene (n-2) gl = 34. Valores de $t_{\alpha \leq 0.05} = 0,325$ y $t_{\alpha \leq 0.01} = 0,418$

REND = Rendimiento de grano

LOMA = Longitud de mazorca

DIAM = Diámetro de mazorca

NUHI = Número hileras/mazorca

NUGR = Número de granos/hilera

PE100 = Peso de 100 granos

En dicha tabla observamos que existe correlación estadística altamente significativa entre el rendimiento de grano con el diámetro de mazorca ($r = 0,739^{**}$), número de granos/hilera ($r = 0,738^{**}$), peso de 100 granos ($r = 0,647^{**}$) y longitud de mazorca ($r = 0,591^{**}$). Asimismo, el número granos/hilera estuvo estadísticamente correlacionado con el diámetro de mazorca ($r = 0,929^{**}$) y con el número de hileras/mazorca ($r = 0,644^{**}$); mientras que, el diámetro de mazorca lo estuvo con el peso de 100 granos ($r = 0,922^{**}$) y número de hileras/mazorca ($r = 0,832^{**}$).

La existencia de una correlación estadística altamente significativa entre la longitud de la mazorca y el número de granos/hilera ($r = 0,603^{**}$), se interpreta que, a mayor longitud de mazorca, mayor es el número de granos/hilera, lo que coincide con lo reportado por Carrasco y Pineda (2009) que indica que el número de granos/hilera está determinado por la longitud de la mazorca.

El rendimiento de los híbridos y también de la variedad Marginal 28-T depende pues del número y el tamaño de los granos (Carrasco y Pineda, 2009); así como, del diámetro

y la longitud de la mazorca, que están altamente correlacionados con el rendimiento del *Z. mays* (Blandon y Smith, 2001), tal como es evidente en este estudio, y también que, tanto el número y tamaño (peso) de los granos contribuyen significativamente en el rendimiento (Blessing y Hernández, 2009). Esto último también coincide con los resultados de nuestro estudio.

4.4. Análisis de la rentabilidad

El análisis de la rentabilidad se basó en la relación beneficio/costo (B/C) para la producción de 1 ha de tres híbridos de *Z. mays* (Atlas 105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508) y una variedad tradicional (Marginal 28-T), sembrados a tres densidades de siembra (62 500, 71 429 y 78 432 plantas/ha) bajo condiciones de Puerto Bermúdez (Tabla 17). El análisis económico de beneficio/ costo se basó pues en la proyección del costo de producción, ingreso bruto y la venta de 1 kg de *Z. mays* al mercado local (1,30 soles en promedio). Los resultados muestran que los tratamientos T₃ (Atlas 105, con 78 432 plantas ha⁻¹), T₉ (Dekalb-7508, con 78 432 plantas ha⁻¹), T₂ (Atlas 105, con 71 429 planta ha⁻¹) y T₆ (Dekalb-7088, con 78 432 plantas ha⁻¹), que tuvieron los mejores rendimientos, también tuvieron los mejores valores de rentabilidad (B/C) iguales a S/. 3,06; 2,80; 2,46 y 2,45 soles; respectivamente. Es decir, el productor por cada sol invertido en la producción de *Z. mays* de los híbridos Atlas-105 a una densidad de 78 432 plantas ha⁻¹, Dekalb-7508 a una densidad de 78 432 plantas ha⁻¹, Atlas-105 a una densidad de 71 429 plantas ha⁻¹ y Dekalb-7088 a una densidad de 78 432 plantas ha⁻¹; puede recuperar el sol invertido más un retorno adicional de S/. 2,06; 1,80; 1,46 y 1,45 soles, respectivamente. Mientras que por cada sol que se invierta en la producción de la variedad Marginal 28-T a las densidades de 78 432; 71 429 y 62 500 plantas ha⁻¹, respectivamente; puede recuperar el sol invertido más un retorno adicional de S/. 0,78; 0,57 y 0,42 soles, respectivamente.

La variedad Marginal 28-T obtuvo valores muy bajos de índice de rentabilidad a densidades de 78 432; 71 429 y 62 500 plantas ha⁻¹, respectivamente, comparados con los demás tratamientos. Rojas (2005), encontró que los híbridos a distintas densidades de siembra tuvieron mayores índices de rentabilidad comparados con la variedad Marginal 28-T, a esas densidades con valores de S/. 0,48 a 0,52 soles; mayor a lo reportado por Gonzales (2010), que evaluó la respuesta de la variedad Marginal 28-T a distintas dosis y fraccionamiento de un bioestimulante, encontrando que el índice de rentabilidad varió de S/. 0,15 a 0,38 soles. Por su parte, Chávez (2002), reporta que la variedad Marginal 28-T tuvo el menor índice de rentabilidad (S/. 0,84 soles) en comparación con sus híbridos evaluados, y rentabilidades mucho menores por Huanuqueño (2004), para la variedad Marginal 28-T que económicamente le reportó pérdidas porque los costos de producción superaron a los beneficios de esta variedad.

Tabla 17. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio para el rendimiento del *Z. mays* en una hectárea.

Tratamientos		Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Soles (S/.)				
Clave	Descripción		Costo Total (S/.)	Ingreso bruto (S/.)	Utilidad (S/.)	Índice de rentabilidad (IR)	B/C
T ₁	Atlas 105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	7 368,51	4 075,00	9 579,06	5 504,06	1,35	2,35
T ₂	Atlas 105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	7 793,68	4 125,00	10 131,78	6 006,78	1,46	2,46
T ₃	Atlas 105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	9 713,92	4 125,00	12 628,10	8 503,10	2,06	3,06
T ₄	Dekalb-7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	6 178,54	4 075,00	8 032,10	3 957,10	0,97	1,97
T ₅	Dekalb-7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	7 464,47	4 125,00	9 703,81	5 578,81	1,35	2,35
T ₆	Dekalb-7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	7 774,60	4 125,00	10 106,98	5 981,98	1,45	2,45
T ₇	Dekalb-7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	6 692,81	4 075,00	8 700,65	4 625,65	1,14	2,14
T ₈	Dekalb-7508 (71 429 plantas ha ⁻¹)	7 053,23	4 125,00	9 169,20	5 044,20	1,22	2,22
T ₉	Dekalb-7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)	8 893,77	4 125,00	11 561,90	7 436,90	1,80	2,80
T ₁₀	Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)	4 293,51	3 925,00	5 581,57	1 656,57	0,42	1,42
T ₁₁	Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)	4 753,15	3 925,00	6 179,09	2 254,09	0,57	1,57
T ₁₂	Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)	5 179,92	3 785,00	60 733,90	2 948,90	0,78	1,78

Distancia de siembra:

40 cm x 80 cm (62 500 plantas ha⁻¹): 35 cm x 80 cm (71 429 plantas ha⁻¹): 30 cm x 85 cm (78 432 plantas ha⁻¹)

Precio de 1 kg en el mercado local: S/. 1,30 soles.

Leyenda:

CT = Costo total (obtenido de la Tabla 65 (Anexo)).

IR = Índice de rentabilidad.

B/C = Relación de beneficio/costo.

IB = Producción (kg/ha) x 1,30 soles.

U = IB - CT

IR = U/CT

B/C = IB/CT

En cambio, los híbridos Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508 a densidades altas demostraron ser muy rentables, porque tuvieron rendimientos más altos y por ende, mejores rentabilidades entre 100 a 200 % del costo de producción, siendo el híbrido Atlas-105 el más rentable coincidiendo con López (2017), quien encontró que el híbrido Atlas-105 fue más rentable que otros híbridos con un índice de rentabilidad de S/. 1,31 soles; mientras que Cuzme y Fuentes (2012), encontraron que el híbrido Dekalb-7088 alcanzó rentabilidades de 20 a 40 % del costo de producción. Molina (2010), encontró que este híbrido tuvo la más alta rentabilidad con 95 % del costo de producción en comparación con otros híbridos estudiados. Para el híbrido Dekalb-7508, Uzátegui (2019), encontró una rentabilidad de 29 % del costo de producción.

V. CONCLUSIONES

1. El híbrido Atlas-105 en promedio de las densidades de siembra tuvo la mayor longitud de mazorca (18,37 cm), menor diámetro (5,17 cm) y número de hileras por mazorca (15,22), comparado con los demás híbridos, sin diferencia estadística significativa en el número de granos/hilera y peso de 100 granos con los demás híbridos y la variedad testigo Marginal 28-T.
2. Los híbridos Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508, a la densidad de 62 500 plantas ha⁻¹ (40 cm x 80 cm), 71 429 plantas ha⁻¹ (35 cm x 80 cm) y 78 432 plantas ha⁻¹ (30 cm x 85 cm); presentaron mayor longitud y diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera comparado con la variedad testigo Marginal 28-T, con 62 500 plantas ha⁻¹ y los otros testigos.
3. El tratamiento T₃ (Atlas-105, con 78 432 plantas ha⁻¹) que tuvo el más alto rendimiento con 9,71 t ha⁻¹, fue estadísticamente superior al T₉ (Dekalb-7508, con 78 432 plantas ha⁻¹) con 8,89 t ha⁻¹ y al T₂ (Atlas-105, con 71 429 plantas ha⁻¹) con 7,79 t ha⁻¹. A nivel de testigos la variedad tradicional Marginal 28-T con 5,18 t ha⁻¹ a la densidad de 78 432 plantas ha⁻¹, resultó estadísticamente superior a los demás testigos.
4. El rendimiento de grano estuvo estadísticamente correlacionado con el diámetro de mazorca ($r = 0,739^{**}$), número de granos/hilera ($r = 0,738^{**}$), peso de 100 granos ($r = 0,647^{**}$), y longitud de mazorca ($r = 0,591^{**}$). Asimismo, el número granos/hilera estuvo estadísticamente correlacionado con el diámetro de mazorca ($r = 0,929^{**}$) y con el número de hileras/mazorca ($r = 0,644^{**}$); mientras que, el diámetro de mazorca estuvo estadísticamente correlacionado con el peso de 100 granos ($r = 0,922^{**}$) y con el número de hileras/mazorca ($r = 0,832^{**}$).
5. Las mejores rentabilidades se tuvieron con los tratamientos T₃ (Atlas-105, con 78 432 plantas ha⁻¹), T₉ (Dekalb-7508, con 78 432 plantas ha⁻¹), T₂ (Atlas-105, con 71 429 plantas ha⁻¹) y T₆ (Dekalb-7088, con 78 432 plantas ha⁻¹), ya que, por cada sol invertido en la producción de *Z. mays*, se espera recuperar el sol invertido más un retorno adicional de S/. 2,06, 1,80, 1,46 y 1,45 soles, respectivamente.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Recomendar a los agricultores de Puerto Bermúdez sembrar los híbridos de *Z. mays* Atlas-105, Dekalb-7508 y Dekalb-7088 que tuvieron altos rendimientos a las densidades de siembra de 78432 plantas ha⁻¹ (30 cm x 85 cm) y 71429 plantas ha⁻¹ (35 cm x 80 cm).
2. Continuar investigando con estos híbridos a densidades más altas de 78432 plantas ha⁻¹ (30 cm x 85 cm) y con otras configuraciones de marcos de siembra.
3. Recomendar el uso de estos y otros híbridos; así como, investigar otras densidades de siembra y fórmulas de fertilización más altas y equilibradas a fin de optimizar los rendimientos, dependiendo del nivel de fertilidad del suelo y de la arquitectura de planta.

VII. REFERENCIAS

- Alvadi, A., y Nilson, G. (2005). Redução do espaçamento entre fileiras: benefícios y limitações. *Revista Plantio Directo*, 5, 37-41.
- Baltazar, H. (2014). *Evaluación de la habilidad combinatoria específica de 22 líneas experimentales de maíz (Zea mays L.), en la estación experimental de Tulumayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/169>
- BAYER. (2019). *Ficha técnica del híbrido de maíz amarillo DK-7508*. Bayer. <https://tinyurl.com/2p9e9p3k>
- Bender, R. (2012). *Nutrient uptake and partitioning in high-yielding corn* [Tesis de maestría, University of Illinois at Urbana-Champaign]. Repositorio institucional Illinois. <https://www.ideals.illinois.edu/items/32300>
- Blandon, E., y Smith, A. (2001). *Efectos de diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (Zea mays L.) var. NB-6* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/1787/>
- Blessing, D., y Hernández, G. (2009). *Comportamiento de variables de crecimiento y rendimiento en maíz (Zea mays L.) var. NB-6 bajo prácticas de fertilización orgánica y convencional en la finca El Plantel 2007-2008* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/2090/>
- Campodónico, F. (2012). *Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica Argentina]. Repositorio institucional UCA <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/373/1/doc.pdf>
- Carrasco, L., y Pineda, L. (2009). *Evaluación de ocho genotipos de maíz (Zea mays L.) de polinización libre y tres tipos de fertilización en El Castillito, Las Sabanas, Madriz* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/2105/>
- Chávez, J. (2002). *Comportamiento de cinco híbridos y una variedad de maíz (Zea mays L.) bajo un sistema de labranza mínima en Tulumayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/508>

- Chumpitaz, D. (2018). *Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (Zea mays L.) con abono foliar en la localidad de La Molina* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3561>
- Chura, J., y Tejada, J. (2014). Comportamiento de híbridos de maíz amarillo duro en la localidad de La Molina, Perú. *Idesia (Arica)*, 32(1), 113-118.
- Cillóniz, F. (2020). *Perú aumenta cada vez más su producción de maíz amarillo duro, pero también importa una gran cantidad*. Agencia Agraria de Noticias-ANDINA. <https://tinyurl.com/5e4m29k3>
- Cruz, O. (2013). *El cultivo de maíz: manual para el cultivo de maíz en Honduras*. Dicta. <https://dicta.gob.hn/files/2013>
- Cuzme, W., y Fuentes, M. (2012). *Respuesta del híbrido de maíz (Zea mays L.) DK7088 a varios niveles de fertilización química suplementada con materia orgánica en la zona de Mocache* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio institucional UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4635>
- Del Castillo, A. (2019). *Efecto del compost de residuos sólidos biodegradables, obtenidos del comedor universitario de la unas en el rendimiento del cultivo de maíz (Zea mays L.) variedad Marginal 28-T* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1434>
- Deras, F. (2012). *Guía técnica: el cultivo de maíz*. IICA. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Fabián, N., Luis, D., y Tirado, R. (2020). Comparativo de rendimiento en híbridos nacionales e internacionales de maíz bajo condiciones del valle de Pativilca, Lima, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 2(2), 60-67.
- Flores, M. (2017). *Distanciamientos de siembra y rendimiento del maíz (Zea mays L.) híbrido amarillo duro DEKALB 7508 en condiciones edafoclimáticas de San Regis-El Carmen-Chincha-2017* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco]. Repositorio institucional UNHEVAL. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3978>
- García, C. (2020). *El maíz es el cultivo más importante en extensión para el Perú*. Agencia Agraria de Noticias - ANDINA. <https://tinyurl.com/y46nmbzb>
- García, F. (2001). *Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo del maíz*. INPOFOS.
- Gonzales, H. (2010). *Efecto del bioestimulante Evergreen en tres dosis y tres fraccionamientos en el rendimiento del maíz (Zea mays L.) cv. "Marginal 28-T" en Tingo María* [Tesis

- de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/107>
- Herrera, O., y Peña, M. (2016). *Evaluación de 20 híbridos comerciales de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en rendimiento de grano, bajo condiciones de la parte baja del valle Chancay - Lambayeque 2015* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional UNPRG. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8332>
- Hidalgo, E. (2013). *Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín*. Tinyurl. <https://tinyurl.com/yckurcem>
- HORTUS. (2020a). *Ficha técnica: Dekalb-7088*. Hortus. <https://tinyurl.com/yckz37tx>
- HORTUS. (2020b). *Ficha técnica: Marginal 28-Tropical*. Hortus. <https://tinyurl.com/yckt2pwh>
- Huanuqueño, E. (2004). *Evaluación del rendimiento de cuatro cultivares de maíz (Zea mays L.) bajo siembra en franjas en cuatro localidades* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/528>
- Injante, S., y Joyo, C. (2010). *Guía técnica: manejo integrado del maíz amarillo duro*. Tinyurl. <https://tinyurl.com/3bhec5s8>
- INTEROC. (2021). *Ficha técnica: híbrido de maíz Atlas-105*. <https://tinyurl.com/2p83ze35>
- ITIS (Integrated Taxonomic Information System). (2021). *ITIS Report, Zea mays L.* Taxonomic Serial N°: 42269. Integrated Taxonomic Information System (ITIS). <https://tinyurl.com/4wma2vvc>
- Liu, T., Song, F., Liu, S., y Zhu, X. (2012). Canopy structure, light interception, and photosynthetic characteristics under different narrow-wide planting patterns in maize at silking stage. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9, 1249-1261.
- Long, P., Zhu, X., Naidu, S., y Ort, D. (2006). Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell & Environment*, 29, 315-330.
- López, I. (2017). *Evaluación de tres densidades de siembra con siete híbridos del cultivo de maíz amarillo duro (Zea mays L.), en un sistema de siembra bajo riego, en la zona del Huallaga Central, San Martín-Perú* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio institucional UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3899>
- López, S. (2019). *Densidad de siembra y momentos de aplicación de fósforo en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) bajo goteo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional

- Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3868>
- MacRobert, J., Setimela, P., Gethi, J., y Worku, M. (2015). *Manual de producción de semilla de maíz híbrido*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Maldonado, R. (2013). *Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín*. Dirección Regional de Agricultura. M.A.
- Manrique, C.A. (1987). *El maíz en el Perú*. Talleres gráficos de Edigraf.
- Márquez, F. (1988). *Genotecnia vegetal*. Tomo I y III, AGT, Editor.
- Martínez, S. (2022). *Rendimiento de cuatro híbridos de maíz amarillo para grano y forraje, bajo tres densidades de siembra* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5388>
- Méndez, J. M. (2018). *Fertilización cálcica y aplicación de humatos comerciales en el rendimiento de maíz amarillo duro (Zea mays L.) híbrido PM-213, bajo goteo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria- La Molina]. Repositorio institucional UNALM.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. (2017). *Boletín estadístico de la producción agrícola y ganadera*. Sistema Integrado de Estadística Agraria-SIEA.
- Molina, R. (2010). *Evaluación de seis híbridos de maíz amarillo duro (INIAP H-601, INIAP H-553, HZCA 315, HZCA 317, HZCA 318 y Austro 1), frente a dos testigos (Agri 104 y Dekalb-7088, sembrados por el agricultor local en San Juan-Cantón Pindal-provincia de Loja* [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4746>
- Morales, N. (2018). *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]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1651>
- Nagore, L., Echarte, L., Della, A., y Andrade, F. (2010). Rendimiento, consumo y eficiencia de uso de agua del cultivo de maíz bajo estrés hídrico. *Actas IX Congreso Argentino de Maíz*. <https://tinyurl.com/3rrmpj6p>
- Oñate, L. (2016). *Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (Zea mays L.) var. Blanco Harinoso Criollo, bajo las condiciones climáticas del Cantón Cevallos* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/18305>

- Paliwal, L. (2001). *El maíz en los trópicos: mejoramiento y producción*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s00.htm>
- Poey, F. (1974). Evolución del maíz en México desde la prehistoria hasta la revolución verde. *Agricultura de las Américas*, 23(11), 10-41.
- Rajo, S. (2015). *Evaluación del comportamiento de híbridos simples de líneas CIMMYT de maíz amarillo duro (Zea mays L.) en Oxapampa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/123?locale=es>
- Ramírez, L. (2006). *Mejora de plantas alógamas*. Universidad de Navarra - Producción Vegetal Genética y Mejora Vegetal. <https://tinyurl.com/k4fwwmr>
- Rimachi, P. (2006). *Producción de maíz amarillo duro en el Perú*. <http://www.monografias.com/trabajos35/produccion-maiz-peru/shtml#ixzz4gj5JVM11>
- Rodríguez, J. (2013). *Comportamiento agronómico de cinco híbridos de maíz (Zea mays L.) en estado de choclo cultivados a dos distancias de siembra* [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional UG. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/2901>
- Rojas, P. (2005). *Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de tres cultivares comerciales de maíz (Zea mays L.) en dos localidades* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/54>
- Romero, L. (2009). *Comportamiento de híbridos simples de líneas Perla de maíz amarillo duro (Zea maíz L.) en la Localidad de Oxapampa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/123>
- Sánchez, M., Aguilar, C., Valenzuela, N., Sánchez, C., Jiménez, M., y Villanueva, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agron. Mes.*, 22(2), 281-295.
- Santos, N. (2016). *Dosis de fertilización en el rendimiento de híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.), en condiciones edafoclimáticas de San Antonio de Honoría* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio institucional UNHEVAL.
- Strieder, L., Ferreira, P., Rambo, L., Sangoi, L., Alves, S., Endrigo, P., y Batista, J. (2008). Crop management systems and maize grain yield under narrow row spacing. *Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)*, 65(4), 346-353.

- Subedi, K., Ma, B., y Smith, D. (2006). Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. *Crop Science*, 46, 1860-1869.
- Tinoco, C., Ramírez, F., Villareal, F., y Ruiz, C. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México*, 34(3), 271-278.
- Urquía, M. (2004). *Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de cinco cultivares comerciales de maíz (Zea mays L.) en dos localidades* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/41>
- Uzátegui, T. (2019). *Niveles de calcio en el rendimiento de tres híbridos de maíz amarillo duro (Zea mays L.) bajo riego por goteo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3868>
- Vergara, S. (2018). *Informe maíz amarillo duro en La Libertad 2017-2018*. Portal Agrario La Libertad - Gerencia Regional de Agricultura. <https://tinyurl.com/nmsv53e3>
- Villela, S., Morales, B., y Casasola, D. (2019). *Validación de densidades de siembra en cultivares de maíz blanco, Guatemala, 2019*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). <https://tinyurl.com/m7jn76m6>
- YARA. (2012). *Nutrición vegetal maíz: Resumen nutricional del maíz*. Empresa YARA. Alemania. <https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/maiz/resumen-nutricional/>

ANEXO

Tabla 18. Longitud de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados.

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ x b ₁	T ₁	18,70	18,80	18,80	18,10	74,40	18,60
a ₁ x b ₂	T ₂	18,00	18,15	18,20	17,65	72,00	18,00
a ₁ x b ₃	T ₃	18,50	18,60	18,65	18,25	74,00	18,50
a ₂ x b ₁	T ₄	17,10	17,20	17,20	17,10	68,60	17,15
a ₂ x b ₂	T ₅	17,00	17,00	17,10	16,89	67,99	17,00
a ₂ x b ₃	T ₆	17,00	17,00	17,00	17,00	68,00	17,00
a ₃ x b ₁	T ₇	17,06	17,25	16,75	16,94	68,00	17,00
a ₃ x b ₂	T ₈	16,80	16,20	17,20	17,00	67,20	16,80
a ₃ x b ₃	T ₉	17,00	16,70	17,10	17,20	68,00	17,00
Testigo 1	T ₁₀	17,20	17,00	16,60	16,80	67,60	16,80
Testigo 2	T ₁₁	16,50	16,50	16,60	16,40	66,00	16,50
Testigo 3	T ₁₂	17,00	16,70	17,00	16,50	67,20	16,80

Leyenda:

T₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha⁻¹)T₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha⁻¹)T₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha⁻¹)T₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha⁻¹)T₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha⁻¹)T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)T₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha⁻¹)T₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha⁻¹)T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)T₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha⁻¹)T₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha⁻¹)T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)**Tabla 19.** Diámetro de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados.

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ x b ₁	T ₁	5,18	5,20	5,18	5,22	20,78	5,20
a ₁ x b ₂	T ₂	5,10	5,11	5,16	5,19	20,56	5,14
a ₁ x b ₃	T ₃	5,15	5,16	5,18	5,15	20,64	5,16
a ₂ x b ₁	T ₄	5,29	5,27	5,23	5,23	21,02	5,26
a ₂ x b ₂	T ₅	5,27	5,19	5,32	5,16	20,94	5,24
a ₂ x b ₃	T ₆	5,23	5,19	5,16	5,20	20,78	5,20
a ₃ x b ₁	T ₇	5,27	5,27	5,25	5,26	21,05	5,26
a ₃ x b ₂	T ₈	5,23	5,16	5,27	5,29	20,95	5,24
a ₃ x b ₃	T ₉	5,28	5,18	5,29	5,30	21,05	5,26
Testigo 1	T ₁₀	4,85	4,85	4,65	4,90	19,25	4,81
Testigo 2	T ₁₁	4,61	4,66	4,76	4,77	18,80	4,70
Testigo 3	T ₁₂	4,79	4,83	4,86	4,76	19,24	4,81

Leyenda:

T₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha⁻¹)T₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha⁻¹)T₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha⁻¹)T₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha⁻¹)T₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha⁻¹)T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)T₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha⁻¹)T₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha⁻¹)T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)T₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha⁻¹)T₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha⁻¹)T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)

Tabla 20. Número de hileras/mazorca (cm) de los tratamientos ensayados.

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ x _b ₁	T ₁	15,30	15,20	15,20	15,10	60,80	15,20
a ₁ x _b ₂	T ₂	15,10	14,90	15,20	15,60	60,80	15,20
a ₁ x _b ₃	T ₃	15,30	15,20	15,20	15,30	61,00	15,25
a ₂ x _b ₁	T ₄	19,20	19,30	19,30	19,30	77,10	19,28
a ₂ x _b ₂	T ₅	19,20	19,20	19,40	19,20	77,00	19,25
a ₂ x _b ₃	T ₆	19,20	19,30	19,30	19,20	77,00	19,25
a ₃ x _b ₁	T ₇	19,60	19,50	19,40	19,50	78,00	19,50
a ₃ x _b ₂	T ₈	19,30	19,30	19,20	19,40	77,20	19,30
a ₃ x _b ₃	T ₉	18,30	18,40	18,30	18,10	73,10	18,28
Testigo 1	T ₁₀	13,90	13,90	13,50	14,80	56,10	14,03
Testigo 2	T ₁₁	13,30	13,30	13,10	13,50	53,20	13,30
Testigo 3	T ₁₂	14,00	13,60	13,80	13,00	54,40	13,60

Leyenda:

T₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha⁻¹)T₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha⁻¹)T₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha⁻¹)T₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha⁻¹)T₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha⁻¹)T₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha⁻¹)T₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha⁻¹)T₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha⁻¹)T₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha⁻¹)T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)**Tabla 21.** Número de granos/hilera de *Z. mays* (cm) de los tratamientos ensayados.

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ x _b ₁	T ₁	41,20	41,20	41,20	41,10	164,70	41,18
a ₁ x _b ₂	T ₂	40,00	40,00	39,90	40,10	160,00	40,00
a ₁ x _b ₃	T ₃	40,70	40,60	40,80	40,50	162,60	40,65
a ₂ x _b ₁	T ₄	40,10	39,80	40,20	40,80	160,90	40,23
a ₂ x _b ₂	T ₅	39,70	39,80	39,70	39,80	159,00	39,75
a ₂ x _b ₃	T ₆	39,40	39,50	39,60	39,50	158,00	39,50
a ₃ x _b ₁	T ₇	40,60	40,40	40,50	40,50	162,00	40,50
a ₃ x _b ₂	T ₈	39,90	40,40	40,50	39,40	160,20	40,05
a ₃ x _b ₃	T ₉	38,80	38,60	38,10	38,50	154,00	38,50
Testigo 1	T ₁₀	34,90	35,90	34,40	35,80	141,00	35,25
Testigo 2	T ₁₁	34,80	35,60	34,10	32,80	137,30	34,33
Testigo 3	T ₁₂	34,30	34,90	35,20	34,40	138,80	34,70

Leyenda:

T₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha⁻¹)T₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha⁻¹)T₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha⁻¹)T₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha⁻¹)T₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha⁻¹)T₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha⁻¹)T₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha⁻¹)T₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha⁻¹)T₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha⁻¹)T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)

Tabla 22. Peso de 100 granos de *Z. mays* (g) a 14 % de humedad de los tratamientos ensayados.

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ x _{b1}	T ₁	0,35	0,35	0,36	0,35	1,41	0,35
a ₁ x _{b2}	T ₂	0,37	0,33	0,34	0,33	1,38	0,34
a ₁ x _{b3}	T ₃	0,37	0,34	0,33	0,36	1,40	0,35
a ₂ x _{b1}	T ₄	0,37	0,37	0,35	0,35	1,43	0,36
a ₂ x _{b2}	T ₅	0,37	0,37	0,35	0,35	1,44	0,36
a ₂ x _{b3}	T ₆	0,35	0,34	0,37	0,37	1,43	0,36
a ₃ x _{b1}	T ₇	0,36	0,38	0,34	0,35	1,43	0,36
a ₃ x _{b2}	T ₈	0,33	0,35	0,38	0,36	1,42	0,35
a ₃ x _{b3}	T ₉	0,37	0,36	0,35	0,35	1,43	0,36
Testigo 1	T ₁₀	0,34	0,33	0,34	0,30	1,30	0,33
Testigo 2	T ₁₁	0,35	0,35	0,34	0,29	1,34	0,33
Testigo 3	T ₁₂	0,34	0,34	0,34	0,30	1,32	0,33

Leyenda:

T ₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

Tabla 23. Rendimiento estimado (t ha⁻¹) de los tratamientos ensayados.

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ x _{b1}	T ₁	7,50	7,28	7,17	7,52	29,47	7,37
a ₁ x _{b2}	T ₂	7,50	7,90	7,77	8,01	31,17	7,79
a ₁ x _{b3}	T ₃	9,68	9,85	9,50	9,82	38,86	9,71
a ₂ x _{b1}	T ₄	6,27	6,17	6,06	6,21	24,71	6,18
a ₂ x _{b2}	T ₅	7,89	7,54	7,24	7,19	29,86	7,46
a ₂ x _{b3}	T ₆	7,73	7,59	8,05	7,72	31,10	7,77
a ₃ x _{b1}	T ₇	6,79	6,88	6,33	6,78	26,77	6,69
a ₃ x _{b2}	T ₈	6,77	7,30	6,96	7,18	28,21	7,05
a ₃ x _{b3}	T ₉	8,88	8,74	9,07	8,89	35,58	8,89
Testigo 1	T ₁₀	4,25	4,02	4,33	4,57	17,17	4,29
Testigo 2	T ₁₁	4,60	4,84	4,75	4,82	19,01	4,75
Testigo 3	T ₁₂	5,20	5,30	5,20	5,03	20,72	5,18

Leyenda:

T ₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha ⁻¹)
T ₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha ⁻¹)
T ₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha ⁻¹)	T ₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha ⁻¹)
T ₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha ⁻¹)	T ₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha ⁻¹)	T ₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha ⁻¹)

Tabla 24. Costos de producción de los tratamientos de *Z. mays* para una hectárea (ha).

Actividades	U.M.	(S/)		T(d)	Costo de los tratamientos en estudio (S/)											
		C.	C.U.		T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂
1, Preparación del terreno																
Desmalezado	Jornal	10	35,00	2,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00
Limpieza	Jornal	6	35,00	0,50	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00
Poceado y alineamiento	Jornal	6	35,00	1,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00
2, Labores agronómicas																
Siembra	Jornal	4	35,00	1,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
Fertilización	Jornal	4	40,00	2,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
Deshije	Jornal	4	40,00	1,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00	160,00
Aporque	Jornal	4	40,00	2,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00	320,00
Control químico de malezas	Jornal	2	35,00	1,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Control manual de malezas	Jornal	4	35,00	3,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00
Control químico de plagas	Jornal	2	35,00	2,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
3, Semillas e insumos																
Semilla (50 kg)	Saco	1	*		350,00	400,00	400,00	350,00	400,00	400,00	350,00	400,00	400,00	200,00	200,00	200,00
Fertilizante Nutrifert (50 kg)	Saco	2	70,00		140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00
Atrazina (Farmezin (1 L))	Botella	2	75,00		150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00	150,00
Stermin (Metamidophos (1L))	Botella	2	65,00		130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
4, Cosecha y transporte																
Cosecha manual	Jornal	6	35,00	2,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00	420,00
Desgranado mecánico	Servicio	1	200,00	1,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Transporte	Servicio	1	100,00	1,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Total					4 075,00	4 125,00	4 125,00	4 075,00	4 125,00	4 125,00	4 075,00	4 125,00	4 125,00	3 925,00	3 925,00	3 785,00

(*) = El costo de 1 saco de los híbridos (Atlas-105, Dekalb-7088 y Dekalb-7508) y variedad Marginal 28-T.

U.M. = Unidad de medida. C. = Cantidad. C.U. = Costo unitario. T (d) = Tiempo en número de días realizado.

Leyenda:

T₁ = Atlas-105 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₂ = Atlas-105 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₃ = Atlas-105 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₄ = Dekalb-7088 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₅ = Dekalb-7088 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₆ = Dekalb-7088 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₇ = Dekalb-7508 (62 500 plantas ha⁻¹)

T₈ = Dekalb-7508 (71 429 plantas ha⁻¹)

T₉ = Dekalb-7508 (78 432 plantas ha⁻¹)

T₁₀ = Marginal 28-T (62 500 plantas ha⁻¹)

T₁₁ = Marginal 28-T (71 429 plantas ha⁻¹)

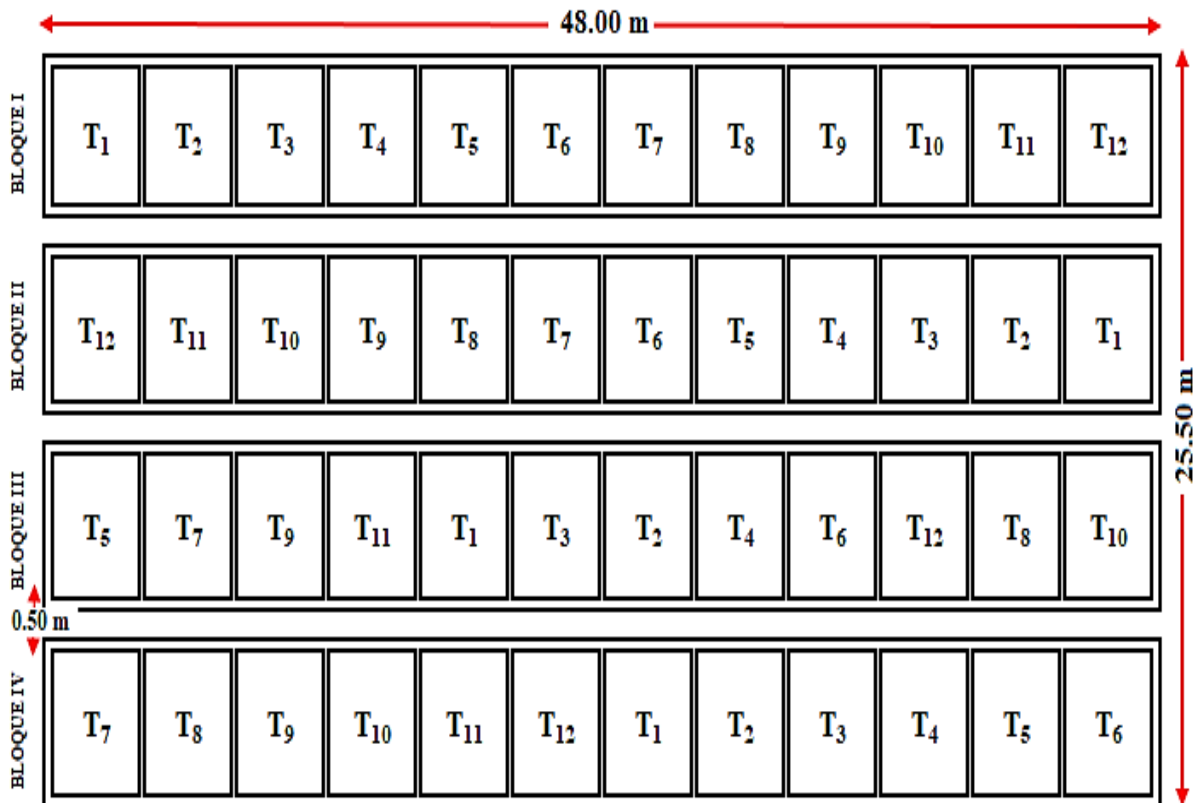
T₁₂ = Marginal 28-T (78 432 plantas ha⁻¹)



Figura 12. Muestreo y recolección de submuestras de suelo del campo experimental.



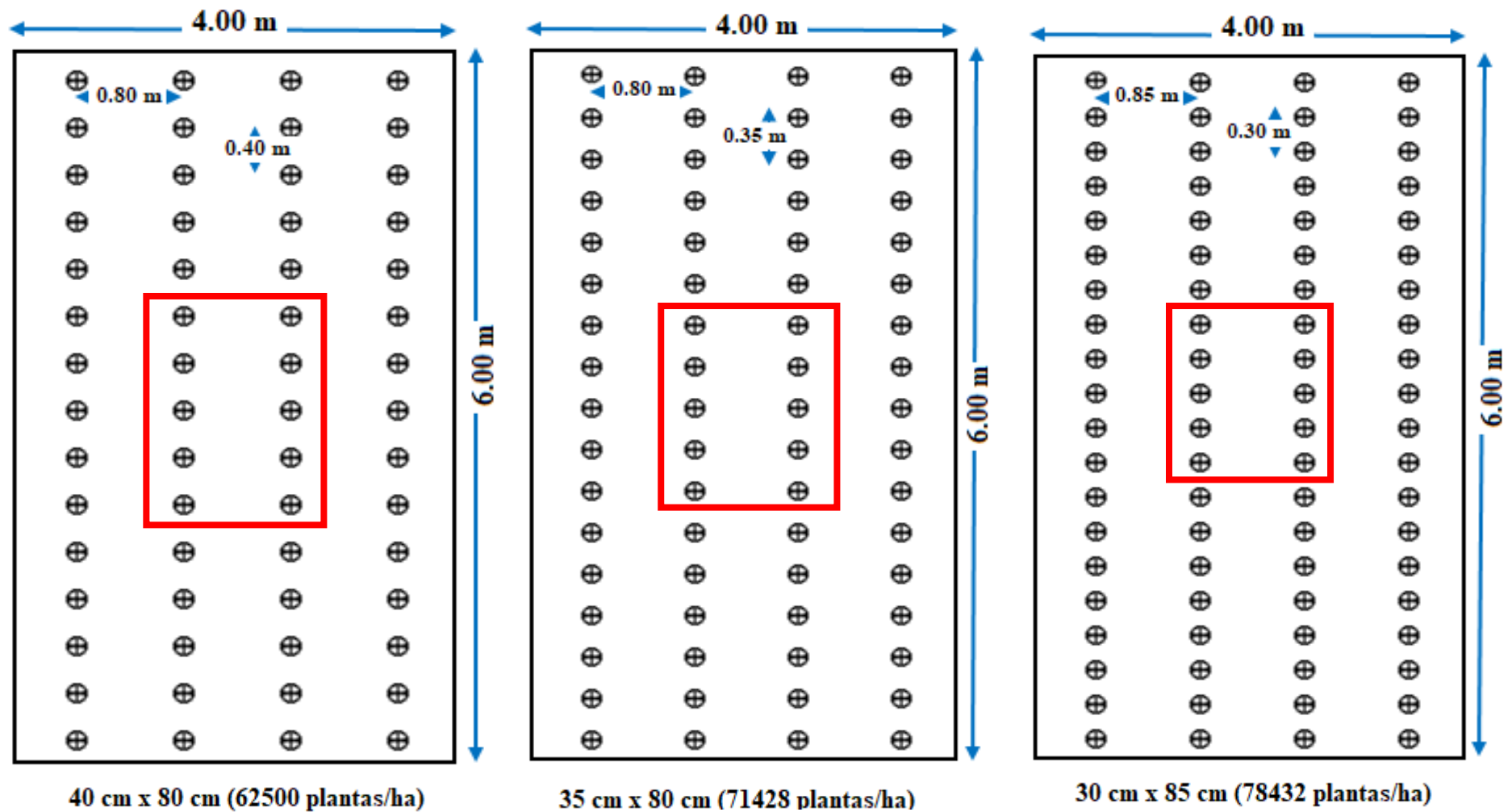
Figura 13. Medición de la longitud de la mazorca (cm).



Leyenda:

- | | |
|--|---|
| T ₁ = Atlas 105 (40 cm x 80 cm (62 500 plantas/ha)) | T ₇ = Dekalb-7508 (40 cm x 80 cm (62 500 plantas/ha)) |
| T ₂ = Atlas 105 (35 cm x 80 cm (71 429 plantas/ha)) | T ₈ = Dekalb-7508 (35 cm x 80 cm (71 429 plantas/ha)) |
| T ₃ = Atlas 105 (30 cm x 85 cm (78 432 plantas/ha)) | T ₉ = Dekalb-7508 (30 cm x 85 cm (78 432 plantas/ha)) |
| T ₄ = Dekalb-7088 (40 cm x 80 cm (62 500 plantas/ha)) | T ₁₀ = Marginal 28-T (40 cm x 80 cm (62 500 plantas/ha)) |
| T ₅ = Dekalb-7088 (35 cm x 80 cm (71 429 plantas/ha)) | T ₁₁ = Marginal 28-T (35 cm x 80 cm (71 429 plantas/ha)) |
| T ₆ = Dekalb-7088 (30 cm x 85 cm (78 432 plantas/ha)) | T ₁₂ = Marginal 28-T (30 cm x 85 cm (78 432 plantas/ha)) |

Figura 14. Croquis del área experimental.




 = Área neta de evaluación (1.00 m²)

Figura 15. Croquis de las parcelas experimentales según las densidades de siembra.

Tabla 25. Análisis fisicoquímico del suelo del suelo experimental.

Elementos	Contenido	Método usado
Análisis físico.		
Arena (%)	32,00	Hidrómetro
Limo (%)	37,00	Hidrómetro
Arcilla (%)	31,00	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcilloso	Triangulo textural
Análisis químico.		
pH	5,92	Potenciométrico
Materia orgánica (%)	1,81	Walkley y Black
Nitrógeno total (%)	0,09	% M.O. x 0,05
Fósforo disponible (ppm)	9,04	Olsen Modificado
Potasio disponible (ppm)	203,41	Absorción atómica
Ca cambiable (cmol ⁽⁺⁾ kg ha ⁻¹)	8,98	EAA
Mg cambiable (cmol ⁽⁺⁾ kg ha ⁻¹)	1,64	EAA
K cambiable (cmol ⁽⁺⁾ kg ha ⁻¹)	0,62	EAA
Na cambiable (cmol ⁽⁺⁾ kg ha ⁻¹)	0,52	EAA
Al cambiable (cmol ⁽⁺⁾ kg ha ⁻¹)	---	EAA
H cambiable (cmol ⁽⁺⁾ kg ha ⁻¹)	---	EAA
CIC	11,76	
Bases cambiables (%)	100,00	.-
Acidez cambiable (%)	0,00	.-
Saturación de aluminio (%)	0,00	.-

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.