

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



EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA DE DOS HÍBRIDOS DE *Zea mays*
(MAÍZ) EN EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO EN TINGO MARÍA

Tesis

Para optar el título de
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:
AGUIRRE CAMPOS, NELSON

Asesores:
CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
EDILBERTO CÉSAR DÁVILA ZAMORA

Tingo María – Perú
2025



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 RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUVANA"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 004-2025-FA-UNAS

BACHILLER : NELSON AGUIRRE CAMPOS

TÍTULO : EFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA DE DOS HIBRIDOS DE
Zea mays (MAIZ) EN EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO EN TINGO MARÍA

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
VOCAL : Ing. M.Sc. LUIS FERNANDO GARCIA CARRION
VOCAL : Ing. M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS

ASESORES : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
Dr. EDILBERTO CESAR DAVILA ZAMORA

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 23/04/2025

HORA DE SUSTENTACIÓN : 03:00 P.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Sala de Audiovisuales de la F.A.

CALIFICATIVO : MUY BUENO


RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 23 DE ABRIL DEL 2025


M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
PRESIDENTE


M.Sc. LUIS FERNANDO GARCIA CARRION
VOCAL


M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
VOCAL


Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
ASESOR


Dr. EDILBERTO CESAR DAVILA ZAMORA
ASESOR



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 312 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico 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 Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA DE DOS HÍBRIDOS DE Zea mays (MAÍZ) EN EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO EN TINGO MARÍA	AGUIRRE CAMPOS, NELSON	17 % Diecisiete	Menor a 20 %

Tingo María, 02 de octubre de 2025.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

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



EFFECTO DE CUATRO DENSIDADES DE SIEMBRA DE DOS HÍBRIDOS DE *Zea mays*
(MAÍZ) EN EL RENDIMIENTO AGRONÓMICO EN TINGO MARÍA

Autor : Nelson Aguirre Campos
Asesor(es) : Carlos Miguel, Miranda Armas
: Edilberto César, Dávila Zamora
Área de investigación : Ciencias agrícolas
Línea de investigación : Propagación de plantas y sistemas de producción agrícola.
Lugar de ejecución : Fundo del Colegio Agropecuario Naranjillo
Duración : 7 meses
Financiamiento : S/ 4 349,40

Tingo María – Perú. Octubre, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
VICERRECTOR DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación
Unidad de Gestión de la Investigación

FORMATO PARA REGISTRAR EL PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Agronomía
Escuela profesional/ : Agronomía
Departamento Académico : Ciencias Agrarias
Título de la Tesis : Efecto de cuatro densidades de siembra de dos híbridos de *Zea mays* (maíz) en el rendimiento agronómico en Tingo María
Objetivo General : Evaluar el efecto de cuatro densidades de siembra en dos híbridos de *Zea mays* (maíz) en su rendimiento agronómico.
Autor de la Tesis : Nelson Aguirre Campos
DNI : 76695051
Correo electrónico : nelson.aguirre@unas.edu.pe
Asesores : 1. Ing. Carlos Miguel, Miranda Armas
2. Dr. Edilberto César, Dávila Zamora
Área de Investigación : Ciencias agrícolas
Grupo de Investigación : Plantas agrícolas, medicinales, ornamentales y florísticos
Línea de investigación : Propagación de plantas y sistemas de producción agrícola.
Lugar de Ejecución : Fundo del Colegio Agropecuario Naranjillo
Fecha de inicio : Marzo del 2024
Fecha de finalización : Septiembre del 2024
Presupuesto : S/. 4 349,40
Financiamiento : Propio (x) FIF () Externo ()

DEDICATORIA

A Dios, quien me cuidó, quien fue mi guía y supo darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis amados padres, en especial a mi madre (que en paz descase y sé que desde el cielo guió todo mi paso), por el gran esfuerzo, amor y apoyo brindado durante todos mis años de vida y hasta lograr culminar mi etapa universitaria.

A mis queridos y preciados hermanos y hermanas, por el apoyo brindado, invertir su tiempo en ayudarme en esta etapa que fue importante para mí, y por motivarme a ser un ejemplar hermano en esta etapa universitaria.

A mis queridos amigos y colegas más cercanos, los llevare en mi corazón y mis recuerdos a donde sea que vaya.

A mis profesores de la Facultad de Agronomía, por los conocimientos brindados gracias a su buena labor como docente y amigo.

AGRADECIMIENTO

- A Dios por las bendiciones y fuerzas otorgadas en momentos de desesperanza, por la capacidad de poder tomar decisiones sabias durante mi vida.
- A mis amados padres, pero en especial a mi madre que está en el cielo, por sus fuerzas, su cariño y su gran trabajo para poder culminar mis estudios. A ellos que nunca se rindieron a pesar de las circunstancias de la vida y creyeron en mí, por llenar mi vida de alegría y amor cuando yo se lo necesitaba.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, “alma mater” Institución de prestigio a nivel Nacional e Internacional que en cuyas aulas realicé mi formación profesional.
- A los docentes de la Facultad de Agronomía, quienes contribuyeron en mi formación académica y que contribuyeron en la investigación agronómica.
- Al Dr. Dávila Zamora, Edilberto César y al Ing. Miranda Armas, Carlos Miguel como asesores, por su colaboración en la ejecución de la tesis, revisión del informe final de tesis y su aporte académico y científico.
- A los miembros del Jurado de Tesis, M.Sc. Fausto Silva Cárdenas, M.Sc. Jaime Josseph Chavez Matías e M.Sc. Luis Fernando Gracia Carrión, por la revisión final de tesis, aporte académico y científico.
- A mis amigos y compañeros por hacer que el trabajo sea más ameno.
- A la ingeniera Mónica Robles rodríguez, quien como extensionista de la Facultad de Agronomía me ayudó mucho para hacer realidad la ejecución de este trabajo tesis, gracias por todo el apoyo incondicional.
- A la directora del colegio Agropecuario de Naranjillo, quien nos prestó su terreno para poder conducir este trabajo de tesis.
- A todos los docentes que pusieron su conocimiento a disposición para formarme como todo un profesional, gracias por ese apoyo incondicional brindado.

ÍNDICE

Página

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1. Maíz amarillo duro en el Perú	3
	2.2. Producción del maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i>).....	3
	2.3. Características morfológicas del maíz.....	4
	2.4. Híbridos de maíz.....	5
	2.5. Características de los híbridos en estudio.....	5
	2.5.1. Características del híbrido ATLAS 105	5
	2.5.2. Características del híbrido ATLAS 777	6
	2.6. Densidad de siembra y su efecto en la producción de maíz	7
	2.7. Requerimientos edafoclimáticos	7
	2.8. Fertilización del maíz	8
	2.8.1. Fertilización nitrogenada.	8
	2.8.2. Fertilización fosfo-potásica	9
	2.9. Antecedentes.....	9
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	13
	3.1. Lugar de ejecución	13
	3.1.1. Observaciones meteorológicas	13
	3.1.2. Análisis físico-químico inicial del suelo.....	14
	3.2. Materiales	15
	3.3. Análisis estadístico	15
	3.3.1. Componentes en estudio	15
	3.3.2. Tratamientos en estudio	16
	3.3.3. Diseño experimental	16
	3.3.4. Modelo estadístico	16
	3.3.5. Análisis de varianza (ANVA).....	17
	3.3.6. Características del campo experimental	17
	3.3.7. Croquis del campo experimental	18
	3.4. Metodología.....	21
	3.4.1. Adquisición de Semillas	21
	3.4.2. Elección y preparación del terreno	21

3.4.3.	Demarcación del terreno.....	21
3.4.4.	Muestreo de suelos del campo experimental.....	21
3.4.5.	Prueba de germinación	22
3.4.6.	Siembra.....	23
3.4.7.	Control de malezas	24
3.4.8.	Aporque	24
3.4.9.	Control de plagas	24
3.4.10.	Deshije	24
3.4.11.	Fertilización	25
3.4.12.	Fertilización foliar	26
3.4.13.	Cosecha.....	26
3.5.	Evaluaciones registradas	27
3.5.1.	Altura de planta (cm).....	27
3.5.2.	Altura de inserción de mazorca (cm).....	27
3.5.3.	Diámetro del tallo (mm).	27
3.5.4.	Materia seca (t/ha)	27
3.5.5.	Medición de clorofila (SPAD).....	28
3.5.6.	Índice de área foliar	28
3.5.7.	Longitud de mazorca (cm).....	28
3.5.8.	Diámetro de mazorca (cm)	28
3.5.9.	Número de hileras por mazorca.....	28
3.5.10.	Número de granos por hilera	28
3.5.11.	Peso de 100 semillas (g)	28
3.5.12.	Rendimiento en grano (t/ha)	29
3.5.13.	Análisis de correlación de Pearson	29
3.5.14.	Análisis de rentabilidad beneficio/costo	29
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	Altura de planta, diámetro de tallo y altura de inserciones mazorca.....	30
4.2.	Índice de clorofila, área foliar y materia seca.....	39
4.3.	Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, numero de hileras, numero de grano por hilera por mazorca y peso de cien semillas.....	52
4.4.	Rendimiento (t/ha).....	72
4.5.	Análisis de correlación de Pearson.....	80

4.6. Análisis de la rentabilidad beneficio/costo.....	82
V. CONCLUSIONES	84
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	85
VII. REFERENCIAS.....	86
ANEXOS.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Datos climáticos recopilados durante la ejecución (mayo– septiembre 2024).....	14
2. Análisis físico-químico de suelo donde se instaló el experimento	14
3. Tratamientos en estudio	16
4. Modelo del análisis de varianza (ANOVA).....	17
5. Requerimientos nutricionales	26
6. Análisis de variancia ($\alpha \leq 0,05$) para altura de planta, diámetro de tallo y altura de inserción de mazorca a los 55 días después de la siembra.	30
7. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para altura de planta, diámetro de tallo e inserción de mazorca en los diferentes tratamientos.....	31
8. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del efecto principal densidades de siembra (A), en altura de planta, diámetro de tallo e inserción de mazorca.....	35
9. Análisis de varianza ($\alpha \leq 0,05$) para clorofila (SPAD), índice de área foliar y materia seca (t/ha).....	39
10. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para clorofila (SPAD), índice de área foliar y materia seca (t/ha) de los tratamientos	40
11. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para clorofila(SPAD), índice de área foliar, materia seca (t/ha) en factor principal densidades de siembra	44
12. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para híbridos (B), para índice de área foliar	48
13. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del efecto simple entre la interacción <i>A en B</i> (densidades de siembra x híbridos de maíz) en índice de área foliar.	49
14. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del efecto simple entre la interacción <i>B en A</i> (híbridos de maíz x densidades de siembra) en índice de área foliar.	50
15. Análisis de variancia ($\alpha = 0,05$) para longitud de mazorca, diámetro de mazorcas, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera y peso de cien semillas	54
16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para longitud de mazorca, diámetro de mazorcas, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera y peso de cien semillas de los tratamientos en estudio.....	54
17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para longitud y diámetro de mazorcas, número de granos/hilera y peso de cien semillas del factor principal densidades de siembra.....	59

18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de hileras y número de granos/hilera del factor principal heridos de maíz.....	62
19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del efecto simple <i>A en B</i> (Variedad x Densidad) para longitud de mazorcas, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera	64
20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del efecto simple <i>B en A</i> (Densidad x Variedad) para longitud de mazorcas, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera	68
21. Análisis de varianza en rendimiento de maíz	72
22. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para tratamientos, en el rendimiento de maíz.....	73
23. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para efecto principal, densidades de siembra (<i>A</i>) en el rendimiento del maíz	75
24. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del efecto principal híbridos de maíz (<i>B</i>), en el rendimiento	76
25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para la interacción entre híbridos con densidad de siembra (<i>B en a</i>), y densidad de siembra con híbridos (<i>A en b</i>) en el rendimiento de maíz	78
26. Análisis de correlación de Pearson (coeficiente/probabilidad) de las variables de	81
27. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio para el rendimiento del maíz	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Ubicación de la parcela experimental (Google Earth Pro, 2023)	13
2. Croquis del campo experimental.	18
3. Croquis de la unidad experimental (19,2 m ²) y parcela neta (26 golpes): T ₁ y T ₆	18
4. Croquis de la unidad experimental (19,2 m ²) y parcela neta (26 golpes): T ₂ y T ₇	19
5. Croquis de la unidad experimental (19,2 m ²) y parcela neta (26 golpes): T ₃ y T ₈	19
6. Croquis de la unidad experimental (19,2 m ²) y parcela neta (26 golpes): T ₄ y T ₉	20
7. Croquis de la unidad experimental (19,2 m ²) y parcela neta (26 golpes): T ₅ y T ₁₀	20
8. Preparación del campo experimental. (a) Eliminación de malezas (b) Remoción de suelo	22
9. Preparación del campo experimental. (a) Alineado (b) Demarcación de las parcelas	22
10. Siembra en el campo experimental. (a) Siembra manual con tacarpo,.....	23
11. Labores culturales: (a) Control manual de malezas, (b) Control de plagas, (c) Preparación del	25
12. Cosecha: (a) Plantas aptas para la cosecha, (b) Despalcado del tratamiento 1 y.....	27
13. Regresión lineal de la altura de dos híbrido de maíz por efecto de densidades de siembra	32
14. Regresión lineal del diámetro de tallo de dos híbridos de maíz por efecto de densidades de siembra.....	33
15. Regresión lineal de la altura de inserción de mazorcas de maíz por efecto de densidades de siembra.....	34
16. Regresión lineal de la altura de plantas de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra.....	36
17. Regresión lineal del diámetro del tallo de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra.....	37
18. Regresión lineal de la altura de inserción de mazorcas de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra	38
19. Regresión lineal del contenido de clorofila en dos híbrido de maíz por efecto de las densidades de siembra	41
20. Regresión lineal del índice de área foliar de dos híbrido de maíz por efecto de las densidades de siembra	42
21. Regresión lineal de la materia seca de dos híbrido de maíz por efecto de las densidades en estudio.....	43

22. Regresión lineal del contenido de clorofila del cultivo de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra	45
23. Regresión lineal en índice de área foliar de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra.....	46
24. Regresión lineal de materia sea del cultivo de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra	47
25. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz.....	51
26. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra.....	52
27. Regresión lineal de la longitud de mazorca de dos híbrido de maíz por efecto de densidad de siembra.....	56
28. Regresión lineal del diámetro de mazorca de dos híbrido de maíz por efecto de densidad de siembra.....	57
29. Regresión lineal del número de hileras de mazorca de dos híbrido de maíz por efecto de densidad de siembra.....	58
30. Regresión lineal del número de hileras de mazorca de dos híbrido de maíz por efecto de densidad de siembra.....	59
31. Regresión lineal de algunos parámetros de rendimiento: a. Longitud de mazorca, b. Diámetro d mazorca, c. Número de granos/hilera y d. Peso de cien semillas por efecto del factor principal densidades de siembra.....	61
32. Número de hileras y número de granos/hileras del factor principal híbridos de maíz	63
33. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para longitud de mazorcas (cm).....	65
34. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para número de hileras/mazorca	66
35. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para número de granos/hilera	67
36. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para longitud de mazorca	69
37. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para número de hileras/mazorca	70
38. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para número de granos/hileras	71
39. Regresión lineal en rendimiento de dos híbrido de maíz por efecto de densidad de siembra	74

40. Rendimiento de dos híbridos de maíz.....	77
41. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para rendimiento	79
42. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para rendimiento	80

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realizó en el Fundo del Instituto de Educación Superior Agropecuario Naranjillo, al norte de Tingo María, a una altitud de 635 msnm. Su objetivo fue evaluar el efecto de cuatro densidades de siembra y dos híbridos de maíz (*Zea mays*), Atlas 105 y Atlas 777, en el rendimiento. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 5A x 2B, y se compararon las medias utilizando la prueba de Duncan al 5 %. Las semillas fueron adquiridas comercialmente y la preparación del terreno incluyó limpieza, quema y acondicionamiento. La siembra se realizó el 24 de mayo de 2024, empleando densidades de 50 000, 62 500, 80 000, 100 000 y 105 263 plantas/ha, con controles oportunas de malezas, plagas y fertilización. La cosecha se realizó de manera manual el 24 de septiembre de 2024, logrando mazorcas maduras con un contenido de humedad en grano del 30 %.

Los resultados indicaron que la mayor altura de planta e inserción de mazorca se lograron con una densidad de 100 000 plantas/ha (T₄), mientras que la mayor longitud, diámetro de mazorca y peso de cien semillas se obtuvieron a 50 000 plantas/ha (T₆) con valores de 20,80 cm, 8,87 cm y 37,75 g. El híbrido Atlas 777 presentó los mayores valores en altura de planta y inserción de mazorca, y el Atlas 105 destacó en rendimiento, alcanzando 15,38 t/ha (T₁₀) a una densidad de 105 263 plantas/ha, superando al Atlas 777 (14,57 t/ha).

El análisis económico señaló como tratamiento más rentable al Atlas 105 con 105 263 plantas/ha (T₁₀), con un índice de rentabilidad de 0,17 y una relación beneficio/costo de 1,17. El rendimiento de grano estuvo estadísticamente correlacionado con la materia seca, área foliar, inserción de mazorca y altura de planta. Se concluye que la densidad de 105 263 plantas/ha y el híbrido Atlas 105 alcanzaron el mayor rendimiento (15,38 t/ha) y rentabilidad (B/C 1,17), destacando como la mejor combinación para optimizar producción y economía en el cultivo de maíz en Tingo María.

Palabras claves: Comparación, eficiencia, productividad y rentabilidad

ABSTRACT

This research work was carried out on the Instituto de Educación Superior Agropecuario Naranjillo's farm, to the north of Tingo Maria, [Peru], at an altitude of 635 masl. The objective was to evaluate the effect of four planting densities and two corn hybrids (*Zea mays*), Atlas 105 and Atlas 777, on the yield. A completely randomized block design (CRBD; DBCA in Spanish) was used with a factorial arrangement of 5A x 2B, and the averages were compared using the Duncan test at 5%. The seeds were acquired commercially and the preparation of the land included cleaning, burning and conditioning. The planting was done on May 24, 2024, using densities of 50,000, 62,500, 80,000, 100,000, and 105,263 plants/ac, with opportune weed, pest and fertilization control. The harvesting was done in a manual fashion on September 24, 2024, achieving mature cobs, with a humidity content for the grains of 30%.

The results indicated that the greater plant height and cob insertion was achieved with a density of 100,000 plants/ac (T₄); meanwhile, greatest length, cob diameter and weight of one hundred grains was obtained at 50,000 plants/ac (T₆), with values of 20.80 cm, 8.87 cm and 37.75 g. The Atlas 777 hybrid presented the greatest values for the plant height and cob insertion, and Atlas 105 stood out in yield, achieving 15.38 t/ac (T₁₀) at a density of 105,263 plants/ac, surpassing Atlas 777 (14.57 t/ac).

The economic analysis pointed to Atlas 105, at 105,263 plants/ac (T₁₀), as being the most profitable treatment, with a profitability index of 0.17 and a benefit/cost relationship of 1.17. The grain yield was statistically correlated to the dry matter, foliar area, cob insertion, and plant height. It was concluded that the 105,263 plants/ac density and the Atlas 105 hybrid achieved the greatest yield (15.38 t/ac) and profitability (1.17 B/C), standing out as the best combination for optimizing production and economy for the corn crop in Tingo Maria.

Keywords: comparison, efficiency, productivity, profitability

I. INTRODUCCIÓN

La población mundial está en aumento, se espera que supere a los 9 000 millones para el año 2050, por lo cual la demanda mundial de alimentos seguirá aumentando de manera constante y el mundo podría enfrentar escasez de alimentos en las próximas décadas (Hou et al., 2020). Una forma de satisfacer la creciente demanda prevista de alimentos es lograr una mayor producción de las tierras agrícolas existentes, aumentando el rendimiento por unidad de superficie. El maíz es uno de los cultivos más importantes en Perú y en otros países del mundo. En el Perú aproximadamente 520 000 hectáreas se siembran al año y alrededor de 82 000 familias son dependientes de manera directa de este cultivo, en general aproximadamente 300 000 hectáreas sembradas de maíz pertenecen a la variedad de maíz amarillo duro

Los rendimientos en los cultivos de maíz varían temporalmente en las parcelas, de acuerdo a las condiciones presentes en cada lugar factores como el clima, la altitud, la variedad, la densidad de siembra, el riego disponible o la cantidad de lluvia, los nutrientes disponibles para la planta (suelo más fertilizante), y la fecha de siembra, que son los principales factores que influyen en el rendimiento en una parcela. En las últimas décadas, el rendimiento del maíz se ha incrementado como resultado del mejoramiento genético y el manejo agronómico (Hou et al., 2020). Los aumentos en la densidad de siembra y el uso de fertilizantes sintéticos han sido los principales factores responsables de los aumentos en los rendimientos de maíz, siendo relevante la densidad de siembra (número de plantas por unidad de área) es uno de los componentes del rendimiento de grano (número de mazorcas por unidad de área, número de granos por mazorca, peso del grano) que tiene un impacto en el rendimiento final de maíz (Bósquez y Bismar, 2021).

La densidad de siembra es un factor crucial que influye en la competencia entre las plantas y en el rendimiento obtenido. (Rangel, 2016; Setiawati et al., 2022). La presente investigación se justifica a través de la búsqueda de determinar la densidad óptima que produzca mayor rendimiento por unidad de superficie (Cano, 2016; Setiawati et al., 2022), de maíz amarillo híbrido variedad (ATLAS 105 y ATLAS 777), en nuestras condiciones de suelo, clima y a fin de evitar problemas que influyen en la expresión de su máximo potencial de rendimiento, por lo cual planteamos la siguiente hipótesis:

H₁: Es posible que la densidad de siembra, tenga un impacto significativo en el rendimiento del maíz.

H₀: Es posible que la densidad de siembra, no tenga un impacto significativo en el rendimiento del maíz.

Debido a estos factores mencionados, surge la necesidad de ajustar la densidad de siembra del maíz, reconociendo que existen diferentes tecnologías con diferentes costos, beneficios y tiempos, planteamos los siguientes objetivos.

Objetivo general:

Evaluar el efecto de cuatro densidades de siembra de dos híbridos de *Zea mays* (maíz) en el rendimiento agronómico.

Objetivos específicos:

1. Medir los componentes de rendimiento de dos híbridos de maíz, por efecto de las densidades de siembra.
2. Cuantificar la materia seca, clorofila e índice de área foliar de dos híbridos de maíz, por efecto de las densidades de siembra.
3. Realizar el análisis de la rentabilidad B/C de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Maíz amarillo duro en el Perú

El maíz pertenece a la categoría de alimentos de cereales y es un ingrediente importante en la alimentación animal utilizada para producción pecuaria y aves. Para el 2020, la demanda fue de aproximadamente 5,1 millones de toneladas, principalmente de alimento para pollos, el 77 % fue importado y el 23 % de producción nacional (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria, 2022). Con diferencia, el mayor importador de maíz amarillo duro del país es Argentina, con importaciones de 2,6 millones de toneladas en el período enero-octubre de 2022, lo que representa el 94 % de las importaciones, seguido de Estados Unidos y Brasil. (Dirección de Estadística Agraria, 2022). A pesar de ello, el maíz amarillo duro nacional es muy requerido ya que su calidad es muy superior al importado ya que cuenta con alto contenido de caroteno y micotoxinas (Pérez y Hernández, 2022).

2.2. Producción del maíz amarillo duro (*Zea mays*)

Durante el mes de febrero de 2023, la producción de maíz amarillo duro totalizó 130 mil 415 toneladas y aumentó en 31,2 % respecto al mismo mes del año anterior; así lo dio a conocer el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el informe técnico Perú: Panorama Económico Departamental. Este resultado se explicó por las mayores superficies cosechadas y adecuados factores climáticos (térmicos) que permitieron el desarrollo del cereal; principal insumo utilizado en la alimentación de animales para la industria de carne de pollo, res y cerdo. Por departamentos, incidió básicamente el volumen reportado por San Martín al obtener una tasa positiva de 238,6 %, seguido de Ucayali (57,5 %) y Madre de Dios (56,2 %) que en conjunto aportaron el 53,6 % del total nacional; igualmente, subió en Cusco (28,3 %), Lambayeque (16,2 %), Huancavelica (15,0 %), Amazonas (10,7 %) y Pasco (10,6 %). Sin embargo, disminuyó en los departamentos de Piura (-73,0 %), Ica (-36,4 %), Junín (-29,7 %), La Libertad (-29,5 %), Tumbes (-23,6 %) y Cajamarca (-21,3 %), entre otros.

Así lo estimó el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), quien señaló que la caída de la producción mundial se sustentaría en las menores áreas cosechadas, las cuales disminuirían en -2,9 % al registrarse una superficie de 201 117,00 hectáreas en la campaña 2022/2023 (20 7043 hectáreas en la campaña anterior). Agregó que los tres mayores productores de maíz amarillo duro en el mundo son Estados Unidos, China y Brasil, que concentran el 65,2 % de la producción mundial. Al respecto, Estados Unidos de Norteamérica, el más importante productor mundial de maíz amarillo duro, alcanzaría las 348 751 000 toneladas en la campaña 2022/2023, lo que significaría una reducción de -8,9 % (34,1 millones de toneladas menos),

respecto a las 382 893 000 toneladas producidas en la campaña 2021/2022. Esta menor producción se debería a las condiciones agrometeorológicas adversas, que han agravado en parte el desarrollo de la campaña.

China y Brasil continúan como principales productores mundiales de maíz amarillo duro. El primero alcanzaría las 277 200 000 toneladas en la campaña 2022/2023, lo que significaría un incremento de +1,7 % (272 552 toneladas en la campaña anterior); mientras que el segundo sumaría 125 000 000 toneladas, mostrando un aumento de +7,8 % (116 000 000 toneladas en la campaña anterior). El factor principal del incremento en Brasil sería las mayores áreas cosechadas (+4,1 %), además de las mejores condiciones agrometeorológicas que favorecerían las perspectivas de los rendimientos en +3,6 %.

Con relación a Perú, el USDA estima que en la campaña 2022/2023 la producción alcanzaría las 1 535 toneladas, lo que significaría una caída de -0,9 % frente a las 1 549 000 toneladas de la campaña 2021/2022. Nuestro país se ubica en el puesto 44 como productor mundial de maíz amarillo duro.

2.3. Características morfológicas del maíz

El maíz es una planta temporal de exuberancia con tallo hueco y sencillo, sin ramas, el tallo presenta nudos y entrenudos lisos erecto hueco por dentro, con medidas de 150 cm a 230 cm de longitud esto varía de acuerdo a la variedad (Villacís, 2021), la mayoría presentan un grosor de 3 cm hasta unos 5 cm, por los nódulos cercanos al suelo nacen las raíces de anclaje para un mejor aprovechamiento de los nutrimentos así como también del agua y brindarle una mayor sostenibilidad y resistencia al tumbado de la planta (Rodríguez y Sánchez, 2023), en todo el tallo podemos encontrar hasta 40 hojas aproximadamente y tiene dos tipos de inflorescencias, la masculina se encuentra en el ápice superior con unos 50 cm de longitud y la femenina se encuentra en la parte intermedia de la planta con una medida aproximada de 35 cm de longitud (Villasagua, 2022). El ovario de maíz es muy diminuto y tienen como medida unos 3 mm de longitud como máximo, sin embargo, a los cincuenta días de la siembra en la época de floración se presentan los pistilos con unos 20 a 40 cm de longitud con un estigma en el ápice que después de cumplir su ciclo se desecan, los maíces durante su etapa fisiológica presentan un color blanquecino dorado amarillo y rojizo (Basantes et al., 2022).

Las floraciones unisexuales se originan en diferentes partes de la planta. En un principio, ambas inflorescencias presentan primordios bisexuales, pero con el tiempo, estos son abortados, quedando solo la flor femenina, conocida como mazorca, y la flor masculina, que también se denomina espiguilla. (Villalobos et al., 2019). El polen posee un alto valor

nutricional, ya que es rico en proteínas y aminoácidos. Se presenta en forma de granos, los cuales están rodeados por los estambres, que a su vez cuentan con pequeños pelos, conocidos como tricomas, que protegen de manera efectiva cada grano de polen. Durante el proceso de polinización, no surgen inconvenientes relacionados con la protandria, ya que el gineceo madura al mismo tiempo que los estambres, asegurando así una polinización eficiente. (Villacís, 2021). La mazorca, o fruto, se caracteriza por su indehiscencia. Cada uno de sus granos se conoce como carióspside, y el pericarpio está fusionado con la testa y la epidermis, creando así una capa protectora para el fruto. El embrión es diploide, mientras que el endospermo es triploide., el pericarpio compone alrededor de 4 a 5 % del total la aleurona de 2 a 3 % el embrión promedio de 11 a 12 % y el órgano primordial el endospermo con un 80 – 85 % lo demás lo conforman la piloriza y el pedicelo (Bósquez y Bismar, 2021).

2.4. Híbridos de maíz

El desarrollo comercial de híbridos de maíz es de gran importancia para aumentar la productividad de este cultivo y extender su uso a muchos otros cultivos importantes para la nutrición humana y animal, así como para fines industriales. El desarrollo de la viabilidad económica de las semillas híbridas de maíz comenzó con la duplicación del rendimiento de las variedades híbridas en el año 1918 como estrategia para reducir los costos de las semillas, lo que significó que la productividad de los cultivos de maíz continuara aumentando (López et al., 2019). En 2018 gracias al uso de variedades de polinización abierta, el rendimiento promedio nacional en los Estados Unidos desde 1865 ha sido de unas 2,0 t/ha. El uso de híbridos simples de maíz marca la consolidación del mercado de híbridos a medida que se desarrollan líneas madres más vigorosas y productivas (Crow, 1988). Por lo tanto, el uso de maíz híbrido es un paso importante en el desarrollo de la agricultura moderna de alto rendimiento y se considera una de las más destacadas innovaciones en el mejoramiento genético de las plantas. Los híbridos se benefician de la heterosis, la ventaja de la F1 en términos de rendimiento y otras características obtenidas al cruzar dos líneas puras con alta capacidad de combinación específica (Bueno y Tolentino, 2022).

2.5. Características de los híbridos en estudio

2.5.1. Características del híbrido ATLAS 105

INTEROC (2015), informa las siguientes características:

2.5.1.1. Características del cultivo

Clase de Híbrido: Simple

Longitud de planta: 200 – 220 cm

Altura de mazorca: 100 – 110 cm

Posición de la hoja: Semi erguidos.
Resistente al acame: Excelente.
Tolerancia a enfermedades: Muy tolerante.
Resistencia a virosis: efectivamente resistente.

2.5.1.2. Características de la mazorca

Grano: anaranjado
Arquetipo del grano: Corneo dentado
Cantidad de Hileras por mazorca: 14 – 16
Cantidad de granos por hilera: 30 – 38
Porcentaje para desgranado: 81 – 82 %
Eficiencia de producción: Alto
Densidad de siembra: 72 000 – 78 000
Densidad para cosecha: 65 000 – 70 000

2.5.2. Características del híbrido ATLAS 777

Según Arteaga (2023), las siguientes características de esta variedad es:

2.5.2.1. Características del cultivo

Clase de Híbrido: Simple
Longitud de planta: 200 – 220 cm
Altura de mazorca: 100 – 110 cm
Posición de la hoja: Semi erguidos.
Resistente al tumbado: Excelente.
Enfermedades: bastante tolerante.
Virosis: efectivamente resistente.

2.5.2.2. Características de la mazorca

Color de grano: Rojizo
Arquetipo del grano: Corneo dentado
cantidad de Hileras por mazorca: 15 – 18
Granos por hilera: 32 – 37
Porcentaje para desgranado: 81 – 82 %
Eficiencia de producción: Alto
Densidad de siembra (pl/ha.): 72 000 – 78 000
Densidad para cosecha (pl/ha.): 65 000 – 70 000.

2.5. Densidad de siembra y su efecto en la producción de maíz

Mejorar la producción de maíz está sujeto a prácticas agrícolas adecuadas junto con híbridos genéticamente mejorados. La densidad de siembra es un componente vital del rendimiento que impacta considerablemente en la producción de maíz (Lázaro et al., 2022). Los híbridos de maíz modernos como es el maíz amarillo duro son más rentables en la utilización de nutrientes y agua y son tolerantes a una alta densidad de siembra. La densidad óptima de siembra del maíz varía considerablemente según las propiedades genéticas, el estado de fertilidad, el grupo de madurez, el agua disponible y las condiciones climáticas de cultivo (Quispe, 2021). Por el contrario, una densidad de siembra más alta reduce el rendimiento del grano de maíz porque podría conducir al riesgo de acame y aumentar el intervalo entre la floración y la esterilidad. En este contexto, investigadores anteriores describieron la respuesta de los híbridos de maíz modernos a la alta densidad de siembra. En consecuencia, identificar la densidad de siembra óptima para los híbridos de maíz recién desarrollados es una decisión de manejo insustituible (Pérez y Hernández, 2022).

Por otro lado, una baja densidad tiene un impacto significativo en la captura de luz y, en consecuencia, en la productividad. Esto se debe a que un gran porcentaje de los rayos solares no es absorbido por las plantas, lo que resulta en un menor contenido de materia seca en el follaje. Plantas con menor cantidad de hojas y hojas erectas requieren de mayores densidades para así poder cubrir totalmente la superficie del suelo. Es por esto que los híbridos modernos de maíz, cuya arquitectura de plantas tiene tales características morfológicas, presentan una mejor respuesta al aumento de la densidad para una mayor producción de grano (Villacís, 2021).

Al igual que otros cultivos, el maíz está fuertemente influenciado por la disponibilidad de recursos como el nitrógeno y el agua, los cuales afectan notablemente su respuesta a la densidad de siembra. En condiciones donde hay buena disponibilidad de recursos hídricos y nutrientes en el suelo, y se emplean densidades elevadas de siembra, se pueden alcanzar rendimientos significativamente altos. Por otra parte, en ambientes de escasa disponibilidad de agua, la densidad idónea podría disminuir sensiblemente, esto debido a que, si los recursos disponibles en el ambiente se muestran limitantes, la tasa de crecimiento, floración y demás decrecen significativamente (Fernandez, 2019).

2.6. Requerimientos edafoclimáticos

Las condiciones ambientales siempre han sido factores críticos para que las plantas crezcan y se desarrollen con normalidad; entre ellos, tres factores primarios y ecológicamente importantes para el crecimiento de las plantas son la luz, la temperatura y el agua; la luz, al ser la única fuente esencial de energía, representa un papel determinante en el crecimiento y desarrollo

de los organismos autótrofos (Bialevich et al., 2022); la calidad e intensidad afectan el crecimiento celular y la composición de la biomasa (Bialevich et al., 2022); por lo tanto, no es sorprendente que las plantas hayan desarrollado la capacidad de detectar diversos factores de las señales de luz ambiental, incluida la calidad y cantidad de luz (Gangadhar et al., 2012).

Entre los parámetros considerados como requisitos edafoclimáticos para el cultivo de maíz se encuentran: una pendiente hasta el 25 %, textura del suelo franco, franco-arcilloso, franco limoso, franco-arenoso, franco-arcillo-limoso, franco-arcilloso arenoso, buen drenaje, profundidad efectiva del suelo, sin pedregosidad, sin salinidad, pH óptimo de 5,5 a 7,5, precipitación de 500 a 2 000 mm , temperatura óptima de 20 a 27 °C, luminosidad de 1 000 a 1 500 horas sol/año, nivel freático del suelo profundo y altitud de 1 a 1600 m.s.n.m (Vera, 2020).

El requerimiento de agua en el cultivo de maíz depende en gran medida de las condiciones climáticas, son factores muy importantes como en el rendimiento, un cultivo de maíz necesita un promedio de 500 a 800 mm de agua, todo lo cual se distribuye uniformemente en todo el cultivo para producir. De las fases fenológicas del maíz, las más importantes son las de floración, cuando se obtiene la máxima cantidad de agua, cuando se obtiene la máxima producción (Giménez, 2012). Es fundamental proporcionar el agua en el momento adecuado, ya que esto influye directamente en el crecimiento del cultivo. Es importante considerar que un estrés hídrico durante la floración o en las primeras etapas del llenado de grano tendrá un impacto mucho más significativo que en los estadios iniciales del maíz. Un déficit de agua en el período de floración puede provocar una reducción del rendimiento que oscila entre el 6 % y el 13 % por cada día de escasez (Escalante et al., 2021).

2.7. Fertilización del maíz

Para que el cultivo de maíz se desarrolle de manera óptima, es fundamental contar con ciertos elementos minerales. Las plantas pueden manifestar deficiencias o excesos de nutrientes, lo que afecta su crecimiento. En general, se recomienda realizar un abonado del suelo que contenga una gran cantidad de fósforo y potasio. Además, uno de los nutrientes que siempre es necesario en mayor proporción durante el crecimiento vegetativo de la planta es el nitrógeno. El rigor de la sustancia orgánico e inorgánica a aplicarse va de acuerdo a las particularidades de la zona de plantación, la primera aplicación se realiza hasta cuando la planta tenga de 6 a 8 hojas, es decir, durante la primera etapa de desarrollo (Moreno y Vera, 2022).

2.7.2. Fertilización nitrogenada

El maíz absorbe casi todo el nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-) pero el nitrato solo puede almacenarse en el suelo en pequeñas cantidades a causa de la lixiviación y la

desnitrificación, además los nitratos constituyen solo una pequeña parte de los fertilizantes nitrogenados, por lo tanto, la mayor parte de lo utilizado por el maíz debe llevarse a la forma de nitrato durante el periodo de crecimiento por algún procedimiento dentro del suelo (Gissela y Beatriz, 2020).

El nitrógeno es el elemento mineral más importante y el que más influye en el rendimiento de las plantas. En las primeras etapas del crecimiento vegetativo, las cantidades de nitrógeno que absorben las plantas son relativamente pequeñas. Sin embargo, a medida que se desarrolla el tallo y se produce el llenado del grano, la absorción de este nutriente se acelera notablemente. La mayor parte de nitrógeno lo absorbe en forma de nitrato (NO_3^-) y que debe estar asimilable en el periodo de sus necesidades máximas, por lo cual el momento de aplicación es un factor crítico y se aconseja, de forma general, realizar la aportación fraccionada durante el cultivo, para mejorar su eficiencia evitando pérdidas por lixiviación o desnitrificación; donde el tipo de fraccionamiento depende de varios factores como: tipo de suelo, sistema de riego, etc. (Flores Alva, 2023).

2.7.3. Fertilización fosfo-potásica

La nutrición del maíz es crucial y está estrechamente relacionada con la cantidad de nutrientes presentes en el suelo. La planta de maíz absorbe la mayor parte del fósforo que necesita a través de sus raíces, principalmente en forma de los compuestos químicos H_2PO_4^- y HPO_4^- y en pequeñas cantidades en forma orgánica, es decir en la forma que queda después de la muerte de los organismos vivos, por lo cual se debe aplicar en la línea al fondo del surco en forma localizada al momento de la siembra o colocando a un costado de cada “mata” después de la emergencia, ya que no es sometido a pérdidas por lixiviaciones, favoreciendo el crecimiento precoz y un mayor desarrollo del sistema radicular (Moreno y Vera, 2022).

2.8. Antecedentes

En las últimas décadas, cada vez más estudios han demostrado que aumentar la densidad de población es una de las formas más efectivas de mejorar el rendimiento del grano de maíz (Assefa et al., 2018; Hou et al., 2020; Luo et al., 2020; Jaikumar et al., 2021; Rizzo et al., 2022). Un estudio reciente indicó que al aumentar la densidad de plantas en 15 000 plantas ha sin un aporte adicional de nitrógeno, el rendimiento del grano de maíz podría aumentar entre un 2,7 % y un 10,5 % en China (Hou et al., 2020). Esta mejora en el rendimiento del grano se debe principalmente al hecho de que el aumento de la densidad de plantas puede mejorar la interceptación de la luz, la fotosíntesis y la eficiencia del uso de la luz y, por lo tanto, aumentar la

acumulación de materia seca (MS) aérea y el rendimiento final del grano (Huang et al., 2017; Xu et al., 2017; Bernhard and Below, 2020).

Santos (2023) Con el fin de ensayar nuevos híbridos y densidades de siembra en el cultivo de maíz, 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 distanciamientos 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). 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 comparada con los híbridos (Dekalb-7508 y Dekalb- 7088) y la variedad Marginal 28-T.

Morales (2018), realizó un trabajo de investigación en el distrito de Pueblo Nuevo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, con la finalidad de determinar el efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays*), bajo las condiciones agroclimáticas de Pueblo Nuevo. El híbrido de maíz Atlas 105 en promedio de las densidades de siembra obtuvo el mayor rendimiento en grano con 9,92 t/ha, mayor longitud de mazorca (18,83 cm), mayor peso de 100 semillas (36,64 g) y fue el más precoz en días a la floración masculina (62,92 días) y femenina (67,17 días). La densidad de siembra 0,30 x 0,85 m (78 432 pl/ha), en promedio de los híbridos de maíz, causó un mejor efecto en el rendimiento en grano con 9,52 t/ha. Se observó un efecto de interacción entre el híbrido de maíz y las densidades de siembra, destacándose el híbrido Atlas 105 por su rendimiento en grano en las tres densidades evaluadas. Además, la densidad de siembra de 0,30 x 0,85 m (78,432 pl/ha) mostró un impacto positivo en el rendimiento en grano de los híbridos Atlas 105, DK 7508 y XB 8010. Por otro lado, la densidad de 0,35 x 0,80 m (71,428 pl/ha) resultó ser la más favorable para el rendimiento del híbrido DK 7088.

Martínez (2022), realizó una investigación con el fin de determinar la respuesta de tres densidades de siembra y de cuatro híbridos de maíz amarillo duro, en el rendimiento de grano, de chala, de los parámetros agronómicos y de sus variables de crecimiento. El experimento se llevó a cabo en la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las densidades de siembra en estudio fueron de 50 000, 70 000 y 90 000 plantas por hectárea. Los híbridos de maíz fueron DK-7500, DK-7088, PM-213 y PM-X5. Presentando densidades de siembra con diferencias estadísticas

altamente significativas, con rendimientos de 5 937 kg/ha con 50 000 plantas/ha; de 9 790 kg/ha con 70 000 pl/ha y 11 495 kg/ha de maíz grano con 90 000 plantas/ha. Para híbridos de maíz, también las diferencias fueron altamente significativas. Los híbridos DK-7500 y DK-7088, similares entre sí, con rendimientos de 8 519 kg/ha y 8 723 kg/ha, difieren estadísticamente de los híbridos PM-213 y PM-X5 con rendimientos similares de 9 539 kg/ha y 9 074 kg/ha; por otro lado, los rendimientos de maíz chala, las diferencias estadísticas fueron altamente significativas para los factores en estudio, la interacción no es significativa. Para densidades de siembra, el híbrido PM-X5 en la densidad de 90 000 plantas por hectárea, un peso total de chala de 72 69 t/ha, presenta el mayor rendimiento. En cambio, Los híbridos PM-213 y PM-X5 mostraron mejor respuesta respecto a los híbridos DK-7500 y DK-7088, con incrementos significativos en altura de planta, área foliar y la materia seca total.

Montenegro (2010), indicó que el mayor rendimiento de grano registrado para el híbrido “Dekalb DK-1040” está relacionado con las características de este híbrido en comparación con otros genotipos probados; Se obtuvieron 7 649 t/ha y 5 684 t/ha respectivamente, una diferencia significativa. Un análisis económico del rendimiento de grano basado en los costos del tratamiento determinó que todos los tratamientos produjeron un retorno económico de un dólar por hectárea, lo que refleja la importancia de un programa de nutrición balanceada.

Santillán (2008), estudió el comportamiento agronómico de los híbridos de maíz 2B-710 y Thunder sembrados a diferentes densidades de población en condiciones de secano en la zona de Quevedo, con resultados de 9,70 y 9,38 t/ha, respectivamente, sobre el testigo Iniap. H 551 en un 27,33 %. Cuando la densidad de plantas fue de 100 000 plantas/ha y 26 83 000 plantas/ha, el rendimiento de grano fue mayor (954 t/ha y 924 t/ha, respectivamente).

Moya (2016), al estudiar la densidad de población de tres híbridos de maíz (41 667, 50 000 y 62 500 plantas/ha), encontró que el rendimiento, peso de 1000 semillas, relación de granos, diámetro largo de fuste y mazorca y la longitud era promedio cultivada con mayor densidad de población que otras.

Yance (2004), realizó un experimento de alta densidad de población con el maíz híbrido Dekalb 5005 en el área de Pueblo Viejo. Las densidades de población fueron 90,909 t/ha y 100 000 t/ha, y los mayores rendimientos de grano fueron 10,83 y 10,19 t/ha respectivamente. Por lo tanto, el rendimiento es mayor Beneficio financiero por hectárea. Se observó que el rendimiento de grano se incrementó conforme aumentaban las densidades poblacionales.

La densidad de siembra también afecta el número de espigas obtenidas en superficie, como lo indica Otahola y Rodríguez (2001), quienes encontraron que en tratamientos con densidad

de 0,70 m entre hileras y 0,20 m entre plantas (71 429 plantas x hectárea) encontró un mayor número de picos x hectárea. Por otro lado, el tratamiento con combinación de 0,90 m entre hileras y 0,25 m entre plantas presentó el menor número de espigas x ha (44 444 plantas por hectárea).

(Chumpitaz (como se citó en Chaviguri, (1984)), menciono que el rendimiento promedio de maíz aumentó con el número de plantas por hectárea, produciendo 4 780, 5 690, 6 300 y 6 650 kg de maíz por hectárea a una densidad de plantación de 40 000, 55 000, 70 000 y 85 000 plantas por hectárea. Los autores mencionaron que la densidad de plantas tuvo un efecto positivo en el rendimiento de maíz, la altura de la planta y la altura de la mazorca; De manera similar, el diámetro del tallo, la longitud y el ancho de la espiga se vieron afectados significativamente por las densidades de plantas, disminuyeron a medida que aumentó la densidad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

La figura 1, hace referencia a la ubicación del lugar en donde se ejecutó el presente trabajo de investigación, que presenta las siguientes coordenadas UTM: Longitud 390898,52 m. E y Latitud 8976320,63 m. N, en el Fundo del Instituto de Educación Superior Agropecuario Naranjillo, ubicado al norte de la ciudad de Tingo María, distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, Región Huánuco; a una altitud de 635(msnm). La cual se caracteriza por tener un clima templado, se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo premontano (bmh-PT).



Figura 1. Ubicación de la parcela experimental (Google Earth Pro, 2023)

3.1.1. Observaciones meteorológicas

Las temperaturas máximas promedio alcanzaron los 31,44 °C, siendo más altas en septiembre (32,20 °C) y más bajas en junio y julio (30,70 °C), mientras que las temperaturas mínimas promedio fueron de 20,70 °C, con el valor más bajo registrado en julio y septiembre (20,20 °C) y el más alto en mayo (21,90 °C). La temperatura media osciló en torno a 26,00 °C, con ligeras fluctuaciones entre mayo (26,80 °C) y julio (25,40 °C). En cuanto a la

humedad relativa, el promedio fue del 78,28 %, siendo mayor en junio (83,10 %) y menor en septiembre (68,00 %), mostrando una reducción gradual hacia el final del periodo. La precipitación promedio mensual fue de 133,36 mm, con valores máximos en junio (265,00 mm) y mínimos en septiembre (42,40 mm), evidenciando una marcada transición hacia condiciones más secas al final del periodo (Tabla 1).

Tabla 1. Datos climáticos recopilados durante la ejecución (mayo– septiembre 2024).

Meses	Temperatura (°C)			Humedad (%)	Precipitación (mm)
	Max.	Min.	Media.		
Mayo	31,60	21,90	26,80	78,30	179,40
Junio	30,70	20,90	25,80	83,10	265,00
Julio	30,70	20,20	25,40	83,00	105,60
Agosto	32,00	20,30	26,10	79,00	74,40
Septiembre	32,20	20,20	26,20	68,00	42,40
Promedio	31,44	20,70	26,00	78,28	133,36

Fuente: Estación experimental “José Abelardo Quiñones” UNAS.

3.1.2. Análisis físico-químico inicial del suelo

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Suelos, Agua y Ecotoxicología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), se determinó un contenido de arena del 30 %, limo del 51 % y arcilla del 19 %, clasificando el suelo como franco limoso, el pH del suelo es de 5,51, indicando una ligera acidez, la materia orgánica (M.O.) es del 3,10 %, considerado medio, el contenido de nitrógeno (N) es de 0,16 %, lo cual sugiere disponibilidad limitada, mientras que los niveles de fósforo (P) disponible son de 20,82 ppm, considerados alto y el potasio (K) disponible alcanza 137,02 ppm, siendo medio (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis físico-químico de suelo donde se instaló el experimento

Características	Resultados	Métodos
Análisis físico		
Arena (%)	30,00	Hidrómetro
Limo (%)	51,00	Hidrómetro
Arcilla (%)	19,00	Hidrómetro
Clase textural	Franco limoso	Triangulo textural
Análisis químico		
pH (1:1)	5,51	Potenciómetro
M.O. (%)	3,10	Walkley-Black
N (%)	0,16	Micro-Kjeldahl
P (disponible) ppp	20,82	Olsen modificado
K (disponible) ppm	137,02	Acetato de Amonio

3.2. Materiales

3.2.1. Materiales y equipos

Se utilizó, machete, palana, balde plástico, bolsas plásticas, marcadores indelebles, mochila, manguera, bolsas ziploc, combustible, fertilizantes, fungicida, insecticida, cinta masking, tubo muestreador, letreros de identificación, cinta métrica, papel Kraft, cámara fotográfica, rafia, estacas, plástico, balanza de precisión, vernier, regla, laptop, calculadora, estufa, medidor de clorofila, costales, software PAST (2020) versión, 4,04, software InfoStat versión 2019.

Como material genético se utilizaron semillas certificadas de *Zea mays* (maíz) de los híbridos ATLAS 105 y ATLAS 777, seleccionados por su adaptabilidad, alto rendimiento y tolerancia a enfermedades. Estos híbridos destacan por su calidad genética y capacidad para responder a diferentes condiciones de suelo, densidades de siembra y prácticas agronómicas, garantizando uniformidad en el desarrollo del cultivo y resultados confiables en el estudio.

3.3. Análisis estadístico

3.3.1. Componentes en estudio

a) Factor A: Densidad de siembra

$$a_1 = 50\ 000 \text{ plantas/ha (0,80 x 0,50 m)}$$

$$a_2 = 62\ 500 \text{ plantas/h (0,80 x 0,40 m)}$$

$$a_3 = 80\ 000 \text{ plantas/ha (1 x 0,25 m)}$$

$$a_4 = 100\ 000 \text{ plantas/ha (0,80 x 0,25 m)}$$

$$a_5 = 105\ 263 \text{ plantas/ha (0,80 x 0,20 x 0,15 m)}$$

b) Factor B: híbridos simples de maíz

$$b_1 = \text{ATLAS 777}$$

$$b_2 = \text{ATLAS 105}$$

c) Variables en estudio: Variable independiente (dos híbridos simples de Maíz, cinco densidades de siembra); Variable dependiente (rendimiento); Variable interviniente (factores edafoclimáticos, época de siembra).

3.3.2. Tratamientos en estudio

En la Tabla 3, se presentan los tratamientos en estudio con diferentes densidades de siembra para cada tratamiento.

Tabla 3. Tratamientos en estudio

Trat.	Clave	Hibrido	Densidad	Distanciamientos
T ₁	a ₁ b ₁	Atlas 777	50 000 plantas/ha	0,80 x 0,50 m (2 plantas/ golpe) *
T ₂	a ₂ b ₁	Atlas 777	62 500 plantas/ha	0,80 x 0,40 m (2 plantas/ golpe)
T ₃	a ₃ b ₁	Atlas 777	80 000 plantas/ha	1,00 x 0,25 m (2 plantas/ golpe)
T ₄	a ₄ b ₁	Atlas 777	100 000 plantas/ha	0,80 x 0,25 m (2 plantas/ golpe)
T ₅	a ₅ b ₁	Atlas 777	105 263 plantas/ha	0,80 x 0,20 x 0,15 m (1 planta/golpe)
T ₆	a ₁ b ₂	Atlas 105	50 000 plantas/ha	0,80 x 0,50 m (2 plantas/golpe)*
T ₇	a ₂ b ₂	Atlas 105	62 000 plantas/ha	0,80 x 0,40 m (2 plantas/ golpe)
T ₈	a ₃ b ₂	Atlas 105	80 000 plantas/ha	1 x 0,25 m (2 plantas/ golpe)
T ₉	a ₄ b ₂	Atlas 105	100 000 plantas/ha	0,80 x 0,25 m (2 plantas/ golpe)
T ₁₀	a ₅ b ₂	Atlas 105	105 263 plantas/ha	0,80 x 0,20 x 0,15 m (1 plantas/ golpe)

*Testigo

3.3.3. Diseño experimental

Para el presente trabajo se usó el diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 5A x 2B, con cuatro bloques. Siendo el Factor A densidades de siembra y el Factor B híbridos de maíz. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan con un nivel de significancia del 5 %.

3.3.4. Modelo estadístico

Según Calzada (1970). $Y_{ijk} = u + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \lambda_k + e_{ijk}$

Donde:

Y_{ijk} = Es el rendimiento (Kg/há), obtenido en el K-ésimo bloque

correspondiente a la j – ésima densidad de siembra y con el iésimo híbrido de maíz

u = Es el efecto de la media general.

α_i = Es el efecto del i- ésimo híbrido de maíz.

β_j = Es el efecto de la j- ésima densidad de siembra.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto de interacción entre el i- ésimo híbrido de maíz

con la j- ésima densidad de siembra.

λ_k = Efecto del k – ésimo bloque.

e_{ijk} = Es el efecto aleatorio del error experimental.

3.3.5. Análisis de varianza (ANVA)

Para el análisis de variancia (Tabla 4) y determinar el coeficiente de variabilidad de los tratamientos estudiados; así como, el contraste de medias de los tratamientos mediante la prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$), se usó el software InfoStat versión 2019.

Tabla 4. Modelo del análisis de varianza (ANOVA)

Fuentes de variabilidad	Esquema	Grados de libertad
Bloques	$n - 1$	3
Tratamientos	$t - 1$	9
A (Densidad de siembra)	$a - 1$	4
B (Variedad de maíz)	$b - 1$	1
A*B (Densidad * Variedad)	$(a - 1)(b - 1)$	4
Error experimental	$ab(n - 1)$	30
Total	$abn - 1$	39

C.V: (%)

3.3.6. Características del campo experimental

a. Características de los tratamientos

- Número de tratamientos : 10
- Número de unidades experimentales : 40

b. Características de los bloques

- Número de bloques : 4
- Número de U.E/bloque : 10
- Largo del bloque : 45 m
- Ancho del bloque : 4,80 m
- Área del bloque : 216 m²

c. Características del campo experimental

- Largo del experimento : 45 m
- Ancho del experimento : 22,2 m
- Área del campo experimental : 999, 8 m²
- Área neta del mayor distanciamiento : 9,6 m²

3.3.7. Croquis del campo experimental

La figura 2, hace referencia al croquis de la disposición de los tratamientos en campo; los tratamientos fueron asignados al azar, mediante la técnica de papeletas.

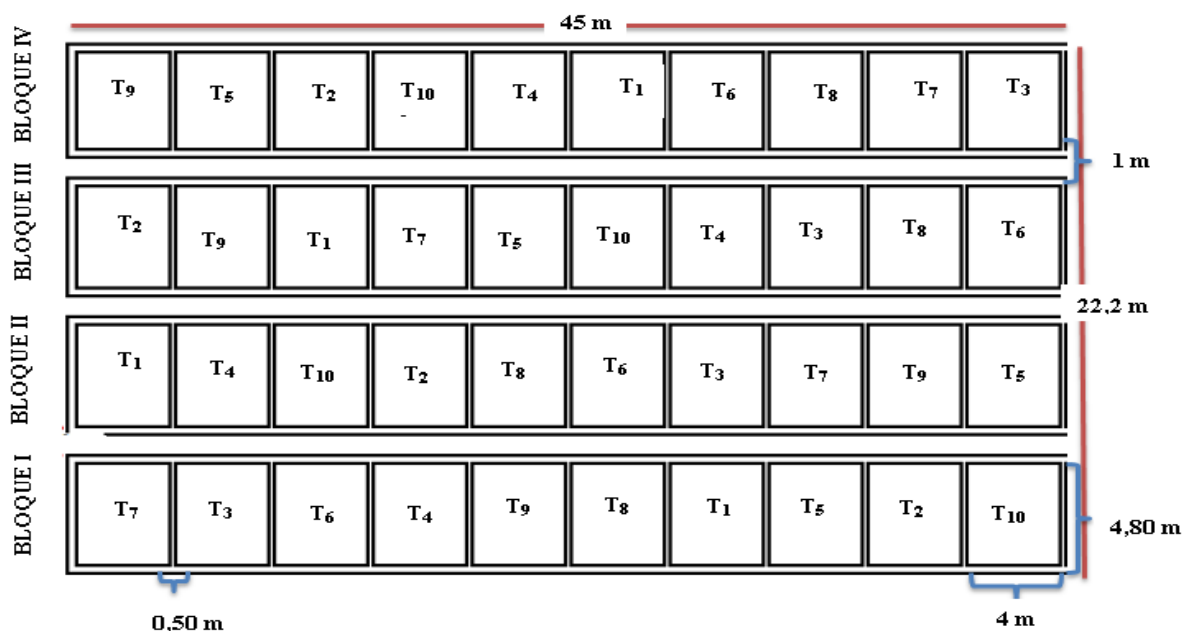
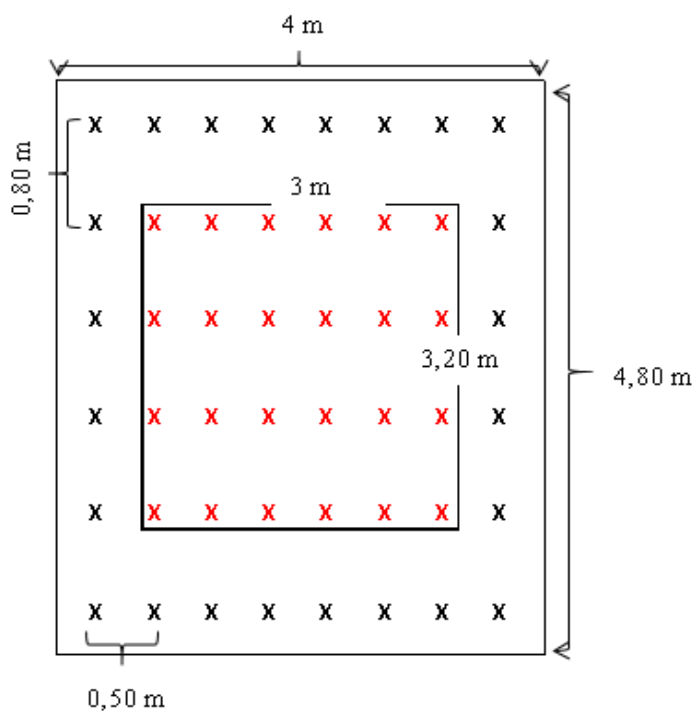


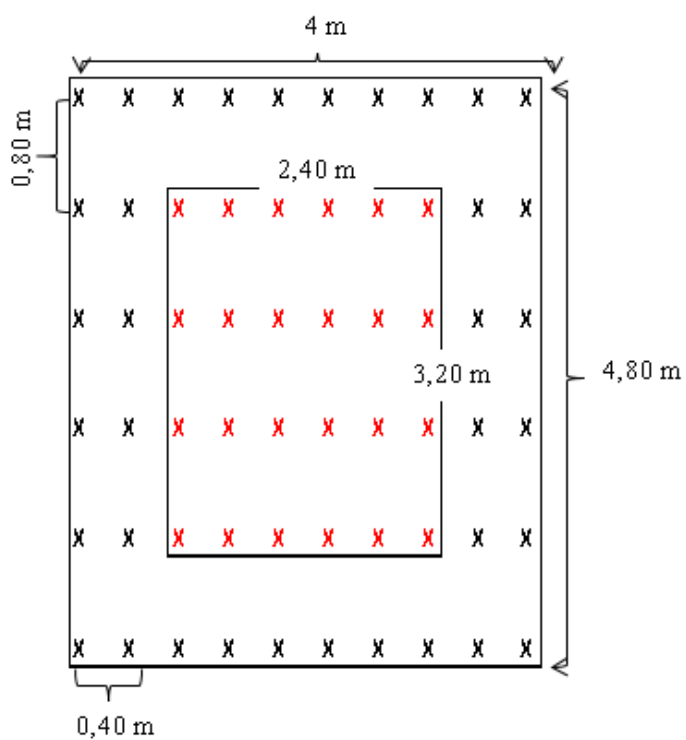
Figura 2. Croquis del campo experimental.



x: Plantas evaluables

X: Plantas no evaluables

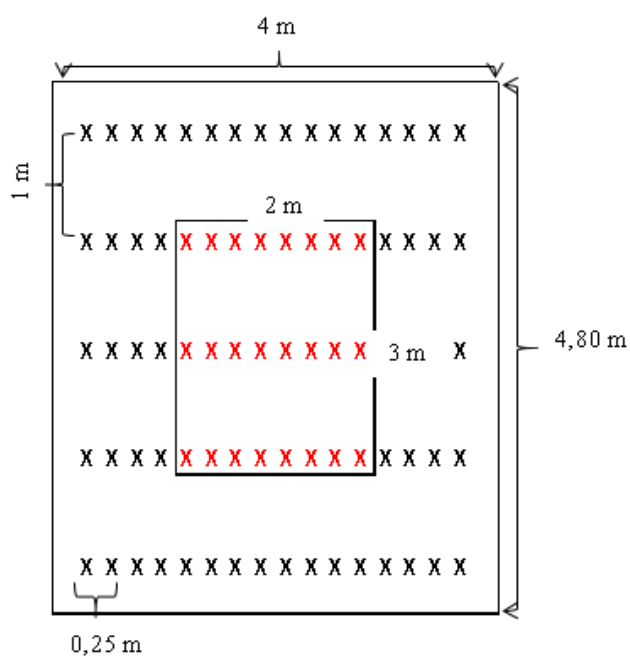
Figura 3. Croquis de la unidad experimental (19,2 m²) y parcela neta (26 golpes): T₁ y T₆



x: Plantas evaluables

x: Plantas no evaluables

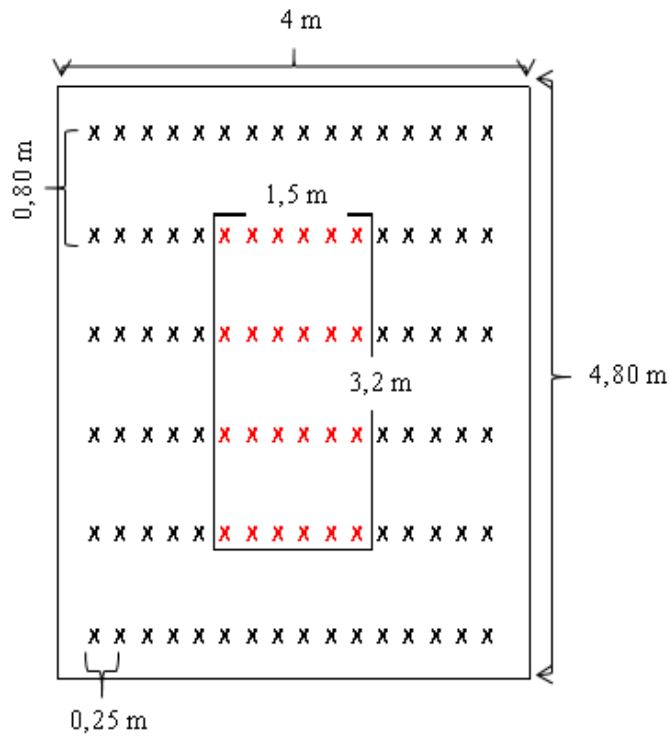
Figura 4. Croquis de la unidad experimental ($19,2 \text{ m}^2$) y parcela neta (26 golpes): T₂ y T₇



x: Plantas evaluables

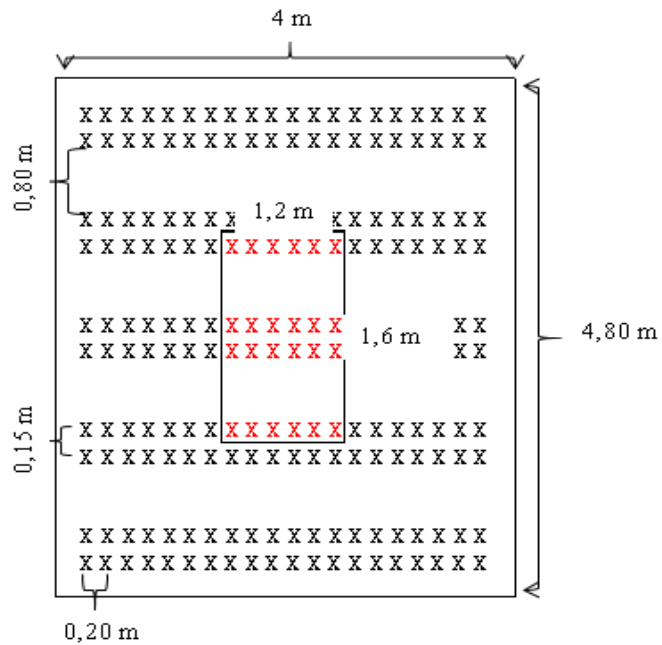
x: Plantas no evaluables

Figura 5. Croquis de la unidad experimental ($19,2 \text{ m}^2$) y parcela neta (26 golpes): T₃ y T₈



x: Plantas evaluables
x: Plantas no evaluables

Figura 6. Croquis de la unidad experimental (19,2 m²) y parcela neta (26 golpes): T₄ y T₉



x: Plantas evaluables
x: Plantas no evaluables

Figura 7. Croquis de la unidad experimental (19,2 m²) y parcela neta (26 golpes): T₅ y T₁₀

3.4. Metodología

3.4.1. Adquisición de Semillas

Las semillas de los híbridos como el atlas 105 y el atlas 777 fueron adquiridas en casas agrícolas comerciales de la ciudad de Tingo María.

3.4.2. Elección y preparación del terreno

Se seleccionó un terreno ideal para establecer el cultivo de maíz, contando con características físicas y químicas ideales para su adecuado crecimiento. Posteriormente, se llevó a cabo una limpieza exhaustiva del área, utilizando una motoguadaña para eliminar las malezas. Entre las especies más abundantes se encontraron el kudzu, restos de maíz y diversas gramíneas. Así, quedó preparado para el secado al sol durante una semana. Luego, se llevó a cabo la quema y, posteriormente, el shunteo, lo que permitió retirar de la parcela cualquier objeto innecesario, como troncos, piedras etc. Posterior a ello se removió el suelo con la ayuda de herramientas de campo como pico, pala, machete, azadón.

3.4.3. Demarcación del terreno

La señalización del campo experimental se realizó por el método del triángulo notable (3, 4, y 5), obteniendo las líneas bases con ayuda de estacas de 1,20 metros aproximadamente, rafia y Wincha de 50 metros, después se dividió en cuatro bloques y cada bloque en diez parcelas, así mismo se colocó claves en cada bloque y parcela para facilitar su ubicación y distribución en el campo experimental.

3.4.4. Muestreo de suelos del campo experimental

Este proceso consistió en sub muestrear el suelo del campo experimental en forma zig-zag con una distancia de 3 m entre hoyos e insertando una pala a una profundidad de 0,20 m. Luego en un costal se homogenizó a mano, se dividió en 4 partes iguales, repetir la misma operación hasta 1,0 kg, se puso a secar a temperatura ambiente y fue tamizado por tamiz de 2 mm. Los análisis correspondientes a las muestras de suelo se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo María.



Figura 8. Preparación del campo experimental. (a) Eliminación de malezas (b) Remoción de suelo



Figura 9. Preparación del campo experimental. (a) Alineado (b) Demarcación de las parcelas experimentales.

3.4.5. Prueba de germinación

Con el fin de garantizar una buena germinación de las semillas en campo definitivo, este proceso se realizó tomando 50 semillas, las cuales se colocaron en forma ordenada sobre toda el área de un trozo de papel servilleta, después fue tapado con otro pedazo de papel, al final con ayuda de los dedos se humedeció el papel y se colocó en un envase con tapa para evitar que la humedad se pierda rápidamente. Este envase se colocó en un lugar fresco y seco, el primer

conteo se realizó a los 3 días, luego el conteo final se hará a los 7 días, posteriormente se determinó el porcentaje de germinación usando la siguiente fórmula:

$$PG = \frac{NSG}{NST} * 100 \quad (1)$$

Donde:

PG: Porcentaje de germinación.

PHCD: número de semillas germinadas

NSS: Numero de semillas total

3.4.6. Siembra

La siembra se realizó el día 24 de mayo del 2024 de acuerdo al croquis del campo experimental, cada golpe se realizó a una profundidad de 4 cm aproximadamente utilizando un tacarpo (herramienta de madera) y las hileras marcadas con un cordel. Se depositó tres semillas por golpe y los surcos mellizos se depositó dos semillas por golpe, luego un ligero tapado para asegurar una buena germinación y evitar que se coman las aves e insectos, etc. Las densidades que se emplearon fueron las siguientes: 0,50m x 0,80 m (50 000 plantas/ha), 0,40 m x 0,80 m (62 500 plantas/ha), 0,25 m x 1 m (80 000 plantas/ha), 0,25 m x 0,80 m (100 000 plantas/ha) y 0,20 m x 0,15 m x 0,80 m (105 262 plantas/ha).



Figura 10. Siembra en el campo experimental. (a) Siembra manual con tacarpo, (b) Incorporación de las semillas en cada hoyo.

3.4.7. Control de malezas

El primer control de malezas se realizó a los 20 días después de la siembra, el segundo control fue a los 40 días después de la siembra. Por último, a los 75 días después de la siembra se realizó el deshierbo con la ayuda de azadón, siempre evitando el uso de herbicidas. Durante el experimento se observó malezas comunes de hoja ancha y angosta como *Pueraria phaseoloides* (Kudzu), *Cynodon dactylon* (pasto grama), *Cyperus rotundus* (coquito), *Bidens pilosa* y *Amaranthus spp.*

3.4.8. Aporque

El primer aporque se hizo junto con la primera fertilización que fue a los 15 días después de la siembra y el segundo, se hizo junto con la segunda fertilización que fue a los 40 días después de la siembra, es decir cuando las plantas tenían de 50 a 60 cm de altura.

3.4.9. Control de plagas

Aquí se realizó principalmente el control del "gusano cogollero" (*Spodoptera frugiperda*), se aplicó insecticida a los 20 días después de la siembra usando un producto llamado comercialmente Lume (Emamectin 10 + Lufenuron 40 WG 10 + 40 g/Kg) aplicando 30 ml por mochila de 20 litros. También se aplicó para insectos rapadores de hojas se aplicó Caporal (Cipermetrina + Metamidophos) a razón de 30 ml por mochila de 20 litros.

3.4.10. Deshije

Esta actividad se llevó a cabo cuando las plantas de maíz alcanzaron una altura aproximada de 0,20 m. Consistió en dejar únicamente dos plantas y en los surcos mellizos una planta por cada golpe en todos los tratamientos y bloques, con el fin de evitar un exceso de plantas que pudiera generar competencia por los nutrientes y la luz. Las plantas que sobran fueron retiradas con cuidado, utilizando un cuchillo.



Figura 11. Labores culturales: (a) Control manual de malezas, (b) Control de plagas, (c) Preparación del fertilizante, (d) Aplicación del fertilizante

3.4.11. Fertilización

Se aplicó una fertilización estándar, en base a la cantidad de nutrientes requerido para 12,5 toneladas de grano de maíz por hectárea $327 \text{ N} + 117 \text{ P}_2\text{O}_5 + 105 \text{ K}_2\text{O}$ Kg/ha, reportado en ARA (1994) y considerando el análisis de suelo (Figura 38), los fertilizantes fueron aplicados en mezcla y fraccionados en dos aplicaciones; la primera a los 20 días después de la siembra (50 % del $\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5$ y el 50 % de K_2O) y la segunda aplicación serializo a los 40 días después de la siembra; los fertilizantes fueron colocados alrededor del tallo del maíz, la primera fertilización a 8 cm y la segunda a 15 cm al rededor del tallo aproximadamente, procurando que quede tapado para tener una mejor eficiencia. también se aplicó S, B, Zn, Fe, Cu y Mg en mezcla junto a los demás fertilizantes.

Tabla 5. Requerimientos nutricionales

Nutriente	Nivel(Kg/ha)	Fuente y riqueza	Cantidad/ha	g/planta
N	327	Urea(46 %)	55,77 kg	16,95 g
P ₂ O ₅	117	SFTca(46 %)	19,98 kg	5,10 g
K ₂ O	105	CLK(60 %)	16,48 kg	4,20 g

3.4.12. Fertilización foliar

Aquí se aplicó un bioestimulante una dosis estándar para todos a los tratamientos a una dosis de 30 ml por mochila de 20 L a 20 días después de la siembra, esto para evitar el estrés hídrico ya que en la época que se sembró hubo un fuerte verano.

3.4.13. Cosecha

La cosecha de las mazorcas de maíz se realizó el 24 de septiembre de 2024, cuatro meses después de la siembra. Durante esta jornada, se encontraron mazorcas completamente maduras, con un contenido de humedad de aproximadamente el 30 %. La recolección se llevó a cabo de manera manual y consistió en abrir cada mazorca y retirar toda la cáscara (chala). Una vez completada esta tarea, se procedió a quebrar las mazorcas y colocarlas en sus respectivos sacos, cada uno etiquetado para identificar el bloque y el tratamiento correspondiente.





Figura 12. Cosecha: (a) Plantas aptas para la cosecha, (b) Despalcado del tratamiento 1 y bloque 1, (c) Cosecha manual del maíz, (d) Despalcado y soleado de las mazorcas de maíz.

3.5. Evaluaciones registradas

3.5.1. Altura de planta (cm)

Esta actividad se llevó a cabo en el momento en que la planta de maíz alcanzó su máximo desarrollo. Utilizando una regla graduada de madera, se midió la altura de diez plantas competitivas seleccionadas al azar de cada parcela neta, desde el cuello de la planta hasta el nudo donde se une la hoja bandera con el tallo.

3.5.2. Altura de inserción de mazorca (cm)

Esta labor se llevó a cabo cuando la planta alcanzó su máximo desarrollo. Utilizando una regla graduada de madera, se midió la altura de 10 plantas por parcela neta, desde el cuello hasta el nudo del tallo donde se origina la mazorca superior.

3.5.3. Diámetro del tallo (mm).

Este parámetro fue medido en el centro del primer entre nudo emergente del suelo, en 10 plantas evaluadas al azar con la ayuda de un vernier electrónico.

3.5.4. Materia seca (t/ha)

Consistió en la selección de una muestra de tres plantas por cada tratamiento, cuando la planta alcanzó su máximo desarrollo fisiológico, posteriormente se picaron lo más pequeño posible. Las muestras fueron acondicionadas en bolsas de papel con su respectiva rotulación para luego llevar al laboratorio de semillas de la facultad de agronomía, con el fin de determinar la materia seca. En el laboratorio las muestras fueron puestas en una estufa a 90 °C por un periodo de cinco días hasta alcanzar su peso seco constante, posteriormente las muestras fueron

extraídas de la estufa para registrar el peso en una balanza de precisión, los datos obtenidos fueron expresados a toneladas por hectárea.

3.5.5. Medición de clorofila (SPAD)

Se midió a los 50 días después de la siembra en época de llenado de grano, cuando el cultivo presentaba su máxima actividad fisiológica y niveles más elevados de clorofila en las hojas, mediante un medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta). Se realizaron cuatro lecturas en las hojas principales ubicadas debajo de la espiga y en la segunda hoja desplegada en el ápice en 10 plantas con competencia completa marcadas en cada unidad experimental.

3.5.6. Índice de área foliar

Para determinar el índice de área foliar, se evaluaron al momento de la floración masculina. En cada unidad experimental se colectaron 3 plantas por tratamiento. En cada planta muestreada se midió el ancho máximo (W) y largo (L) de cada hoja y se calculó el área utilizándose la fórmula propuesta por Watson (1952). $AF = 0.75 L W$, se sumó el área de las hojas de cada planta y se calculó el índice foliar por hectárea usando la siguiente fórmula.

$$IAF = \frac{N^{\circ} \text{ plantas} \times \text{área foliar (m}^2/\text{planta)}}{10\,000\text{m}^2/\text{ha}} \quad (2)$$

3.5.7. Longitud de mazorca (cm)

Para determinar esta variable, se seleccionaron al azar diez mazorcas, y se utilizó una cinta métrica para medir la distancia desde la base hasta el ápice de cada una de las mazorcas, expresándola en centímetros.

3.5.8. Diámetro de mazorca (cm)

Para su determinación, se seleccionaron diez mazorcas al azar y se midió el diámetro en la parte más ancha de cada una de ellas utilizando una cinta métrica (en centímetros).

3.5.9. Número de hileras por mazorca

Se llevó a cabo un conteo visual del número de hileras en cada una de las 10 mazorcas seleccionadas para cada tratamiento, con el fin de calcular posteriormente el promedio.

3.5.10. Número de granos por hilera

En las 10 mazorcas seleccionadas para cada tratamiento, se contó el número de granos en una hilera elegida al azar de cada mazorca de maíz, y posteriormente se calculó un promedio.

3.5.11. Peso de 100 semillas (g)

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.

Fh= corrección por humedad al 14 %

$$\frac{100 - \text{humedad de cosecha}}{86} \quad (3)$$

3.5.12. Rendimiento en grano (t/ha)

La evaluación del rendimiento de grano se llevó a cabo tomando en cuenta los pesos obtenidos por tratamiento en la parcela experimental, de acuerdo a las densidades, y se estimaron a nivel de hectárea en toneladas por hectárea (t/ha)., según la fórmula de (MANRIQUE, 1997).

$$R = \frac{10\,000 \times 0,971 \times D \times Pcf \times Fh \times PC}{A} \quad (4)$$

Donde:

- R = rendimiento en kg/ha
- A = área de la parcela
- $0,971$ = coeficiente de contorno
- D = porcentaje de desgrane:

$$\frac{\text{Peso del grano (g)}}{\text{Peso total de mazorca (g)}} \times 100$$
 Peso grano/peso total de mazorca)
- Pc = rendimiento kg por parcela
- Fh = corrección por humedad al 14 %:

$$\frac{100 - \text{humedad de cosecha}}{86} \quad (5)$$

- Pcf = corrección por fallas:

$$Fc = \frac{N - 0,3F}{N - F} \quad (6)$$

Donde:

- Fc = Factor de corrección.
- N = Número total de golpes por parcela.
- F = Número total de fallas por parcela.

3.5.13. Análisis de correlación de Pearson

Los datos promedios de los componentes asociados al rendimiento de grano para los híbridos de maíz, 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.

3.5.14. Análisis de rentabilidad beneficio/costo

El análisis beneficio/costo se determinó a partir del rendimiento del grano, costos totales de producción e ingresos netos que se obtuvieron en cada uno de los tratamientos, para lo cual fue necesario aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{Relación } \frac{B}{C} = \frac{\text{Ingreso neto}}{\text{Costo total}} \quad (7)$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta, diámetro de tallo y altura de inserciones mazorca

La Tabla 6, presenta el análisis de varianza para la altura de planta, diámetro de tallo y altura de la inserción de la mazorca.

Tabla 6. Análisis de variancia ($\alpha \leq 0,05$) para altura de planta, diámetro de tallo y altura de inserción de mazorca a los 55 días después de la siembra.

Fuente de variación	GL	Altura de planta			Diámetro de tallo			Inserción de mazorca		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Bloque	3	295,74 ^S	4,39	0,012	5,04 ^{NS}	2,33	0,138	79,58 ^{NS}	0,83	0,489
Tratamientos	9	170,11 ^S	2,53	0,030	19,3 ^{AS}	8,93	0,0001	319,49 ^{AS}	3,33	0,007
A(Densidades)	4	217,22 ^S	3,23	0,027	37,31 ^{AS}	17,25	0,0001	502,33 ^{AS}	5,24	0,003
B (híbridos)	1	172,64 ^{NS}	2,56	0,120	0,58 ^{NS}	0,27	0,847	360 ^{NS}	3,75	0,063
A x B	4	122,37 ^{NS}	1,82	0,154	4,85 ^{NS}	2,24	0,090	126,52 ^{NS}	1,32	0,288
Error	27	67,31			2,16			95,91		
Total	39									
CV % :		3,03			6,81			7,01		

Para altura de plantas, se muestra diferencias estadísticas en bloques, tratamientos y densidades de siembra (factor A), con p-valores menores a 0,05, lo que indica que estos factores afectan significativamente esta variable; no se observaron diferencias significativas en el factor B (híbridos) ni en la interacción entre densidades de siembra con híbridos (A x B), evidenciado por p-valores mayores a 0,05. El coeficiente de variación (CV) del 3,03 % refleja una excelente homogeneidad de los datos.

En cuanto al diámetro del tallo, las densidades de siembra tuvieron un efecto significativo, mientras que los híbridos, su interacción con las densidades (A x B) y los bloques no presentaron significancia estadística. El CV del 6,81 % confirma la precisión experimental, ya que un CV bajo refleja homogeneidad y baja variabilidad relativa.

El análisis de la altura de inserción de mazorca mostró que los tratamientos y las densidades de siembra fueron significativos, mientras que los híbridos (B) y la interacción (A x B) no tuvieron efectos significativos. El CV del 7,01 % sugiere una variabilidad aceptable.

La densidad de siembra se identifica como el principal factor que influye en la altura de planta, diámetro de tallo y altura de inserción de mazorca en maíz (Alonso-Sánchez et al., 2023), mientras que las diferencias genéticas entre híbridos y su interacción con la densidad tienen un impacto menor bajo las condiciones evaluadas (Vázquez et al., 2013).

Tabla 7. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para altura de planta, diámetro de tallo e inserción de mazorca en los diferentes tratamientos

Altura de planta (cm)			Diámetro de tallo (mm)			Inserción de mazorcas (cm)		
Trat.	Promedio	Agrup.	Agrup.	Promedio	Agrup.	Trat.	Promedio	Agrup.
T ₄	286,13	a	T ₇	25,15	a	T ₄	156,75	a
T ₅	276,88	a b	T ₆	24,43	a	T ₅	151,50	a b
T ₇	271,88	b	T ₁	23,65	a b	T ₁₀	143,13	a b c
T ₁₀	220,73	b	T ₂	22,13	b c	T ₉	141,00	b c
T ₉	270,00	b	T ₈	20,93	c d	T ₃	140,63	b c
T ₃	267,25	b	T ₃	20,53	c d	T ₇	136,00	b c
T ₂	266,75	b	T ₉	20,23	c d	T ₁	134,75	c
T ₁	266,75	b	T ₅	20,08	c d	T ₈	133,50	c
T ₈	265,88	b	T ₄	19,53	d	T ₆	129,75	c
T ₆	264,50	b	T ₁₀	18,73	d	T ₂	129,75	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

T₁ = Atlas 777 (50 000 plantas/ha) 0,80 x 0,50 m
 T₂ = Atlas 777 (62 500 plantas/ha) 0,80 x 0,40 m
 T₃ = Atlas 777 (80 000 plantas/ha) 1,00 x 0,25 m
 T₄ = Atlas 777 (100 000 plantas/ha) 0,80 x 0,25 m
 T₅ = Atlas 777 (105 263 plantas/ha) 0,80 x 0,20 x 0,15 m

T₆ = Atlas 105 (50 000 plantas/ha) 0,80 x 0,50 m
 T₇ = Atlas 105 (62 500 plantas/ha) 0,80 x 0,40 m
 T₈ = Atlas 105 (80 000 plantas/ha) 1,00 x 0,25 m
 T₉ = Atlas 105 (100 000 plantas/ha) 0,80 x 0,25 m
 T₁₀ = Atlas 105 (105 263 plantas/ha) 0,80 x 0,20 x 0,15 m

La Tabla 7 muestra los resultados de la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para la altura de planta, diámetro de tallo y altura de la inserción de la mazorca de maíz.

Para altura de plantas, el tratamiento T₄ (Atlas 777, 100 000 plantas/ha) alcanzó la mayor altura promedio (286,13 cm), seguido por T₅ (Atlas 777, 105,263 plantas/ha) con 276,88 cm, a diferencia del tratamiento T₆ (Atlas 105, 50 000 plantas/ha) que mostró la menor altura (264,50 cm). Estos resultados reflejan que el híbrido Atlas 777, a mayores densidades, presenta un crecimiento superior en altura debido a la interacción entre densidad de siembra y características genéticas del híbrido, como lo señalan Martínez-Gutiérrez et al. (2018). Este comportamiento puede atribuirse a la competencia por recursos que, en densidades altas, estimula el crecimiento en altura como estrategia para captar luz (Blanco-Valdés y González-Viera, 2020), aunque no todos los híbridos responden igual al estrés por competencia (Rebolloza-Hernández et al., 2020). Resultados similares fueron reportados en Coviriali, Satipo, donde Atlas 777 destacó por su altura bajo alta densidad (Campos, 2019).

Para el diámetro del tallo, los tratamientos T₇ (Atlas 105, 62 500 plantas/ha) y T₆ (Atlas 105, 50 000 plantas/ha) presentaron los mayores diámetros (25,15 y 24,43 mm, respectivamente); por el contrario, los tratamientos con densidades más altas, como T₁₀ (Atlas 105, 105 263 plantas/ha) y T₄ (Atlas 777, 100 000 plantas/ha), registraron los menores diámetros (18,73 y 19,53 mm, respectivamente); Esto evidencia que bajas densidades favorecen un mayor desarrollo del diámetro del tallo, mientras que las altas densidades intensifican la competencia por recursos,

limitando este crecimiento (García-López y Hernández, 2023). La reducción del diámetro en altas densidades puede afectar la estabilidad estructural de las plantas, ya que priorizan crecer en altura para captar luz, en detrimento del engrosamiento del tallo (Elizondo y Boschini, 2001; Sánchez-Hernández et al., 2011).

Para la altura de inserción de mazorca, se destaca el tratamiento T₄ (Atlas 777, 62 500 plantas/ha) con la mayor altura (156,75 cm), que al contrastar con los tratamientos como T₁ (Atlas 777, 50 000 plantas/ha) y T₆ (Atlas 105, 105 000 plantas/ha) registraron las menores alturas (134,75 y 129,75 cm, respectivamente). Las densidades más bajas, combinadas con híbridos como Atlas 777, permitieron un mayor desarrollo estructural debido a menor competencia por recursos, mientras que las altas densidades limitaron este crecimiento (Armas, 2008). Este comportamiento resalta la importancia de seleccionar la densidad de siembra adecuada para optimizar características agronómicas como la altura de inserción de mazorca y garantizar un equilibrio entre rendimiento y estabilidad estructural del cultivo (Sánchez-Hernández et al., 2011).

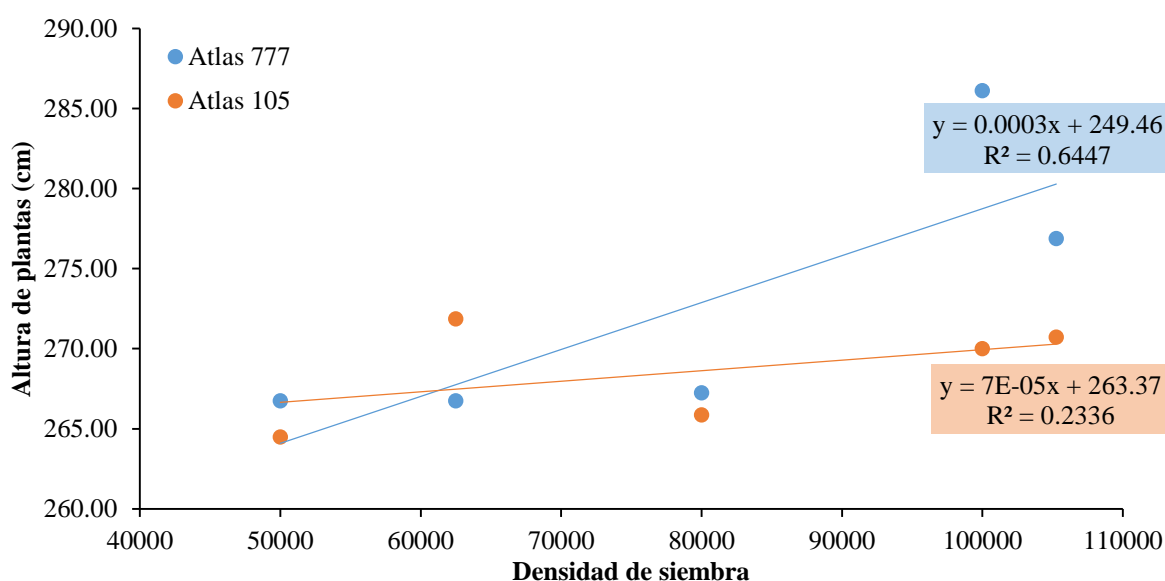


Figura 13. Regresión lineal de la altura de dos híbridos de maíz por efecto de densidades de siembra

En la Figura 13, se aprecia que el híbrido Atlas 777 presenta un crecimiento exponencial más pronunciado al aumentar la densidad de siembra. La notable adaptabilidad de Atlas 777 a densidades altas se debe a su plasticidad fenotípica y arquitectura de planta, que optimizan la captación de luz y el uso eficiente de nutrientes, permitiéndole destacar en escenarios de alta competencia intraespecífica y manejo intensivo (Orihuela, 2023). Por otro lado, Atlas 105 mantiene un crecimiento estable en altura, lo que lo hace adecuado para sistemas con densidades

bajas, donde la menor competencia por recursos permite un desarrollo uniforme sin requerir adaptaciones marcadas (Morales, 2018). Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar híbridos según la densidad de siembra para maximizar el rendimiento, aprovechando las características específicas de cada híbrido y ajustando las estrategias de manejo agronómico.

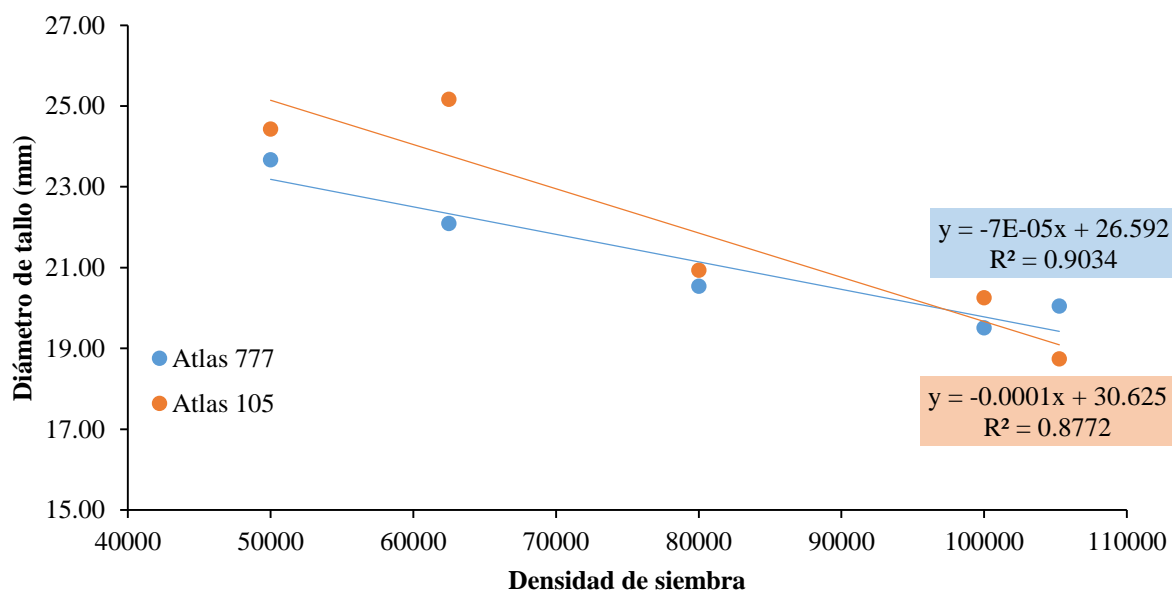


Figura 14. Regresión lineal del diámetro de tallo de dos híbridos de maíz por efecto de densidades de siembra

Figura 14, muestra que el diámetro del tallo disminuye con el aumento de la densidad de siembra en ambas variedades, siguiendo una regresión lineal con R^2 de 0,9034 para Atlas 105 y 0,8772 para Atlas 777, lo que evidencia un ajuste preciso de los datos, especialmente en Atlas 105, este híbrido mantiene consistentemente mayores diámetros en comparación con Atlas 777, lo que sugiere una mejor capacidad para manejar la competencia intraespecífica. En densidades bajas (50 000 a 62 500 plantas/ha), ambas variedades alcanzan mayores diámetros, mientras que en densidades superiores a 80 000 plantas/ha, los diámetros disminuyen significativamente. Este patrón refleja el impacto de la competencia por recursos como luz, agua y nutrientes, que limita el engrosamiento del tallo en altas densidades (Sánchez-Hernández et al., 2011; Pérez-Somarriba y Hernández-Fernández, 2022). La mayor resistencia estructural de Atlas 105 lo hace más adecuado para condiciones de alta densidad, destacando la importancia de seleccionar híbridos y densidades óptimas para equilibrar rendimiento y estabilidad (INTAGRI, 200; Morales, 2018).

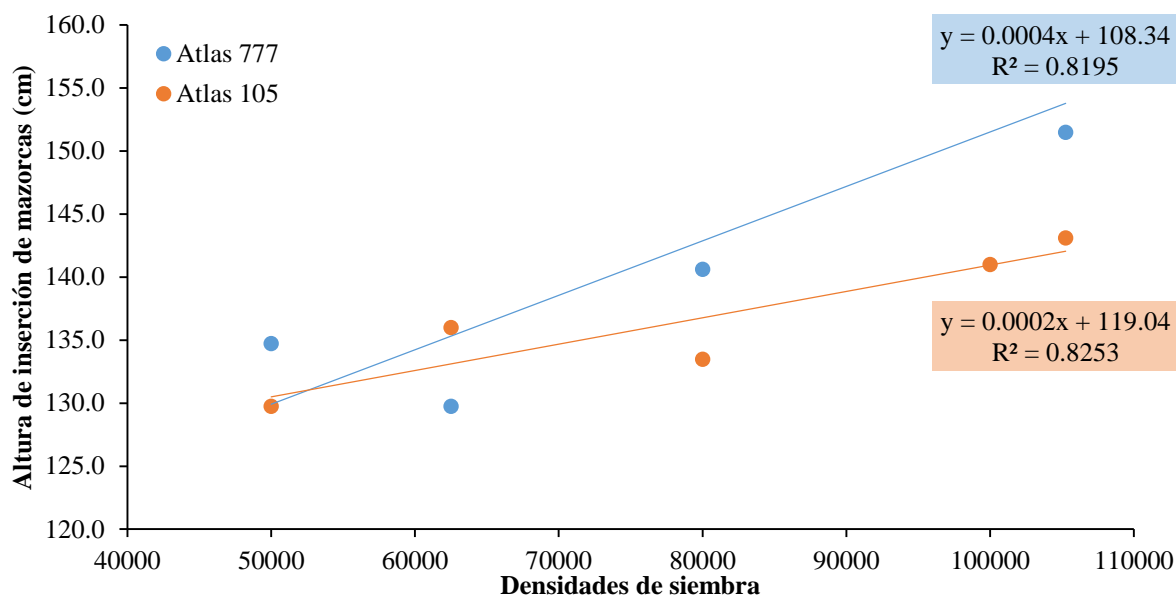


Figura 15. Regresión lineal de la altura de inserción de mazorcas de maíz por efecto de densidades de siembra

La Figura 15 muestra una relación positiva entre la densidad de siembra y la altura de inserción de mazorcas, con Atlas 777 alcanzando mayores valores que Atlas 105 en todas las densidades evaluadas. Estas diferencias reflejan la capacidad de Atlas 777 para alargar sus tallos bajo alta competencia, optimizando la captación de luz, mientras que Atlas 105 exhibe un crecimiento más moderado, influenciado por su arquitectura y fisiología. La altura de inserción de mazorcas es clave para la estabilidad de las plantas y la eficiencia en la cosecha. Una inserción alta facilita la mecanización, pero incrementa el riesgo de acame por un centro de gravedad elevado (Santos, 2023), mientras que una inserción baja es más estable, pero dificulta la recolección (Cruz, 2017). También afecta la redistribución de recursos y la eficiencia fotosintética, influyendo en el rendimiento (Barrios, 2000). Seleccionar híbridos adecuados y ajustar el manejo agronómico son estrategias esenciales para optimizar esta característica según las condiciones del cultivo (Guamán et al., 2020; MacRobert et al., 2015).

Tabla 8. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del efecto principal densidades de siembra (A), en altura de planta, diámetro de tallo e inserción de mazorca

Altura te plantas (cm)			Diámetro de tallo (mm)			Inserción de mazorcas (cm)		
Densidad	Promedio	Agrup.	Densidad	Promedio	Agrup.	Densidad	Promedio	Agrup.
100 000	278,06	a	50 000	24,04	a	100 000	148,88	a
105 263	273,8	a b	62 500	23,64	a	105 263	147,31	a
62 500	269,31	a b	80 000	20,74	b	80 000	137,06	b
80 000	266,56	b	100 000	19,88	b	62 500	132,88	b
50 000	265,63	b	105 263	19,39	b	50 000	132,25	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La Tabla 8 evidencia que la densidad de siembra afecta significativamente la altura de las plantas de maíz, con valores más altos en densidades de 100 000 y 105 263 plantas/ha, mientras que las densidades de 50 000 y 80 000 plantas/ha presentan menores alturas; este efecto se debe a la competencia intraespecífica, que en altas densidades estimula el crecimiento en altura para captar luz solar limitada (Elizondo y Boschini, 2001). Las densidades bajas, al reducir la competencia, favorecen un crecimiento equilibrado con mejor acceso a recursos como luz, agua y nutrientes (Sánchez-Hernández et al., 2011). Atlas 777 destaca en densidades altas por su capacidad de adaptación y desarrollo robusto, atribuido a su arquitectura y raíces profundas que optimizan la absorción de nutrientes (Osambela, 2023).

Sin embargo, con densidades de 50 000 y 62 500 plantas/ha se obtuvo los mayores diámetros de tallo (24,04 y 23,64 mm), mientras que densidades más altas (80 000, 100 000 y 105 263 plantas/ha) presentan diámetros menores (20,74; 19,88 y 19,39 mm). Este resultado refleja que bajas densidades favorecen el engrosamiento del tallo debido a menor competencia por recursos esenciales (García-López y Hernández, 2023). En contraste, altas densidades priorizan el crecimiento en altura para captar luz, reduciendo la asignación de recursos al diámetro del tallo, lo que afecta su desarrollo estructural (Guillén et al., 2016; Pérez-Somarrriba y Hernández-Fernández, 2022).

Similar a la altura de plantas de maíz se muestra los resultados de altura de inserción de mazorca, debido que las densidades de 100 000 y 105 263 plantas/ha alcanzan las mayores alturas de inserción de mazorca (148,88 y 147,31 cm), mientras que densidades de 50 000, 62 500 y 80 000 plantas/ha presentan valores menores (137,06; 132,88 y 132,25 cm). Este patrón responde a la competencia por luz en altas densidades, que obliga a las plantas a alargar sus tallos, mientras que, en densidades bajas, la menor competencia genera inserciones más cercanas al suelo (Blanco-Valdés y González-Viera, 2021; García-López y Hernández, 2023). Inserciones altas facilitan la cosecha mecanizada, pero incrementan el riesgo de vuelco, mientras que inserciones bajas son más

estables, aunque dificultan la recolección (Pérez-Somarriba y Hernández-Fernández, 2022). La ausencia de vuelco en este experimento confirma una selección adecuada de híbridos y densidades, resaltando la importancia de ajustar estos factores para optimizar estabilidad, rendimiento y cosecha (Sánchez-Hernández et al., 2011).

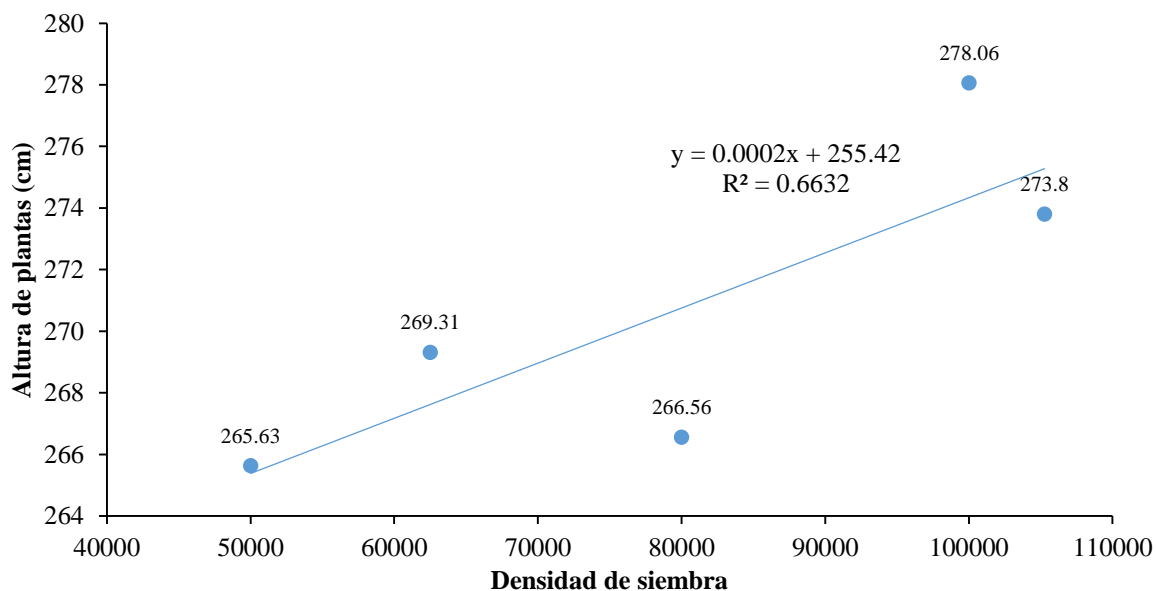


Figura 16. Regresión lineal de la altura de plantas de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra

La Figura 16 muestra que la densidad de siembra influye en la altura de las plantas de maíz, con un incremento progresivo a medida que aumenta la densidad; la mayor altura promedio 278,06 cm, se registra a 100 000 plantas/ha, mientras que la menor, 265,63 cm, corresponde a 50 000 plantas/ha. El modelo de regresión lineal, con un R^2 de 0,6632, refleja una correlación moderada, destacando la densidad como un factor clave en este comportamiento. En altas densidades, la competencia intraespecífica obliga a las plantas a crecer en altura para captar luz, compensando la limitada disponibilidad de recursos como agua y nutrientes (Blanco-Valdés, 2019). Este fenómeno, típico en cultivos densos, permite optimizar la captación de luz en condiciones de sombreado (Suaste-Franco et al., 2013; Blanco-Valdés y González-Viera, 2021). Por otro lado, densidades bajas favorecen un crecimiento más uniforme al reducir la competencia, optimizando el uso de recursos (García-López y Hernández, 2023). Las altas densidades también pueden limitar el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes esenciales, generando tallos más delgados y menor biomasa individual, lo que podría comprometer la estabilidad de las plantas (Elizondo y Boschini, 2001).

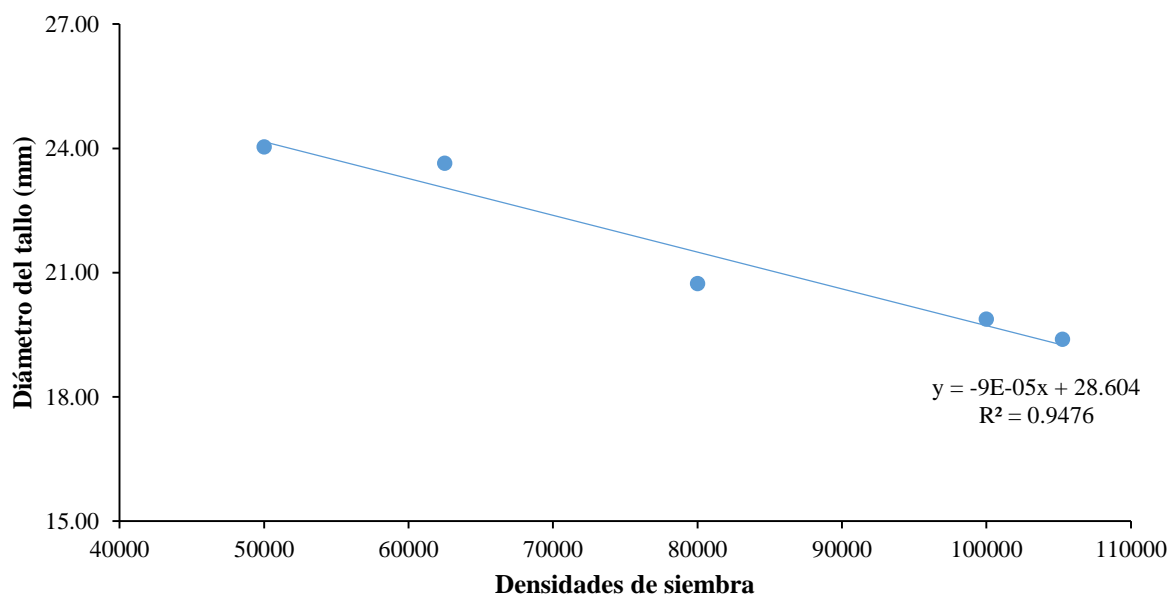


Figura 17. Regresión lineal del diámetro del tallo de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra

La Figura 17 muestra la relación entre las densidades de siembra y el diámetro del tallo de dos híbridos de maíz, evidenciando una clara tendencia negativa, a medida que aumenta la densidad de siembra, el diámetro del tallo disminuye. En densidades de siembra bajas, como 50 000 plantas/ha, el diámetro del tallo es mayor (alrededor de 24 mm); sin embargo, en densidades más altas, como 105 000 plantas/ha, el diámetro se reduce significativamente (cerca de 19 mm). Esto puede atribuirse a la competencia por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes, que aumenta con la densidad, limitando el desarrollo estructural de las plantas; este fenómeno refleja que las plantas en densidades altas tienden a priorizar el crecimiento en altura para captar más luz, sacrificando el engrosamiento del tallo, lo cual podría comprometer su estabilidad bajo condiciones de viento o peso de mazorcas. Estos resultados son consistentes con estudios previos, como los reportados por Sánchez-Hernández et al. (2011), quienes observaron una disminución del diámetro del tallo en maíces forrajeros a densidades elevadas debido a la competencia intraespecífica. Además, Intagri (2001) menciona que el aumento de densidad puede afectar parámetros como el diámetro, que está directamente relacionado con la capacidad de la planta para soportar cargas y mantener su resistencia estructural. Por lo tanto, seleccionar densidades óptimas y variedades específicas es crucial para equilibrar rendimiento y estabilidad en el cultivo de maíz (Morales, 2018).

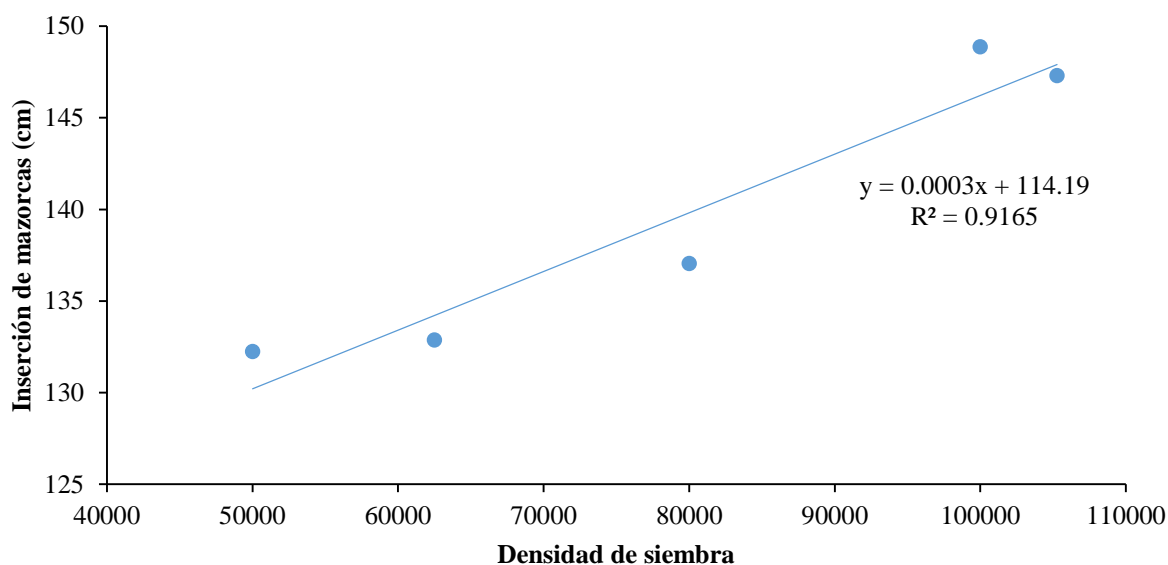


Figura 18. Regresión lineal de la altura de inserción de mazorcas de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra

La Figura 18 muestra la relación entre la densidad de siembra y la altura de inserción de mazorcas de maíz. Se observa que a densidades más bajas (50 000 plantas/ha), la altura de inserción es menor, mientras que al incrementar la densidad de siembra hasta 105 263 plantas/ha, la altura de inserción aumenta significativamente hasta valores de aproximadamente 150 cm. Este comportamiento sugiere que mayores densidades generan una mayor competencia por luz, provocando un alargamiento del tallo y un aumento en la altura de las mazorcas. Si bien esto puede ser beneficioso para la captación de luz en ciertas condiciones, podría aumentar el riesgo de volcamiento y dificultar la cosecha mecanizada, aspectos importantes a considerar en el manejo agronómico.

La relación observada entre la densidad de siembra y la altura de inserción de la mazorca en maíz, donde un incremento en la densidad resulta en una mayor altura de inserción, coincide con el estudio de García-López y Hernández (2023) lo cuales evaluó tres densidades de siembra (90,000, 120,000 y 150,000 plantas/ha) y encontró que, aunque la altura de la planta no mostró diferencias significativas, variables relacionadas con la mazorca, como el número de hileras y granos por hilera, presentaron valores superiores a densidades más bajas, sugiriendo que densidades elevadas pueden inducir cambios morfológicos en la planta. Otro estudio, que analizó el comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado bajo diferentes densidades de siembra, reportó que la variedad INIA-601 alcanzó una mayor altura de planta con una densidad de 60 000 plantas/hectárea, indicando que la densidad de siembra influye en el desarrollo

estructural del maíz (Pedraza et al., 2017). Estos resultados respaldan la observación de que densidades de siembra más altas pueden aumentar la altura de inserción de la mazorca, posiblemente debido a una mayor competencia por recursos como la luz, lo que lleva a las plantas a crecer más en altura para optimizar la captación de luz solar

4.2. Índice de clorofila, área foliar y materia seca

En la Tabla 9 se presenta el análisis de varianza para el índice de clorofila, el índice de área foliar y la materia seca.

Tabla 9. Análisis de varianza ($\alpha \leq 0,05$) para clorofila (SPAD), índice de área foliar y materia seca (t/ha)

Fuentes de variación	GL	Clorofila (SPAD)			IAF			Materia seca (t/ha)		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Bloque	3	3,85 ^{NS}	1,42	0,2591	0,15 ^{NS}	1,79	0,1737	8,31 ^{NS}	2,26	0,1038
Tratamientos	9	32,59 ^{AS}	12,00	0,0001	12,27 ^{AS}	150,06	0,0001	70,67 ^{AS}	19,25	0,0001
A(Densidades)	4	70,95 ^{AS}	26,11	0,0001	26,54 ^{AS}	324,61	0,0001	157,09 ^{AS}	42,78	0,0001
B (híbridos)	1	1,54 ^{NS}	0,57	0,4585	0,36 ^S	4,42	0,0451	6,16 ^{NS}	1,68	0,2061
A x B	4	1,99 ^{NS}	0,73	0,5775	0,97 ^{AS}	11,93	0,0001	0,38 ^{NS}	0,10	0,9802
Error	27	2,72			0,08			3,67		
Total	39									
CV % :		3,10			4,39			7,87		

Las variaciones en los tratamientos y la densidad de siembra influyen significativamente en la clorofila, a diferencia del factor híbrido (B) que no presentan un efecto relevante, lo que sugiere que las diferencias genéticas entre los híbridos evaluados no afectan de manera significativa el índice de clorofila bajo las condiciones estudiadas, además, la interacción entre densidades de siembra con híbridos (A x B) tampoco es significativa, descartando un efecto combinado entre ambos factores. El modelo tiene un buen ajuste, un CV de 3,10 % refleja alta precisión y consistencia en las mediciones.

En cuanto al índice de área foliar, los tratamientos, las densidades, los híbridos y su interacción tienen efectos significativos. Las densidades de siembra destacan como el factor más influyente, seguido por los híbridos y la interacción entre ambos. El modelo presenta un excelente ajuste un CV de 4,39 % que confirma alta precisión y confiabilidad en las mediciones.

Referente a la de materia, seca tanto los tratamientos como las densidades de siembra tienen un efecto significativo, evidenciando su impacto importante en el porcentaje de materia seca. En cambio, los híbridos (B) y su interacción con las densidades (A x B) no son estadísticamente significativos, indicando que las diferencias genéticas y su combinación con las

densidades no afectan este parámetro, mostrando un CV de 7,87 % refleja baja variabilidad y alta precisión experimental.

Estos resultados del análisis de varianza destacan la influencia de las densidades de siembra como el factor determinante en los parámetros evaluados, mientras que el efecto de los híbridos y la interacción densidades depende del parámetro específico analizado.

Tabla 10. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para clorofila (SPAD), índice de área foliar y materia seca (t/ha) de los tratamientos

Clorofila (SPAD)			IAF			Materia seca (t/ha)		
Trat.	Promedio	Agrup.	Trat.	Promedio	Agrup.	Trat.	Promedio	Agrup.
T ₆	57,96	a	T ₁₀	9,40	a	T ₁₀	29,20	a
T ₁	57,75	a b	T ₅	8,73	b	T ₅	28,93	a
T ₃	56,14	a b	T ₉	7,95	c	T ₉	28,90	a
T ₇	56,08	a b	T ₄	7,50	d	T ₄	27,95	a
T ₂	55,47	a b	T ₃	6,22	e	T ₈	24,70	b
T ₈	55,25	b	T ₂	5,61	f	T ₃	23,30	b
T ₄	52,12	c	T ₈	5,56	f	T ₇	22,60	b
T ₉	52,12	c	T ₁	5,01	g	T ₂	21,78	b
T ₅	51,50	c	T ₇	4,73	g h	T ₆	18,68	c
T ₁₀	49,61	c	T ₆	4,49	h	T ₁	18,20	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

T₁ = Atlas 777 (50 000 plantas/ha) 0,80 x 0,50 m
 T₂ = Atlas 777 (62 500 plantas/ha) 0,80 x 0,40 m
 T₃ = Atlas 777 (80 000 plantas/ha) 1,00 x 0,25 m
 T₄ = Atlas 777 (100 000 plantas/ha) 0,80 x 0,25 m
 T₅ = Atlas 777 (105 263 plantas/ha) 0,80 x 0,20 x 0,15 m

T₆ = Atlas 105 (50 000 plantas/ha) 0,80 x 0,50 m
 T₇ = Atlas 105 (62 500 plantas/ha) 0,80 x 0,40 m
 T₈ = Atlas 105 (80 000 plantas/ha) 1,00 x 0,25 m
 T₉ = Atlas 105 (100 000 plantas/ha) 0,80 x 0,25 m
 T₁₀ = Atlas 105 (105 263 plantas/ha) 0,80 x 0,20 x 0,15 m

La Tabla 10 presenta los resultados de la prueba de Duncan para clorofila, el índice de área foliar y porcentaje de materia seca.

Los resultados muestran que el tratamiento T₆ (50 000 plantas/ha, Atlas 105) presentó el mayor clorofilo (57,96 SPAD), debido a la menor competencia por luz y nutrientes en densidades bajas, lo que favorece una mayor eficiencia fotosintética. Estudios como los de Mendoza-Elos et al. (2006) y García-López y Hernández respaldan que densidades adecuadas permiten una mejor interceptación de luz y menor estrés por competencia. Asimismo, en densidades altas (como en los tratamientos T₄, T₉, T₅ y T₁₀, con más de 100 000 plantas/ha) mostraron los valores más bajos de clorofila debido a un aumento en la competencia intraespecífica, lo que genera sombreado y limita la captación de luz, afectando la fotosíntesis (Defeng y Osca, 2010). Tratamientos intermedios, como T₈ (80 000 plantas/ha), alcanzaron valores moderados, lo que sugiere un equilibrio parcial entre competencia y eficiencia.

El mayor índice de área foliar registrado en los tratamientos T₁₀ (Atlas 105, 105 263 plantas/ha) y T₅ (Atlas 777, misma densidad) se debe a que densidades altas incrementan el área foliar total del cultivo al sumar la contribución de más plantas por unidad de superficie, optimizando la intercepción de luz (Fabián et al., 2020). Sin embargo, este beneficio puede estar limitado por el sombreado entre plantas, que reduce la eficiencia fotosintética individual (Defeng y Osca, 2010). En comparación a las densidades bajas como en T₆ (50 000 plantas/ha) y T₇ (62 500 plantas/ha) mostraron menor índice de área foliar debido al número reducido de plantas, aunque estas tienen acceso a más recursos, lo que mejora el crecimiento individual, pero disminuye la cobertura total del cultivo (Mendoza-Elos et al., 2006). Estos resultados destacan cómo la densidad de siembra influye en el equilibrio entre el desarrollo foliar y la competencia por luz.

Los tratamientos con densidades altas, como T₁₀, T₅, T₉ y T₄, destacaron en el porcentaje de materia seca debido a su mayor capacidad para interceptar la radiación solar, lo que favorece una mayor acumulación de biomasa por unidad de área, como lo señalan Fabián et al. (2020). En estas condiciones, el aumento en el número de plantas compensa la reducción de rendimiento individual, maximizando la producción total del cultivo. Por el contrario, los tratamientos con densidades bajas, como T₆ y T₁, registraron valores más bajos de materia seca, ya que, aunque cada planta tiene acceso a más recursos, el menor número de plantas por hectárea limita la acumulación total de biomasa. No obstante, densidades excesivamente altas podrían generar competencia por recursos esenciales como nutrientes y agua, disminuyendo la eficiencia de uso de estos y afectando el rendimiento, como advierten Defeng y Osca (2010).

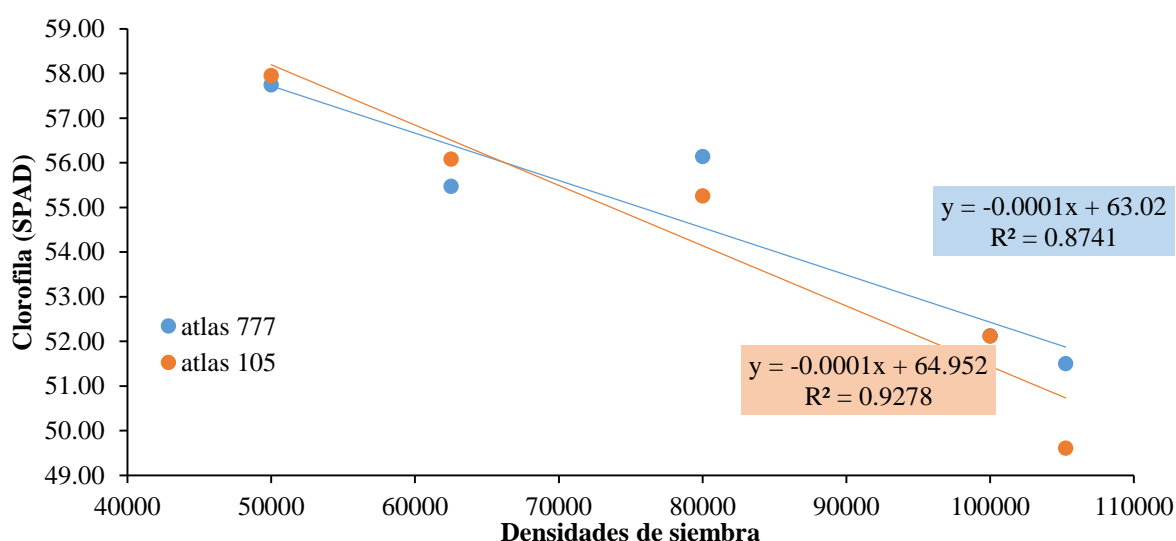


Figura 19. Regresión lineal del contenido de clorofila en dos híbridos de maíz por efecto de las densidades de siembra

La Figura 19 muestra que el contenido de clorofila en los híbridos de maíz Atlas 105 y Atlas 777 disminuye conforme aumenta la densidad de siembra. En densidades bajas (50 000 plantas/ha), el híbrido Atlas 777 presenta un mayor contenido de clorofila en comparación con Atlas 105. Sin embargo, a densidades más altas, en ambos híbridos muestran valores de clorofila más bajos, debido probablemente a la mayor competencia por recursos como luz y nutrientes. Este comportamiento refleja que densidades de siembra más bajas favorecen la eficiencia fotosintética, siendo Atlas 777 más eficiente en dichas condiciones, mientras que Atlas 105 mantiene un rendimiento más estable, aunque ligeramente menor. La densidad de siembra en maíz afecta el desarrollo y rendimiento debido a la competencia por recursos, manifiestan García-López y Hernández (2023), los mismos autores refieren que densidades altas reducen la eficiencia, mientras que una densidad adecuada optimiza el crecimiento, que, además, la respuesta varía según el híbrido y las condiciones ambientales. Sin embargo, Quevedo et al., (2015) encontró que, al incrementar la densidad de siembra, la concentración de clorofila en el estado vegetativo del maíz no mostró diferencias significativas. Esto sugiere que, aunque la densidad de siembra puede no alterar directamente el contenido de clorofila, sí puede afectar en otros aspectos fisiológicos y de rendimiento. Por lo tanto, es esencial ajustar la densidad de siembra según las características específicas del híbrido y las condiciones ambientales locales para maximizar la eficiencia fotosintética y el rendimiento del cultivo (Morales, 2018).

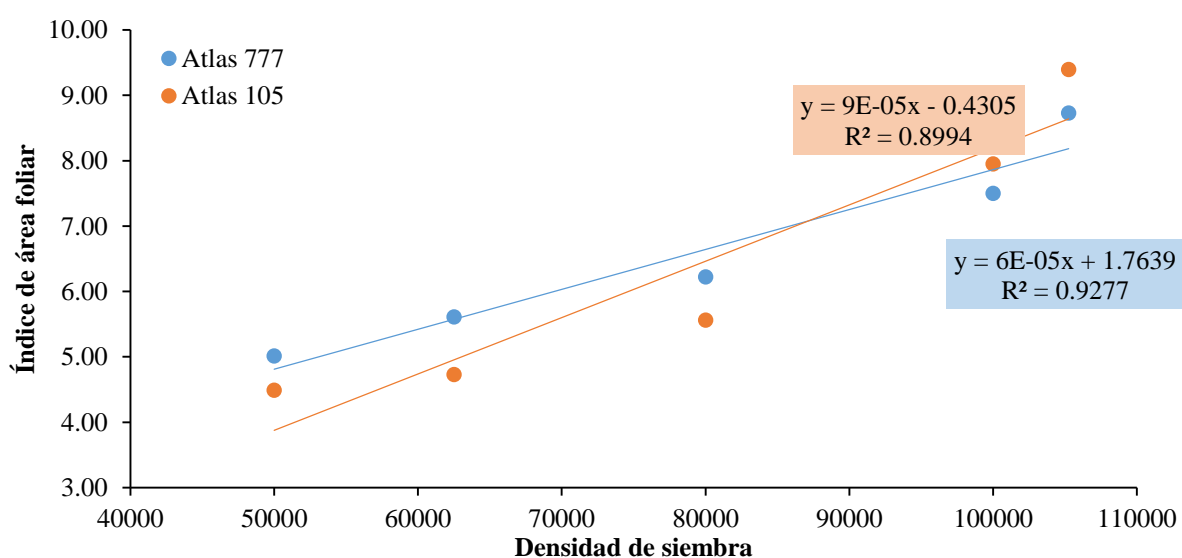


Figura 20. Regresión lineal del índice de área foliar de dos híbridos de maíz por efecto de las densidades de siembra

La Figura 20, muestra la relación lineal entre el índice de área foliar (IAF) y la densidad de siembra para los híbridos Atlas 777 y Atlas 105, indicando que ambos incrementan su IAF con mayores densidades. Las ecuaciones polinómicas de segundo grado tienen altos coeficientes de determinación ($R^2 = 0,9277$ para Atlas 777 y $R^2 = 0,8994$ para Atlas 105), reflejando un ajuste preciso. Estos resultados destacan que Atlas 777 responde mejor a altas densidades, mostrando mayor eficiencia en el uso del área foliar para capturar luz, lo que lo posiciona como el híbrido con mayor potencial productivo bajo estas condiciones

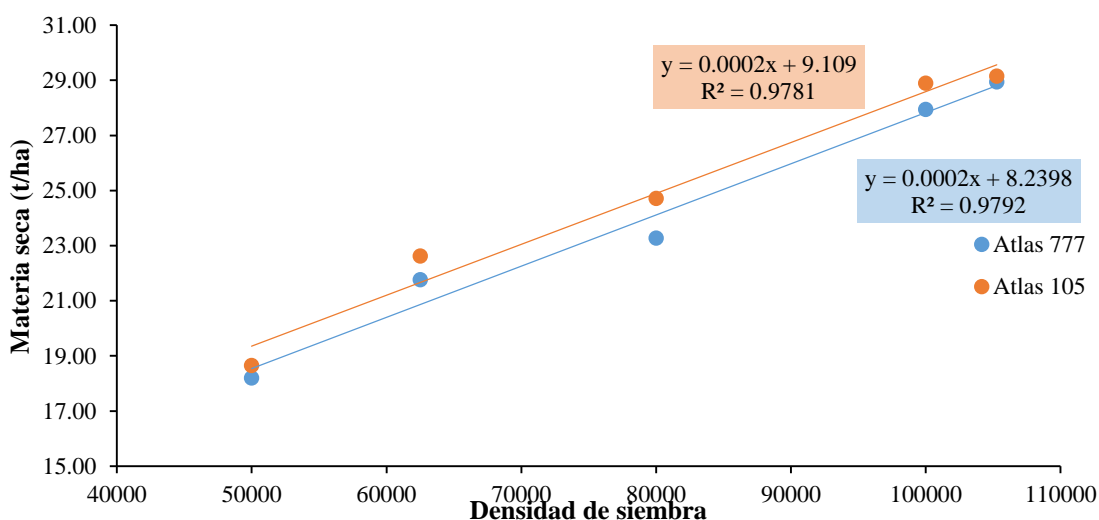


Figura 21. Regresión lineal de la materia seca de dos híbridos de maíz por efecto de las densidades en estudio

La Figura 21, muestra que la materia seca aumenta con la densidad de siembra en ambos híbridos, siendo más pronunciado en Atlas 105, que alcanza mayores valores en densidades altas. Las líneas de tendencia indican que Atlas 105 tiene una pendiente mayor, lo que refleja una mayor capacidad para acumular biomasa con incrementos en la densidad de siembra, mientras que Atlas 777 muestra un comportamiento más estable, pero con menor rendimiento en densidades altas. Estos resultados resaltan la importancia de ajustar la densidad de siembra según el híbrido, ya que Atlas 105 se adapta mejor a sistemas intensivos, maximizando la materia seca, mientras que Atlas 777 es menos eficiente en este rango. Esto coincide con estudios previos que relacionan densidades óptimas con una mayor acumulación de biomasa antes de que la competencia por recursos limite el rendimiento.

Tabla 11. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para clorofila(SPAD), índice de área foliar, materia seca (t/ha) en factor principal densidades de siembra

Clorofila (SPAD)			Densidad	IAF		Materia seca (t/ha)	
Densidad	Promedio	Agrup.		Promedio	Agrup.	Promedio	Agrup.
50 000	57,85	a	105 263	9,06	a	29,06	a
62 500	55,78	b	100 000	7,73	b	28,43	a
80 000	55,69	b	80 000	5,89	c	24,00	b
100 000	52,12	c	62 500	5,17	d	22,19	b
105 263	50,55	c	50 000	4,75	e	18,44	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La Tabla 11 de la prueba de Duncan presenta el contenido del índice de clorofila (IC), índice de área foliar (IAF) y materia seca (MS) en maíz.

El contenido de clorofila disminuye significativamente con el aumento de la densidad de siembra. La densidad más baja (50 000 plantas/ha) registró el mayor contenido de clorofila (57,85 SPAD), mientras que densidades intermedias (62 500 y 80 000 plantas/ha) presentaron valores ligeramente menores (55,78 y 55,69 SPAD). Las densidades más altas (100 000 y 105 263 plantas/ha) mostraron los valores más bajos (52,12 y 50,55 SPAD). Esto sugiere que la densidad de siembra afecta el contenido de clorofila al modificar la disponibilidad de luz, nutrientes y agua. En densidades bajas, la menor competencia permite un acceso óptimo a los recursos, favoreciendo la síntesis de clorofila; en contraste, las densidades altas generan sombreado mutuo y limitación de nutrientes como el nitrógeno, reduciendo la fotosíntesis y la producción de clorofila. Mendoza-Elos et al. (2006) también observaron una reducción en la concentración de clorofila con el aumento de la densidad de siembra, atribuida a la mayor competencia por recursos. Ajustar la densidad de siembra según las características del híbrido y las condiciones locales es esencial para maximizar la eficiencia fotosintética y el rendimiento del cultivo (Andrade et al., 2023).

En cuanto al IAF, la densidad de siembra más alta (105 263 plantas/ha) alcanzó el mayor valor (9,06), con diferencias significativas respecto a las demás densidades. La densidad de 100 000 plantas/ha ocupó el segundo lugar (7,73), mientras que densidades menores, como 80 000, 62 500 y 50 000 plantas/ha, registraron valores más bajos (5,89; 5,17 y 4,75, respectivamente). Esto demuestra una relación directa entre la densidad de siembra y el IAF, donde densidades más altas maximizan el uso del área foliar.

En cuanto a la MS, las densidades más altas (105 263 y 100 000 plantas/ha) obtuvieron los valores más elevados (29,06 y 28,43 t/ha), lo que indica que densidades mayores promueven una mayor acumulación de biomasa debido a una mayor población de plantas que

mejora la cobertura del suelo y la eficiencia en la captura de luz solar. Las densidades intermedias (80 000 y 62 500 plantas/ha) mostraron valores de MS de 24,00 y 22,19 t/ha, evidenciando resultados aceptables, pero sin maximizar la acumulación de biomasa. Por último, la densidad más baja (50 000 plantas/ha) tuvo el menor valor (18,44 t/ha), reflejando una subutilización del espacio y los recursos disponibles. Estos resultados coinciden con estudios previos que reportan que densidades altas favorecen la productividad de biomasa, aunque densidades excesivas pueden limitar el rendimiento por competencia intraespecífica (Defeng y Osca, 2010; Fabián et al., 2020).

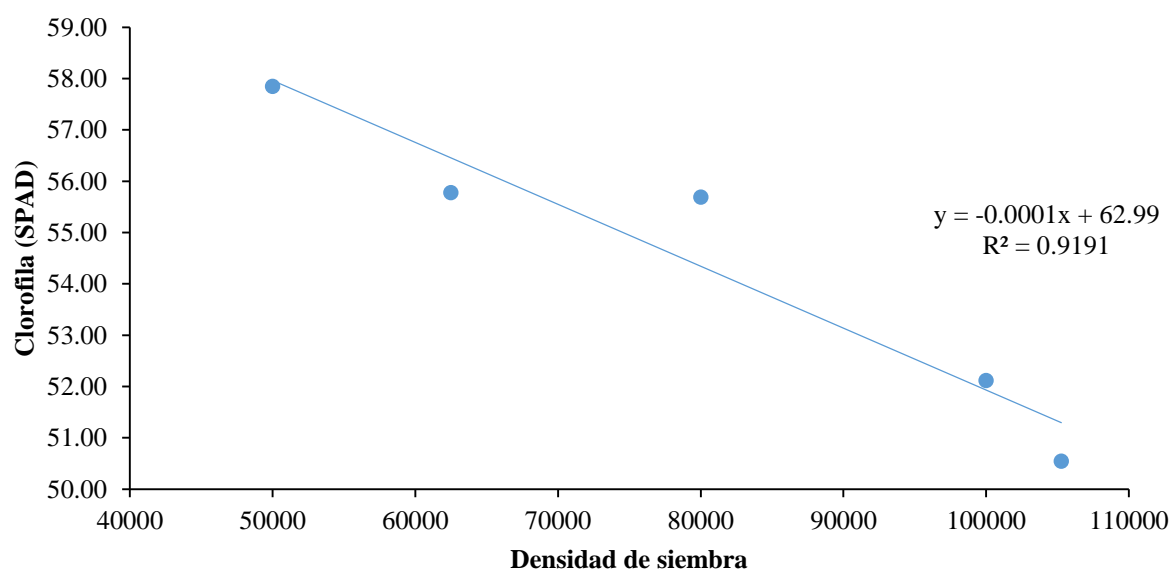


Figura 22. Regresión lineal del contenido de clorofila del cultivo de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra

La Figura 22, muestra que el contenido de clorofila en maíz disminuye significativamente con el aumento de la densidad de siembra, explicado por la ecuación $y = -0,0001x + 63,99$ con un $R^2 = 0,9191$, lo que indica que el 91,91 % de la variación está relacionada con este factor. En densidades bajas (50 000 plantas/ha), el contenido de clorofila alcanza los valores más altos, lo que refleja un acceso óptimo a recursos como luz y nutrientes. A densidades más altas, el contenido de clorofila disminuye, debido al sombreado mutuo y la competencia por nutrientes esenciales como el nitrógeno, afectando la fotosíntesis. Esto sugiere que densidades bajas favorecen un mayor contenido de clorofila, optimizando el estado fisiológico de las plantas y su rendimiento, mientras que densidades altas generan estrés competitivo que limita la eficiencia fotosintética. Mendoza-Elos et al. (2006) encontraron que densidades de 70 000 y 80 000 plantas/ha resultaron en una mayor concentración de clorofila en comparación con densidades más bajas,

sugiriendo que existe un umbral óptimo de densidad que maximiza la eficiencia fotosintética sin inducir competencia excesiva. Además, Quevedo et al. (2015) evaluaron el efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz y observaron que el contenido de clorofila no se vio afectado significativamente por las densidades poblacionales evaluadas. Sin embargo, es esencial ajustar la densidad de siembra según las características específicas del híbrido y las condiciones ambientales locales para maximizar la eficiencia fotosintética.

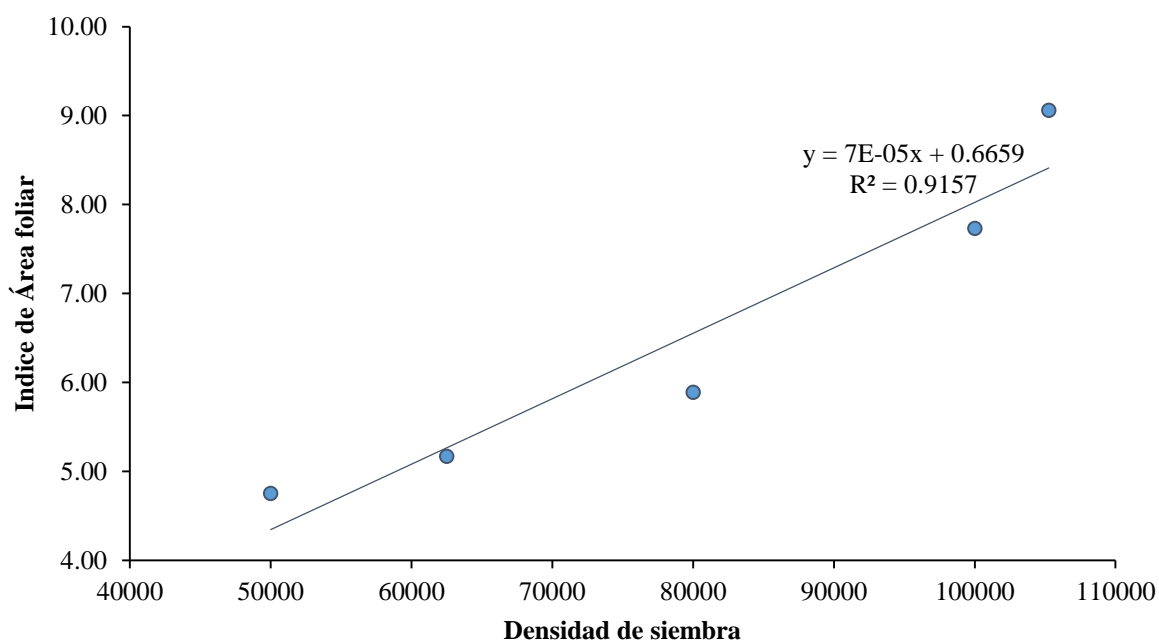


Figura 23. Regresión lineal en índice de área foliar de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra

La Figura 23, muestra una relación positiva entre la densidad de siembra y el IAF, donde densidades más altas incrementan significativamente el IAF, alcanzando el máximo valor en 105 263 plantas/ha. La tendencia cuadrática descrita por la ecuación $y = 7E-0,5x + 0,6659$ presenta un ajuste altamente significativo ($R^2 = 9157$), lo que indica que el modelo explica el 91,57 % de la variación observada en los datos. Este comportamiento sugiere que densidades mayores favorecen un mayor aprovechamiento de la radiación solar debido a una cobertura foliar más eficiente, optimizando la capacidad fotosintética. Sin embargo, el incremento del área foliar podría estabilizarse en densidades extremadamente altas debido a la competencia intraespecífica por recursos. Estos resultados destacan la importancia de ajustar la densidad de siembra para maximizar el potencial productivo del maíz. El IAF incrementa con densidades de siembra más

elevadas, reflejando una mayor capacidad del cultivo para interceptar la radiación solar y, por ende, una mayor producción de biomasa (INTAGRI, 2024). Sin embargo, es importante considerar que densidades excesivamente altas pueden llevar a una competencia intraespecífica que afecte negativamente el rendimiento final (Soto y Hernández, 2012).

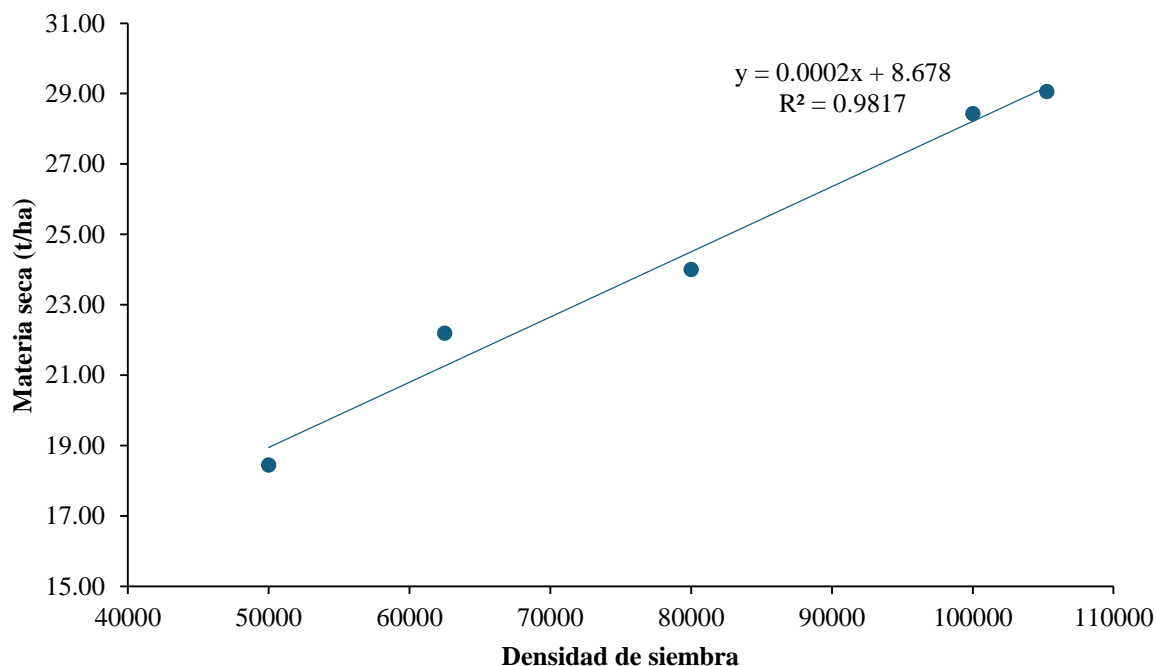


Figura 24. Regresión lineal de materia seca del cultivo de maíz por efecto del factor principal densidades de siembra

La Figura 24 muestra una relación positiva entre la densidad de siembra y la materia seca del cultivo de maíz, con una línea de tendencia ajustada que presenta un coeficiente de determinación elevado ($R^2 = 0,9817$), lo que indica que el 98,17 % de la variación en la materia seca se explica por las densidades de siembra. La ecuación de la línea de tendencia, $y=0,0002x+9,678$; refleja un incremento constante de la materia seca a medida que aumenta la densidad de siembra. Este comportamiento sugiere que las densidades más altas maximizan la acumulación de biomasa debido a una mayor cobertura del suelo y una mejor interceptación de luz solar. Sin embargo, en sistemas de manejo intensivo, es importante evaluar la competencia intraespecífica por recursos como agua y nutrientes, que podría limitar el rendimiento si las densidades son excesivas. Estos resultados coinciden con estudios que reportan una correlación directa entre la densidad de siembra y el rendimiento de biomasa hasta alcanzar un punto de saturación óptimo.

Este comportamiento sugiere que densidades más altas maximizan la acumulación de biomasa debido a una mayor cobertura del suelo y una mejor interceptación de luz solar; sin embargo, en sistemas de manejo intensivo, es importante evaluar la competencia intraespecífica por recursos como agua y nutrientes, que podría limitar el rendimiento si las densidades son excesivas. Estos resultados coinciden con estudios que reportan una correlación directa entre la densidad de siembra y el rendimiento de biomasa hasta alcanzar un punto de saturación óptimo (Elizondo y Boschini, 2001).

Tabla 12. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) para híbridos (B), para índice de área foliar

Híbrido	Índice de Área foliar	Agrup.
Atlas 777	6,61	a
Atlas 105	6,42	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La Tabla 12 muestra que el híbrido Atlas 777 alcanzó un índice de área foliar (IAF) promedio de 6,61, superando significativamente al híbrido Atlas 105, que obtuvo un promedio de 6,42 m²/ha, según la prueba de Duncan. Estas diferencias, clasificadas en los grupos "a" y "b", respectivamente, destacan el mejor desarrollo foliar de Atlas 777, lo que le permite interceptar más luz solar y optimizar la fotosíntesis de manera más eficiente. Este mayor IAF sugiere una mayor capacidad para convertir la energía solar en biomasa, un factor clave para maximizar el rendimiento del cultivo. Por otro lado, el IAF ligeramente menor de Atlas 105 podría limitar su productividad en comparación con Atlas 777 bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo. Estudios previos, como los de Tinoco et al. (2008), respaldan estas diferencias, señalando que el IAF varía entre híbridos de maíz debido a factores genéticos y ambientales. Asimismo, se ha comprobado que un mayor IAF está directamente relacionado con un aumento en la acumulación de biomasa y en el rendimiento final del cultivo (INTAGRI, 2024).

Tabla 13. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del efecto simple entre la interacción *A en B* (densidades de siembra x híbridos de maíz) en índice de área foliar.

Variedades	Densidad	Índice de área foliar	Agrup.
Atlas 105	105263	9,40	a
	100000	7,95	b
	80000	5,56	c
	62500	4,73	d
	50000	4,48	d
Atlas 777	105263	8,73	a
	100000	7,50	b
	80000	6,22	c
	62500	5,61	d
	50000	5,02	e

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

Los resultados de la prueba de Duncan (Tabla 13) muestran que el índice de área foliar (IAF) es significativamente mayor en densidades altas (105 263 plantas/ha) para ambos híbridos, siendo Atlas 105 el más eficiente con un IAF de 9,40, seguido por Atlas 777 con 8,73. A medida que la densidad disminuye, el IAF también se reduce, alcanzando los valores más bajos en 50 000 plantas/ha, con 4,48 en Atlas 105 y 5,02 en Atlas 777. Esto refleja que las densidades altas favorecen una mayor cobertura foliar, aunque incrementan la competencia por recursos. Atlas 105 destaca en densidades altas, mientras que Atlas 777 muestra mayor estabilidad en densidades intermedias (62 500 y 80 000 plantas/ha), lo que sugiere diferencias genéticas en la adaptabilidad y eficiencia en la captación de luz. Estos resultados destacan la importancia de ajustar la densidad de siembra según las características del híbrido y los objetivos de producción. Estudio realizado en México evaluó diferentes densidades de siembra en híbridos de maíz y encontró que la densidad de 83 333 plantas/ha produjo un IAF superior (3,4) en comparación con densidades de 62 500 plantas/ha (2,6) y 50,000 plantas/ha (2,3) (Sánchez-Hernández et al., 2011). Este incremento en el IAF con mayores densidades se atribuye a una mayor cobertura foliar y, por ende, a una mayor capacidad de interceptación de luz, lo que puede mejorar la fotosíntesis y el rendimiento del cultivo (Di Casa et al., 2007). Sin embargo, es importante considerar que densidades excesivamente altas pueden llevar a una competencia intraespecífica por recursos como agua y nutrientes, lo que podría afectar negativamente el desarrollo y rendimiento de las plantas (Defeng y Osca, 2010). Por lo tanto, es fundamental determinar la densidad de siembra óptima para cada híbrido y condiciones específicas de cultivo, equilibrando la maximización del IAF y la eficiencia en el uso de recursos (Salazar, 2023).

Tabla 14. Prueba de Duncan ($\alpha \leq 0,05$) del efecto simple entre la interacción *B en A* (híbridos de maíz x densidades de siembra) en índice de área foliar.

Densidad	Variedades	Índice de área foliar	Agrup.
50000	Atlas 777	5,01	a
	Atlas 105	4,49	a
62500	Atlas 777	5,61	a
	Atlas 105	4,73	b
80000	Atlas 777	6,22	a
	Atlas 105	5,56	b
100000	Atlas 105	7,95	a
	Atlas 777	7,50	b
105263	Atlas 105	9,40	a
	Atlas 777	8,73	a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

Los resultados de la prueba de Duncan (Tabla 14) muestran que el índice de área foliar (IAF) varía significativamente entre híbridos y densidades de siembra, destacando que en densidades bajas (50 000 plantas/ha), no hay diferencias significativas entre Atlas 777 (5,01) y Atlas 105 (4,49). Sin embargo, en densidades intermedias (62 500 y 80 000 plantas/ha), Atlas 777 alcanza un mayor IAF (5,61 y 6,22) en comparación con Atlas 105 (4,73 y 5,56), mientras que en densidades más altas (100 000 y 105 263 plantas/ha), Atlas 105 sobresale con los valores más altos de IAF (9,40 y 7,95), superando a Atlas 777 (8,73 y 7,50). Estos resultados sugieren que Atlas 105 es más eficiente en densidades altas debido a su capacidad genética para maximizar la cobertura foliar bajo alta competencia, mientras que Atlas 777 presenta un desempeño más estable en densidades bajas e intermedias. es fundamental determinar la densidad de siembra óptima para cada híbrido y condiciones específicas de cultivo, equilibrando la maximización del IAF y la eficiencia en el uso de recursos (Tinoco et al., 2008; Sánchez-Hernández et al., 2011).

La Figura 25, muestra que el índice de área foliar (IAF) aumenta con la densidad de siembra en ambos híbridos, aunque presentan comportamientos diferenciados. Atlas 777 destaca en densidades bajas (50 000 plantas/ha), mostrando un mayor IAF que Atlas 105, lo que sugiere una mejor eficiencia en condiciones de menor competencia. Sin embargo, a partir de densidades intermedias (80 000 plantas/ha) y altas, Atlas 105 sobresale, alcanzando el valor más alto de IAF (105 263 plantas/ha), evidenciando su mayor adaptabilidad a sistemas de siembra intensiva. Esta interacción entre híbridos y densidades subraya la importancia de seleccionar el híbrido según el sistema de manejo: Atlas 105 para altas densidades, optimizando la cobertura foliar, y Atlas 777 para sistemas menos densos, con menor competencia. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que

reportan cómo las características genéticas y la arquitectura foliar determinan la respuesta a la densidad de siembra y su efecto en el rendimiento del cultivo.

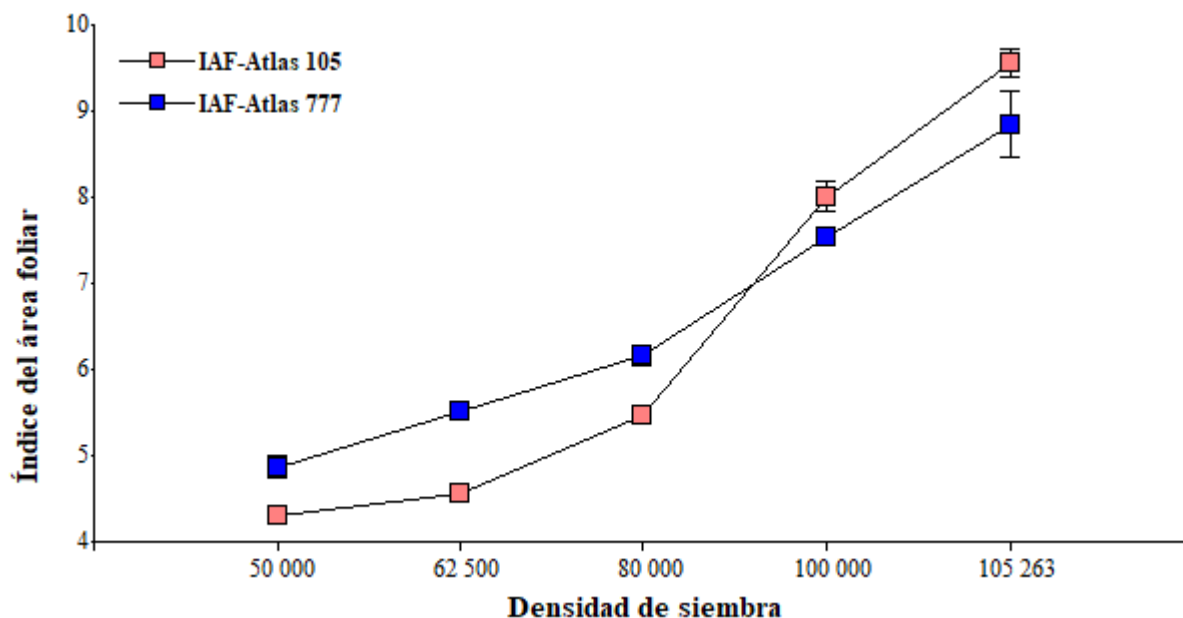


Figura 25. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz

El aumento en el IAF (Figura 25) con densidades más elevadas se explica por una mayor cobertura foliar, lo que incrementa la capacidad de captación de luz solar y, a su vez, favorece la fotosíntesis y el rendimiento del cultivo (Sánchez-Hernández et al., 2011). Densidades altas pueden generar una competencia intensa entre las plantas por recursos esenciales como agua y nutrientes, afectando negativamente su desarrollo y productividad (Tinoco et al., 2008). Es crucial establecer una densidad de siembra adecuada para cada híbrido y condiciones específicas de cultivo, con el objetivo de optimizar tanto el IAF como la utilización eficiente de los recursos disponibles (Quevedo et al., 2015).

Los resultados de la Figura 26, indican que el Índice de Área Foliar (IAF) aumenta con la densidad de siembra en ambos híbridos de maíz, Atlas 105 y Atlas 777, aunque con diferencias en su respuesta. Atlas 777 muestra un mayor IAF en densidades bajas (50 000 plantas/ha), lo que sugiere una mejor adaptación a condiciones de menor competencia. En contraste, Atlas 105 alcanza su máximo IAF en densidades altas (105 263 plantas/ha), evidenciando una mayor eficiencia en la captura de luz solar bajo alta competencia intraespecífica. Estos hallazgos coinciden con estudios previos que reportan incrementos en el IAF con mayores densidades de siembra, aunque advierten sobre la posible competencia por recursos en densidades excesivas (Sánchez-Hernández et al., 2011).

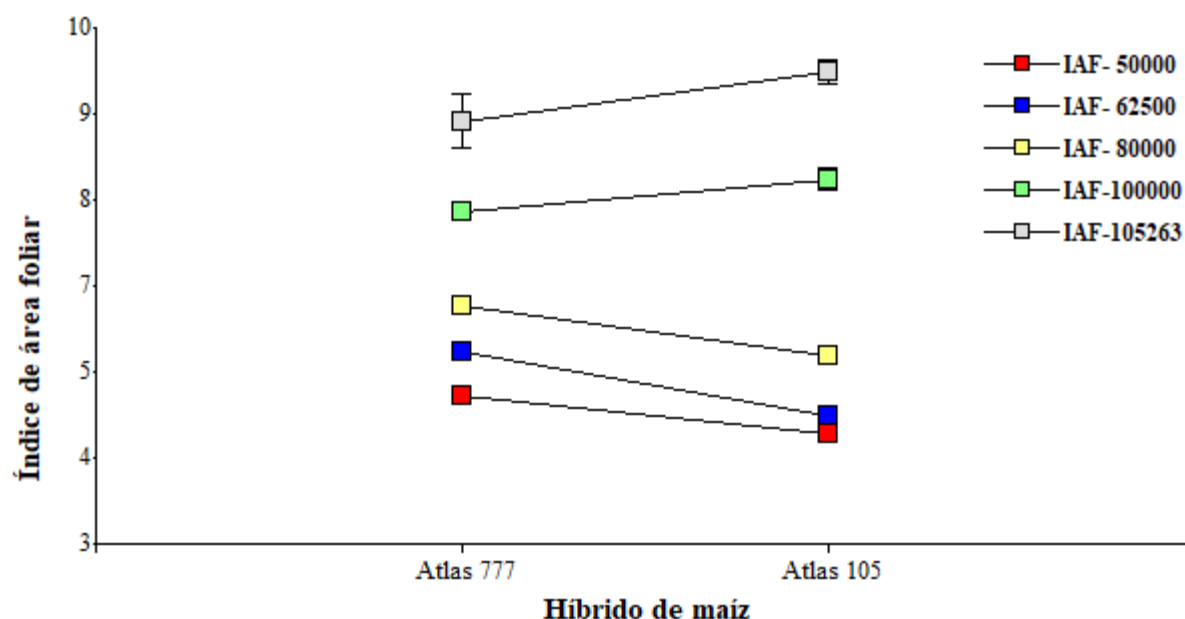


Figura 26. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra.

Diferentes híbridos de maíz presentan variaciones significativas en el índice de área foliar (IAF) (Figura 26), lo que influye en su capacidad fotosintética y, por ende, en el rendimiento del cultivo. Estudios han demostrado que estas diferencias en el IAF están asociadas a la arquitectura foliar y la eficiencia en la intercepción de luz solar de cada híbrido. Morales (2018) refiere que ciertos híbridos alcanzan mayores alturas de planta y longitudes de mazorca, lo que podría correlacionarse con un mayor IAF y, consecuentemente, con un incremento en el rendimiento de grano. Aguilar (2010) reporta que híbridos con mayor precocidad en la floración femenina tienden a tener una mejor distribución foliar, optimizando el IAF y favoreciendo el desarrollo del cultivo. Estos hallazgos resaltan la importancia de seleccionar híbridos con características morfológicas que maximicen el IAF, adaptándose a las condiciones específicas de cada región para mejorar la productividad del maíz.

4.3. Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras, número de grano por hilera por mazorca y peso de cien semillas

El análisis de varianza (Tabla 15) muestra que el tratamiento y la densidad tienen efectos significativos en todas las variables evaluadas, siendo especialmente relevantes para la longitud y diámetro de mazorca, número de granos por hilera y peso de cien semillas. El híbrido influye significativamente en el número de hileras por mazorca y granos por hilera, pero no en la longitud de mazorcas, en el diámetro de mazorca ni en el peso de cien semillas. Además, se observa una interacción significativa entre densidad e híbrido en la longitud de mazorca, número de hileras

por mazorca y número de granos por hilera, indicando que el comportamiento de estas variables depende de la combinación de ambos factores. Los valores de CV bajos y un R^2 elevado ($\geq 0,68$) confirman la precisión del experimento y la adecuada explicación de la variabilidad por el modelo.

Para la longitud de mazorca (Tabla 15), muestra que el tratamiento T_6 (Atlas 105 con 50 000 plantas/ha) alcanzó la mayor longitud promedio (20,80 cm), seguido por los tratamientos T_1 (Atlas 777 con 50 000 plantas/ha) y T_7 (Atlas 105 con 62 500 plantas/ha), estos tres tratamientos son iguales estadísticamente y diferentes a los demás tratamientos, lo que sugiere que ambos híbridos presentan un desempeño óptimo bajo estas condiciones de densidad y espaciamiento; las medidas intermedias de longitud de mazorca corresponde a los tratamientos T_5 (Atlas 777 con 105 263 plantas/ha), T_2 (Atlas 777 con 62 500 plantas/ha), T_3 (Atlas 777 con 80 000 plantas/ha) y T_8 (Atlas 105 con 80 000 plantas/ha) con medidas de 19,18 hasta 9,63 cm; mientras que los tratamientos con la menor longitud de mazorca son T_{10} (Atlas 105 con 105 263 plantas/ha), T_4 (Atlas 777 con 100 000 plantas/ha) y T_9 (Atlas 105 con 100 000 plantas/ha).

En el diámetro de mazorca (Tabla 15) el tratamiento T_6 (Atlas 105 con 50 000 plantas/ha) y T_1 (Atlas 777 con 50 000 plantas/ha) también destacan con los valores más altos (8,87 cm respectivamente), seguido de los tratamientos T_7 , T_2 , T_3 , T_5 , con valores intermedios de 8,75 hasta 8,57 mm y los tratamientos con menor diámetro de mazorca fueron T_8 , T_{10} , T_9 y T_4 los cuales obtuvieron valores de 8,54 hasta 8,42 mm.

Para el número de hileras por mazorca (Tabla 15), destaca el tratamiento T_4 (Atlas 777 con 100 000 plantas/ha) con 16,40 hileras por mazorca en promedio, los tratamientos con número de hileras intermedios fueron T_3 al T_{10} con hileras de 16,20 hasta 14,75 hilera/mazorca en promedio y el menor número de hileras/mazorca se determinó en el tratamiento T_9 , (Atlas 105 con 100 000 plantas/ha).

En cuanto al número de granos por hilera (Tabla 15), se destaca el tratamiento T_1 (Atlas 777 con 50 000 plantas/ha), que obtuvo el mayor número de granos por hilera, con un promedio de 42,75; los valores intermedios corresponden a los tratamientos T_6 hasta T_9 , con promedios que oscilan entre 42,35 y 39,10 granos por hilera; por otro lado, el tratamiento T_{10} (Atlas 105 con 105 263 plantas/ha) presentó el menor número de granos por hilera, con un promedio de 38,20.

Tabla 15. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) para longitud de mazorca, diámetro de mazorcas, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera y peso de cien semillas

Fuente de variación	GL	Longitud de mazorcas			Diámetro de mazorcas			N° de hileras			N° granos/hilera			Peso de cien semillas		
		CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor	CM	F	p-valor
Bloque	3	0,63 ^S	4,69	0,0093	0,05 ^{NS}	3,15	0,0412	0,46 ^{NS}	1,67	0,1969	0,10	0,20	0,8973	0,14	0,34	0,7994
Tratamiento	9	3,04 ^{AS}	22,62	<0,0001	0,08 ^S	5,48	0,0003	1,81 ^{AS}	6,64	0,0001	8,46	16,32	<0,0001	6,50	16,03	<0,0001
Densidad (A)	4	5,89 ^{AS}	43,79	<0,0001	0,16 ^{AS}	10,97	<0,0001	0,11 ^{NS}	0,38	0,8203	15,34	29,58	<0,0001	14,18	34,96	<0,0001
Hibrido (B)	1	0,20 ^{NS}	1,49	0,2299	0,02 ^{NS}	1,35	0,2497	12,1 ^{AS}	44,33	<0,0001	9,02	17,40	0,0003	1,12	2,76	0,1078
A x B	4	0,91 ^S	6,73	0,0007	0,02 ^{NS}	1,01	0,4109	0,95 ^S	3,48	0,0204	1,45	2,79	0,0466	0,17	0,41	0,8025
Error experimental	27	0,13			0,01			0,27			0,52			0,41		
Total	39															
CV % :		1,88			1,42			3,40			1,78			1,79		

Tabla 16. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para longitud de mazorca, diámetro de mazorcas, número de hileras/mazorca, número de granos/hilera y peso de cien semillas de los tratamientos en estudio

Trat.	Longitud mazorcas	Agrup.	Trat.	Diámetro mazorcas	Agrup.	Trat.	Número hileras	Agrup.	Trat.	Número granos/hileras	Agrup.	Trat.	Peso de cien semillas	Agrup.
T ₆	20,80	a	T ₆	8,87	a	T ₄	16,40	a	T ₁	42,75	a	T ₆	37,75	a
T ₁	20,55	a	T ₁	8,78	a	T ₃	16,20	a b	T ₆	42,35	a b	T ₁	37,00	a b
T ₇	20,34	a	T ₇	8,75	a b	T ₅	15,95	a b	T ₂	41,35	b c	T ₇	36,35	b
T ₅	19,63	b	T ₂	8,59	b c	T ₁	15,55	b c	T ₃	40,70	c	T ₂	36,25	b
T ₂	19,58	b	T ₃	8,58	b c	T ₂	15,45	b c	T ₇	40,65	c	T ₈	35,33	c
T ₃	19,33	b c	T ₅	8,57	b c	T ₆	15,05	c d	T ₅	40,50	c d	T ₃	35,25	c d
T ₈	19,18	b c	T ₈	8,54	c	T ₇	15,05	c d	T ₈	39,50	d e	T ₉	34,75	c d e
T ₁₀	18,80	c	T ₁₀	8,52	c	T ₈	14,90	c d	T ₄	39,25	e f	T ₁₀	34,25	d e
T ₄	18,78	c	T ₉	8,48	c	T ₁₀	14,75	c d	T ₉	39,10	e f	T ₄	34,25	d e
T ₉	18,03	d	T ₄	8,42	c	T ₉	14,30	d	T ₁₀	38,20	f	T ₅	34,00	e

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

T₁ = Atlas 777 (50 000 plantas/ha) 0,80 x 0,50 m (2 plantas/golpe)
 T₂ = Atlas 777 (62 500 plantas/ha) 0,80 x 0,40 m (2 plantas/golpe)
 T₃ = Atlas 777 (80 000 plantas/ha) 1,00 x 0,25 m (2 plantas/golpe)
 T₄ = Atlas 777 (100 000 plantas/ha) 0,80 x 0,25 m (2 plantas/golpe)
 T₅ = Atlas 777 (105 263 plantas/ha) 0,80 x 0,20 x 0,15 m (1 plantas/golpe)

T₆ = Atlas 105 (50 000 plantas/ha) 0,80 x 0,50 m (2 plantas/golpe)
 T₇ = Atlas 105 (62 500 plantas/ha) 0,80 x 0,40 m (2 plantas/golpe)
 T₈ = Atlas 105 (80 000 plantas/ha) 1,00 x 0,25 m (2 plantas/golpe)
 T₉ = Atlas 105 (100 000 plantas/ha) 0,80 x 0,25 m (2 plantas/golpe)
 T₁₀ = Atlas 105 (105 263 plantas/ha) 0,80 x 0,20 x 0,15 m (1 plantas/golpe)

Para el peso de cien semillas (Tabla 16), el tratamiento T₆ obtuvo el mayor valor, con 37,75 g. Los tratamientos T₁ hasta T₄ presentaron pesos intermedios, que oscilan entre 37,00 y 34,25 g. Por otro lado, el tratamiento con el menor peso de semillas fue T₅ (Atlas 777 con 105 263 plantas/ha), con un promedio de 34,00 g.

Estos resultados destacan que el tratamiento T₆, con una densidad de 50,000 plantas/ha y mayor espaciamiento, logró mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas, indicando que la combinación adecuada de densidad y disposición espacial tiene un impacto directo en la calidad de las mazorcas.

En términos generales, se ha reportado que densidades bajas de plantas permiten un mayor acceso a recursos como luz, agua y nutrientes, lo que mejora el crecimiento de las mazorcas y aumenta el tamaño de los granos. Según Manrique (1997), el maíz tiene una alta capacidad de adaptación a diferentes densidades, pero su rendimiento puede ser afectado negativamente si la densidad es excesiva debido a la competencia entre plantas. Este balance óptimo se refleja en nuestro estudio, donde los tratamientos con 50 000 plantas/ha mostraron mejores resultados tanto en la longitud de mazorcas, diámetro de mazorca y peso de cien semillas.

Por otro lado, estudios en maíz morado resaltan que prácticas de manejo como el espaciamiento adecuado y la densidad de siembra también son críticas para obtener un buen rendimiento y calidad del grano. Esto se debe a que estas prácticas optimizan el aprovechamiento de los factores ambientales y fisiológicos del cultivo, lo cual impacta positivamente en el número de hileras y granos por mazorca, así como en el peso de las semillas (Quevedo et al., 2015). Asimismo, la diversidad genética de los híbridos Atlas 777 y Atlas 105 podría explicar diferencias en el desempeño bajo las mismas condiciones. Por ejemplo, investigaciones sobre variedades de maíz señalan que algunas genéticas son más eficientes en la conversión de recursos en biomasa, lo que podría traducirse en mazorcas más grandes y pesadas (Pedraza et al., 2017). Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar la densidad y el híbrido apropiados para maximizar la productividad y la calidad del cultivo de maíz, reafirmando el impacto de estos factores en el rendimiento agronómico.

La Figura 27 muestra las líneas de tendencia para la longitud de mazorcas de los híbridos Atlas 777 y Atlas 105 en función de la densidad de siembra, evidenciando una disminución de la longitud conforme aumenta la densidad. Atlas 777 presenta una ecuación con $R^2 = 0,8100$, indicando un ajuste aceptable, mientras que Atlas 105 tiene un mejor ajuste ($R^2 = 0,9081$), lo que sugiere una relación más consistente entre las variables. A bajas densidades, ambos híbridos muestran longitudes similares, pero a altas densidades, el híbrido Atlas 105 mantiene mazorcas más largas. Estos resultados sugieren que Atlas 105 es más adecuado para siembras densas, mientras que Atlas

777 puede rendir mejor en densidades bajas o moderadas, lo que tiene implicaciones clave en la planificación del manejo agronómico para maximizar el rendimiento. Una investigación sobre el híbrido AZ-60 evidenció que altas densidades de siembra disminuyen el diámetro del tallo y la longitud de la mazorca, afectando negativamente el rendimiento (García-López y Hernández, 2023). Asimismo, un estudio realizado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva reportó que densidades de siembra de 78 432 plantas/ha redujeron la longitud de mazorca en comparación con densidades menores (Morales, 2018). La variabilidad en la respuesta entre los híbridos Atlas 777 y Atlas 105 también es consistente con investigaciones que señalan diferencias genotípicas en la tolerancia a altas densidades; el híbrido Atlas 105 mostró una mayor longitud de mazorca en densidades elevadas, lo que sugiere una mejor adaptación a condiciones de alta competencia (Salazar et al., 2023)

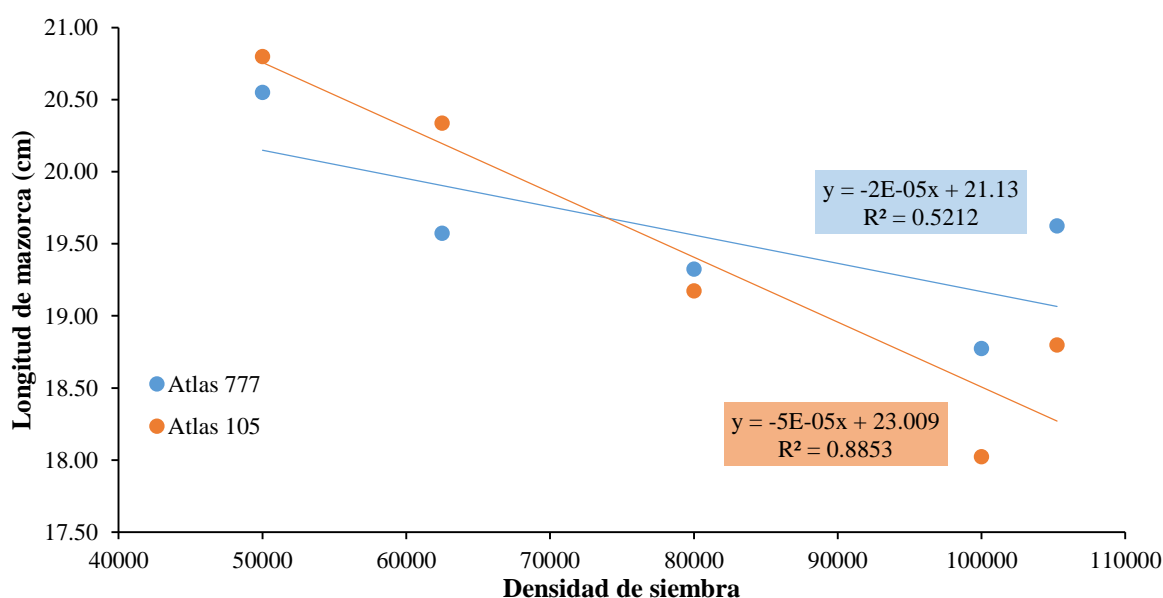


Figura 27. Regresión lineal de la longitud de mazorca de dos híbridos de maíz por efecto de densidad de siembra

La Figura 27 muestra que el diámetro de mazorca disminuye con el aumento de la densidad de siembra en los híbridos Atlas 777 y Atlas 105, con una tendencia más consistente en Atlas 105 ($R^2 = 0,8853$) que en Atlas 777 ($R^2 = 0,5212$). Esto sugiere que Atlas 105 es más tolerante a la competencia en densidades altas, manteniendo diámetros mayores en comparación con Atlas 777, lo que podría estar relacionado con diferencias genotípicas. Este comportamiento coincide con investigaciones previas que reportan que mayores densidades de siembra incrementan la competencia por recursos, reduciendo el desarrollo de mazorcas (Valencia et al., 2021). Además, estudios en

híbridos comerciales han señalado que ciertas variedades, como Atlas 105, poseen mayor eficiencia en el uso de luz y nutrientes, permitiendo mantener un desarrollo adecuado bajo condiciones de estrés por densidad (González et al., 2020). Estos resultados destacan la importancia de seleccionar híbridos tolerantes a altas densidades para maximizar el rendimiento en sistemas intensivos. Una investigación, realizado en Costa Rica, encontró que al aumentar la densidad de siembra de 90 000 a 150 000 plantas/ha, se observó una reducción el tamaño de mazorcas, lo que impactó el rendimiento final del cultivo (García-López y Hernández, 2023). Asimismo, un estudio en el Perú reportó que densidades de siembra de 78 432 plantas/ha disminuyeron el diámetro de las mazorcas en comparación con densidades menores (Santa Cruz, 2023). Estos resultados subrayan la importancia de seleccionar híbridos con alta eficiencia en el uso de recursos y tolerancia al estrés por densidad para optimizar el rendimiento en sistemas de cultivo intensivos.

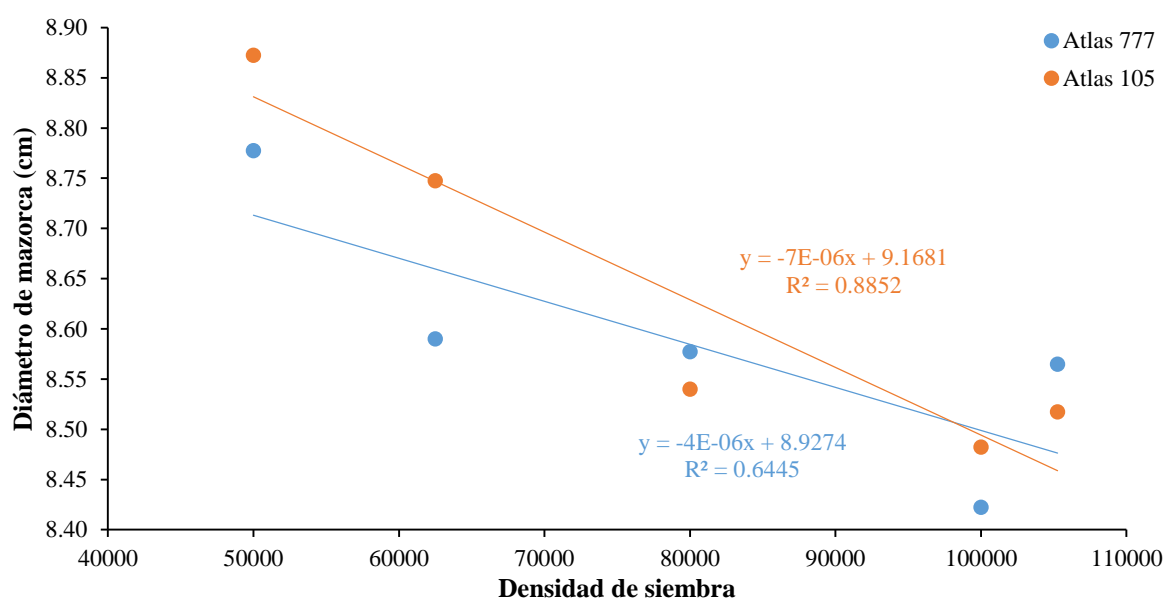


Figura 28. Regresión lineal del diámetro de mazorca de dos híbrido de maíz por efecto de densidad de siembra

La Figura 28 muestra las líneas de tendencia del número de hileras por mazorca de los híbridos Atlas 777 y Atlas 105 en función de cinco densidades de siembra, destacando comportamientos contrastantes. Atlas 777 presenta un aumento moderado en el número de hileras conforme incrementa la densidad, mientras que Atlas 105 muestra una ligera disminución al aumentar la densidad, reflejando mayor sensibilidad a la competencia por recursos. Estos resultados coinciden con estudios que reportan que altas densidades de siembra pueden reducir el número de hileras debido a la competencia (Valencia et al., 2021; González et al., 2020), destacando la

importancia de seleccionar el híbrido según la densidad planificada, siendo Atlas 777 más eficiente que Atlas 105 lo cual es importante tener en cuenta el tipo de híbrido y las condiciones agronómicas y ambientales. Estos resultados coinciden con estudios que señalan que altas densidades de siembra pueden reducir el número de hileras debido a la competencia por luz y nutrientes (García-López y Hernández, 2023). La variabilidad en la respuesta entre híbridos resalta la importancia de seleccionar adecuadamente el tipo de híbrido según las condiciones agronómicas y ambientales, ya que factores genéticos influyen en la tolerancia a diferentes densidades de siembra (Cuenca, 2019). Por lo tanto, Atlas 777 podría ser más eficiente en condiciones de alta densidad, mientras que Atlas 105 podría requerir densidades más bajas para optimizar su rendimiento.

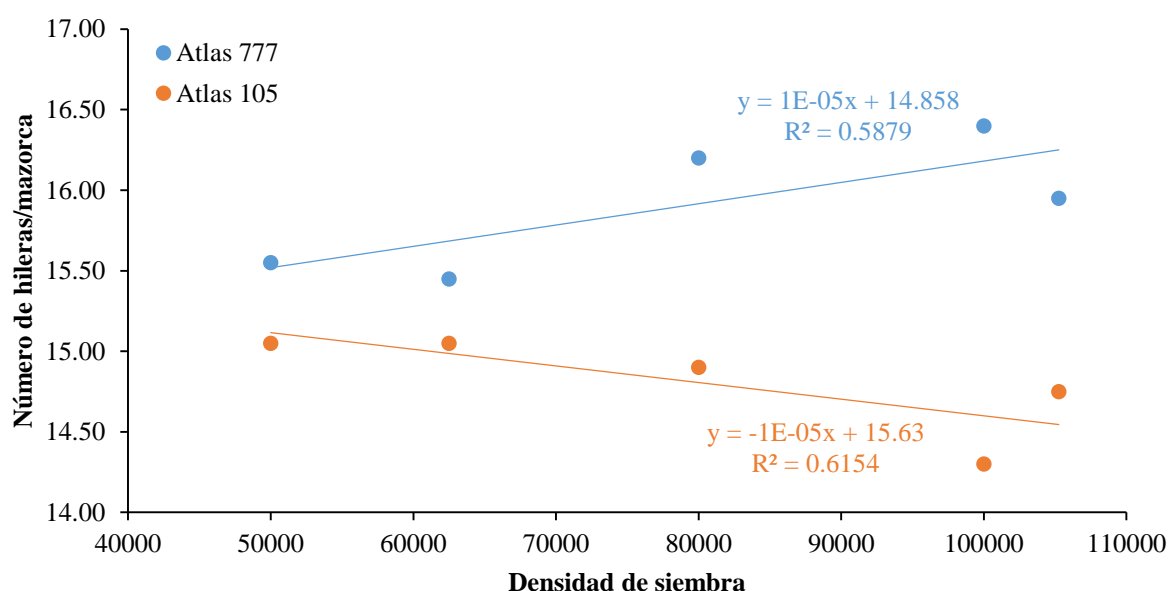


Figura 29. Regresión lineal del número de hileras de mazorca de dos híbridos de maíz por efecto de densidad de siembra

La Figura 29 muestra las líneas de tendencia del número de hileras por mazorca de los híbridos Atlas 777 y Atlas 105 en función de cinco densidades de siembra, destacando comportamientos contrastantes. Atlas 777 presenta un aumento moderado en el número de hileras conforme incrementa la densidad, mientras que Atlas 105 muestra una ligera disminución al aumentar la densidad, reflejando mayor sensibilidad a la competencia por recursos. Estos resultados coinciden con estudios que reportan que altas densidades de siembra pueden reducir el número de hileras debido a la competencia (Valencia et al., 2021; González et al., 2020), destacando la importancia de seleccionar el híbrido según la densidad planificada, siendo Atlas 777 más eficiente que Atlas 105 en condiciones de alta densidad. Es crucial considerar el tipo de híbrido y las

condiciones agronómicas y ambientales para optimizar el rendimiento del cultivo. Estos resultados coinciden con estudios que señalan que altas densidades de siembra pueden reducir el número de hileras debido a la competencia por luz y nutrientes (García-López y Hernández, 2023). La variabilidad en la respuesta entre híbridos resalta la importancia de seleccionar adecuadamente el tipo de híbrido según las condiciones agronómicas y ambientales, ya que factores genéticos influyen en la tolerancia a diferentes densidades de siembra (Morales, 2018). Por lo tanto, Atlas 777 podría ser más eficiente en condiciones de alta densidad, mientras que Atlas 105 podría requerir densidades más bajas para optimizar su rendimiento.

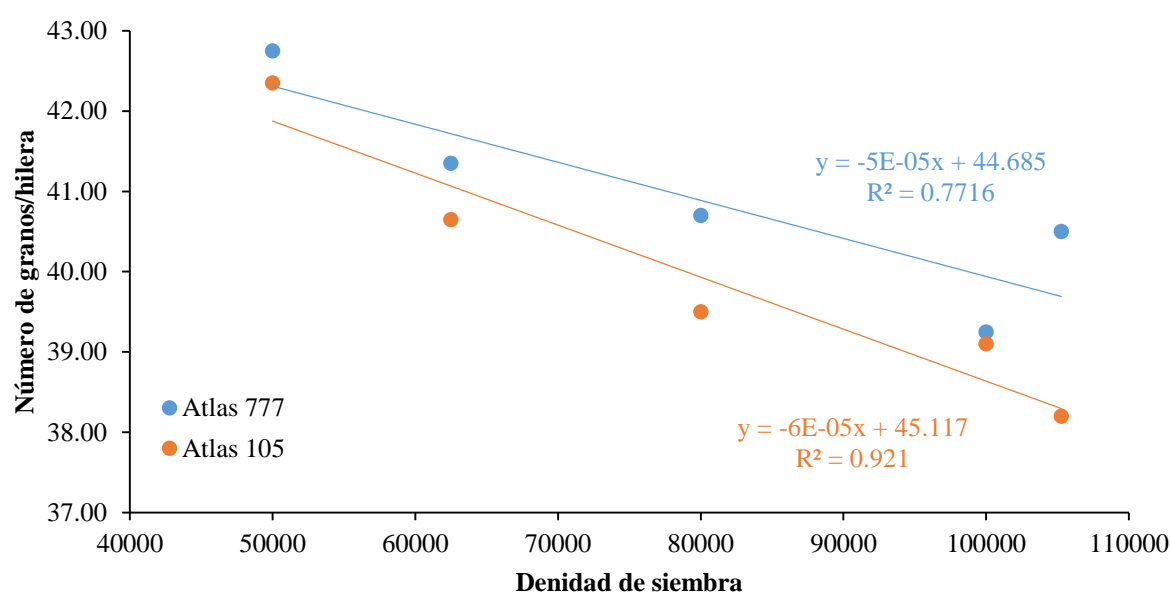


Figura 30. Regresión lineal del número de hileras de mazorca de dos híbridos de maíz por efecto de densidad de siembra.

Tabla 17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para longitud y diámetro de mazorcas, número de granos/hilera y peso de cien semillas del factor principal densidades de siembra

Densidad	Longitud	Agrup.	Diámetro	Sig.	N° de Granos	Agrup.	Densidad	Peso de Cien semillas	Agrup.
50 000	20,68	a	8,83	a	42,55	a	50 000	37,38	a
62 500	19,96	b	8,67	b	41,00	b	62 500	36,30	b
80 000	19,25	c	8,56	b c	40,10	c	80 000	35,29	c
105 263	19,21	c	8,54	b c	39,35	c d	100 000	34,50	d
100 000	18,40	d	8,45	c	39,18	d	105 263	34,13	d

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) muestra que la densidad de siembra influye significativamente en la longitud y diámetro de mazorca, número de granos/hilera y peso de cien semillas (Tabla 17). Las densidades más bajas (50 000 plantas/ha) obtuvieron los valores más altos en todas las variables evaluadas, con una longitud de mazorca de 20,68 cm, un diámetro de 8,83 mm, 42,55 granos/hilera y un peso de cien semillas de 37,38 g. En contraste, las densidades más altas (100 000 y 105 263 plantas/ha) mostraron menores resultados, con longitud de 18,40 cm, diámetro 8,45 mm número de granos/hilera de 39,18 y el peso de cien semillas de 34,13 g. Estos resultados evidencian que altas densidades incrementan la competencia intraespecífica por recursos como luz y nutrientes, afectando el desarrollo y calidad de las mazorcas.

Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que señalan que densidades óptimas (50 000 - 60 000 plantas/ha) maximizan el rendimiento y calidad del maíz (Valencia et al., 2021; González et al., 2020), resaltando la importancia de ajustar la densidad de siembra según el genotipo y las condiciones ambientales para mejorar el rendimiento. Este hallazgo es consistente con estudios previos que indican que densidades de siembra elevadas pueden aumentar la competencia por radiación solar, nutrientes y agua, reduciendo el rendimiento por planta (García-López y Hernández, 2023). Además, investigaciones han demostrado que la densidad de siembra óptima varía según el genotipo y las condiciones ambientales, siendo crucial ajustar la densidad para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo (Elizondo y Boschini, 2001). Por lo tanto, es fundamental considerar tanto el tipo de híbrido como las condiciones agronómicas y ambientales al determinar la densidad de siembra adecuada para optimizar el rendimiento del maíz (MacRobert et al., 2015; Zamudio-González et al., 2015).

La Figura 31 muestra las líneas de tendencia para cuatro parámetros de rendimiento en maíz (longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de granos por hilera y peso de cien semillas) en función de cinco densidades de siembra, evidenciando una relación negativa entre la densidad y los parámetros evaluados. Para la longitud de mazorca (Figura 30a), la mayor longitud se obtuvo a 50 000 plantas/ha, disminuyendo significativamente en 100 000 plantas/ha, con un ajuste de $R^2 = 0,7974$. En el diámetro de mazorca (Figura 30b), el valor más alto también se registró en densidades bajas, mientras que a densidades altas disminuyó el ajuste fue $R^2 = 0,835$. El número de granos/hilera (Figura 30c) presentó un comportamiento similar, disminuyendo los granos/hilera conforme incrementa la densidad de siembra con ajuste de $R^2 = 0,9219$. Finalmente, el peso de cien semillas (Figura 30d) mostró el mayor ajuste ($R^2 = 0,9813$), con mayor peso en densidad de 50 000 plantas/ha y el menor en 100 000 plantas/ha. Esto resalta la importancia de seleccionar densidades de siembra óptimas (50 000 – 60 000 plantas/ha) para maximizar la calidad en maíz.

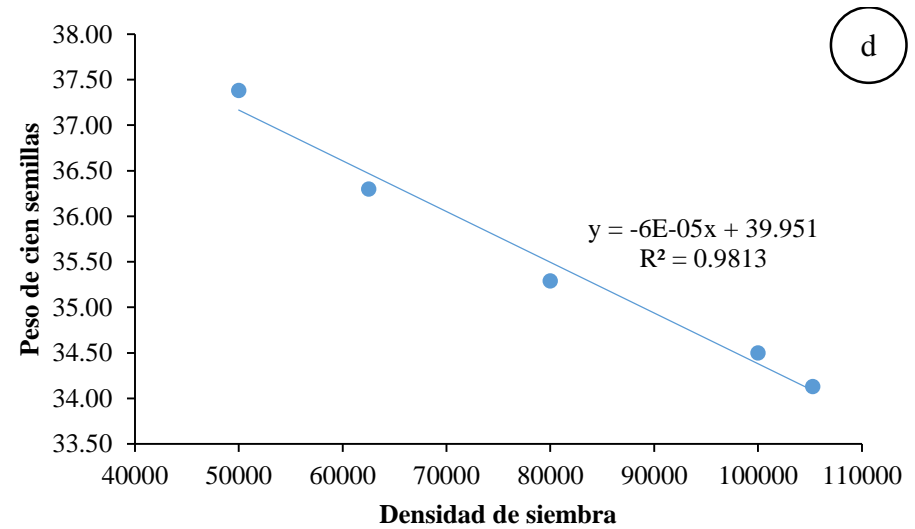
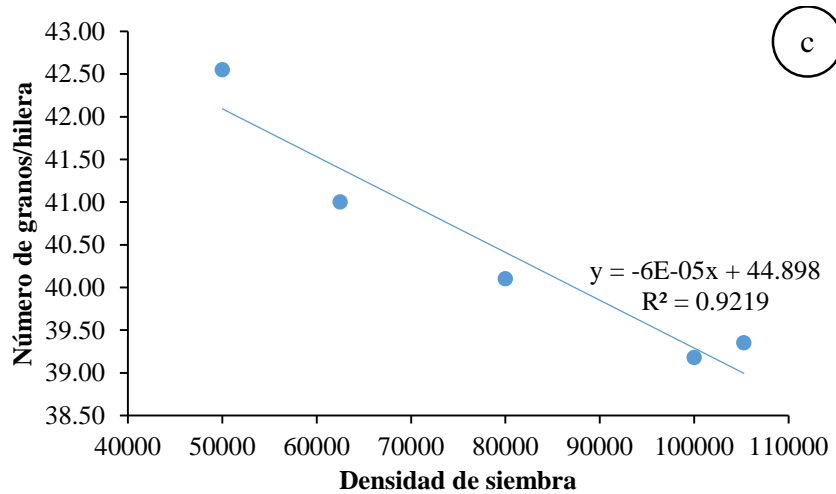
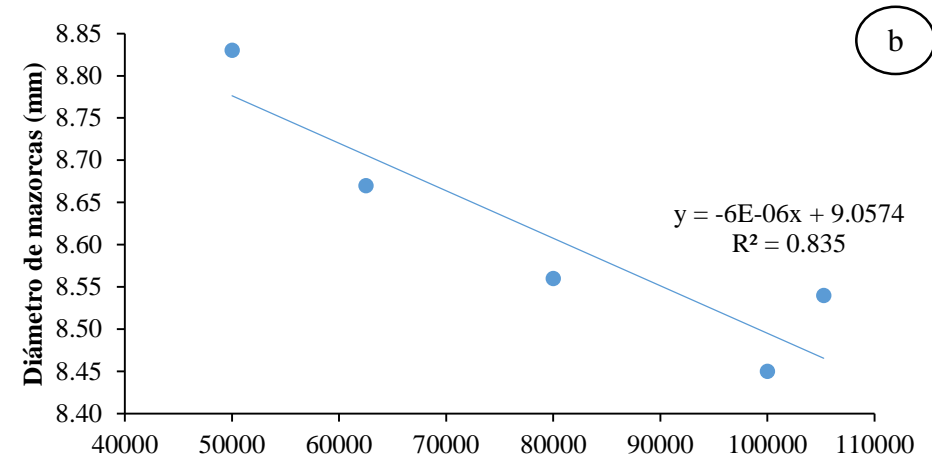
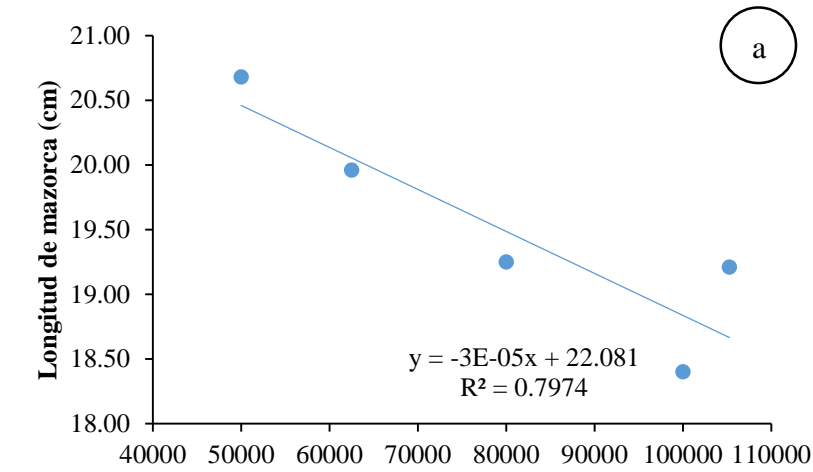


Figura 31. Regresión lineal de algunos parámetros de rendimiento: a. Longitud de mazorca, b. Diámetro d mazorca, c. Número de granos/hilera y d. Peso de cien semillas por efecto del factor principal densidades de siembra

Estudios previos que asocian densidades y híbridos como García-López y Hernández (2023) demostraron que las altas densidades de siembra incrementan la competencia intraespecífica por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que repercute negativamente en el desarrollo y rendimiento del maíz. De manera similar, Cervantes-Ortíz et al. (2013) evaluaron densidades de siembra entre 75,000 y 111,000 plantas/ha junto con la fertilización nitrogenada, concluyendo que estas condiciones influyen significativamente en el rendimiento y la calidad de las semillas híbridas de maíz. Los autores destacaron que densidades elevadas aumentan la competencia entre plantas, lo que afecta el llenado de los granos y reduce el tamaño de las mazorcas. Chumpitaz (2018) identificó que la variedad EXP-05 alcanzó los mejores resultados en longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y granos por hilera al utilizar una densidad de siembra media o baja (62 500 a 69 444 plantas/ha) combinada con un abonamiento foliar adecuado. De manera similar, Cervantes-Ortiz et al. (2014) evaluaron el efecto de la densidad de población y los genotipos de maíz, destacando que Cimarrón presentó mayor vigor inicial, mientras que Mestizo sobresalió en altura y número de hojas. Además, señalaron que la interacción densidad-genotipo ($G*DP$) influyó significativamente en el rendimiento y el número de granos por hilera, subrayando la importancia de ajustar la densidad de siembra y seleccionar genotipos adaptados para optimizar la productividad.

Tabla 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para número de hileras y número de granos/hilera del factor principal híbridos de maíz

Híbridos	Nº hileras	Agrup.	Nº de granos/hilera	Agrup.
Atlas 777	15,91	a	40,91	a
Atlas 105	14,81	b	39,96	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La Tabla 18 muestra que el híbrido Atlas 777 supera significativamente a Atlas 105 en el número de hileras/mazorca (15,91 frente a 14,81) y en el número de granos por hilera (40,91 frente a 39,96). Estas diferencias estadísticamente significativas indican que Atlas 777 tiene un mejor desempeño en términos de formación de hileras y llenado de granos, lo que lo posiciona como un híbrido más eficiente para maximizar el rendimiento en comparación con Atlas 105. El estudio de Cervantes-Ortiz et al. (2014) destacaron que la densidad de población y el genotipo son factores críticos para optimizar el rendimiento del maíz, evidenciando que *Cimarrón* presentó mayor vigor inicial y *Mestizo* sobresalió en altura y número de hojas, mientras que el número de granos por hilera estuvo significativamente influenciado por la interacción entre densidad y genotipo. Cervantes-Ortiz et al. (2014) reforzaron la relevancia de la densidad de siembra, mostrando que afecta directamente el rendimiento y la prolificidad de las mazorcas, aunque la fertilización nitrogenada tuvo un impacto

limitado en estas variables. Por otro lado, Zamudio-González et al. (2015) encontraron que el sistema de siembra tradicional de hilera sencilla permitió un mejor desempeño del híbrido AS-722 en comparación con la doble hilera, con una diferencia de 2,68 t/ha. En conjunto, estos estudios resaltan que el ajuste adecuado de la densidad de siembra, la selección del genotipo y el sistema de manejo son determinantes para maximizar el rendimiento del maíz bajo diferentes condiciones agronómicas.

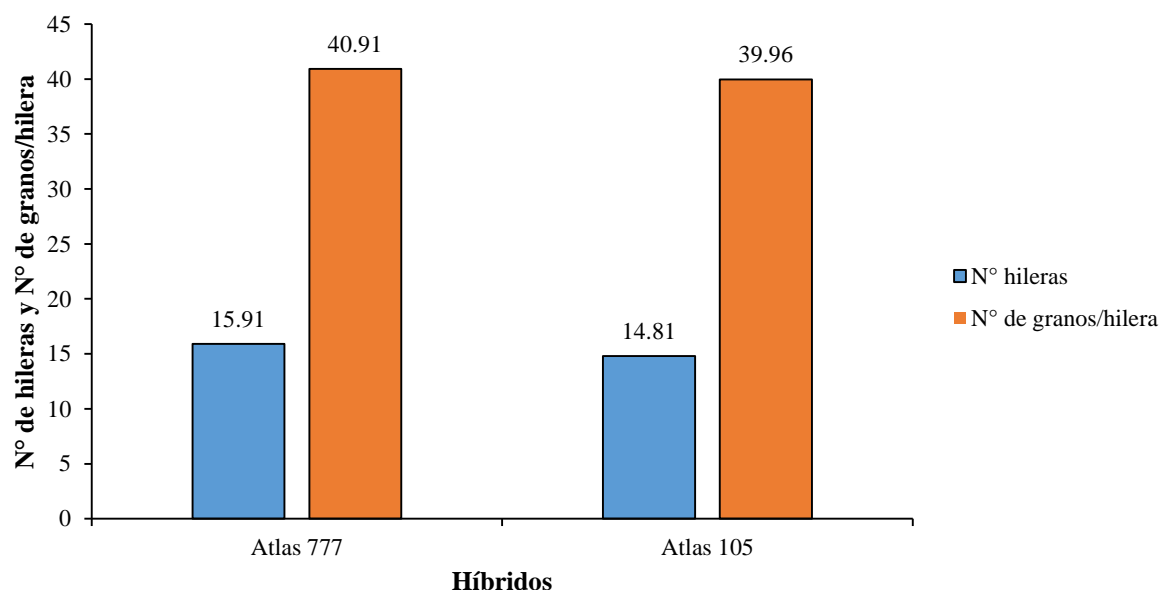


Figura 32. Número de hileras y número de granos/hileras del factor principal híbridos de maíz

La Figura 32 muestra que el híbrido Atlas 777 supera significativamente a Atlas 105 tanto en el número de hileras por mazorca (15,91 frente a 14,81) como en el número de granos por hilera (40,91 frente a 39,96); estas diferencias destacan la superioridad de Atlas 777 en características clave relacionadas con el rendimiento, indicando su mayor capacidad para maximizar el llenado de mazorcas y el potencial productivo por planta; este comportamiento puede atribuirse a diferencias genotípicas que favorecen un mejor desarrollo y eficiencia en el uso de recursos, posicionando a Atlas 777 como una opción más eficiente bajo las condiciones evaluadas. El estudio de García-López y Hernández (2023) evaluó el impacto de densidades de siembra en el rendimiento del maíz híbrido AZ-60 bajo riego por goteo, concluyendo que una densidad de 90 000 plantas/ha produjo el mayor rendimiento (7,55 t/ha); sin embargo, densidades mayores (120 000 y 150 000 plantas/ha) redujeron significativamente el rendimiento (5,50 y 5,27 t/ha), evidenciando que altas densidades pueden aumentar la competencia intraespecífica y disminuir la productividad. De manera similar, Elizondo y Boschini (2001) señalaron que una densidad de 47 619 plantas/ha optimizó la producción de forraje

y calidad nutricional en maíz, mientras que densidades superiores afectaron negativamente estos parámetros. Estos resultados subrayan que, además de la densidad de siembra, las diferencias genotípicas tienen un papel crucial en el rendimiento; el mejor desempeño del híbrido Atlas 777 en la Figura 26 respalda que la interacción entre densidad y características genéticas debe ajustarse cuidadosamente para maximizar el rendimiento y la eficiencia del cultivo de maíz bajo diferentes sistemas de manejo.

Tabla 19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del efecto simple *A en B* (Variedad x Densidad) para longitud de mazorcas, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera

Variedades	Densidades	L.M Agrup.	Densidades	N.H/M Agrup.	Densidades	N.G/H Agrup.
Atlas 105	50 000	20,80 a	50 000	15,05 a	50 000	42,35 a
	62 500	20,34 a	62 500	15,05 a	62 500	40,65 b
	80 000	19,18 b	80 000	14,90 a b	80 000	39,50 c
	105 263	18,80 b c	105 263	14,75 a b	100 000	39,10 c d
	100 000	18,03 c	100 000	14,30 b	105 263	38,20 d
Atlas 777	50 000	20,55 a	100 000	16,40 a	50 000	42,75 a
	105 263	19,63 b	80 000	16,20 a	62 500	41,35 b
	62 500	19,58 b	105 263	15,95 a	80 000	40,70 b
	80 000	19,33 b	50 000	15,55 a	105 263	40,50 b
	100 000	18,78 c	62 500	15,45 a	100 000	39,25 c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

L.M = Longitud de mazorcas

N.H/M = Número de hileras/mazorca

N.G/H = Número de granos/hilera

La Tabla 19 muestra que la interacción entre variedad y densidad de siembra (*A en b*) influye significativamente en la longitud de mazorca, el número de hileras/mazorca y el número de granos/hilera. Ambas variedades, Atlas 105 y Atlas 777, presentaron mejores resultados en todas las variables en densidades bajas de 50 000 plantas/ha, disminuyendo significativamente su desempeño a medida que la densidad aumentó. La mayor longitud de mazorca se observó en Atlas 105 (20,80 cm) y Atlas 777 (20,55 cm) a 50 000 plantas/ha. En cuanto al número de hileras/mazorca, Atlas 777 destacó con 16,40 hileras a 50 000 plantas/ha, superando a Atlas 105 en todas las densidades. En el número de granos por hilera, Atlas 777 también mostró valores superiores, alcanzando 42,75 granos a 50 000 plantas/ha, frente a 42,35 de Atlas 105. Estos resultados reflejan que la variedad Atlas 777 tiene un mejor desempeño en términos de rendimiento potencial, especialmente bajo densidades bajas, lo que subraya la importancia de ajustar la densidad de siembra según la variedad para optimizar el rendimiento. Esto concuerda con Santa Cruz (2023), quien observó que Atlas 105 logró mayores longitudes de mazorca y granos por hilera en densidades óptimas, subrayando la importancia de ajustar densidades según la variedad. Por otro lado, Intriago y Torres (2018) demostraron que densidades más altas (102 000 plantas/ha) incrementan el

rendimiento total, pero reducen el tamaño de mazorcas y número de granos, lo que refleja el impacto de la competencia por recursos. Quevedo et al. (2015) señalaron que densidades altas (112 500 plantas/ha) maximizan el rendimiento sin afectar significativamente la longitud de mazorca ni el número de hileras o granos por mazorca. Esto resalta que densidades óptimas deben adaptarse al manejo del cultivo y las características genéticas de los híbridos, estos hallazgos destacan la necesidad de ajustar la densidad y el arreglo de siembra para optimizar tanto rendimiento como calidad del grano en maíz.

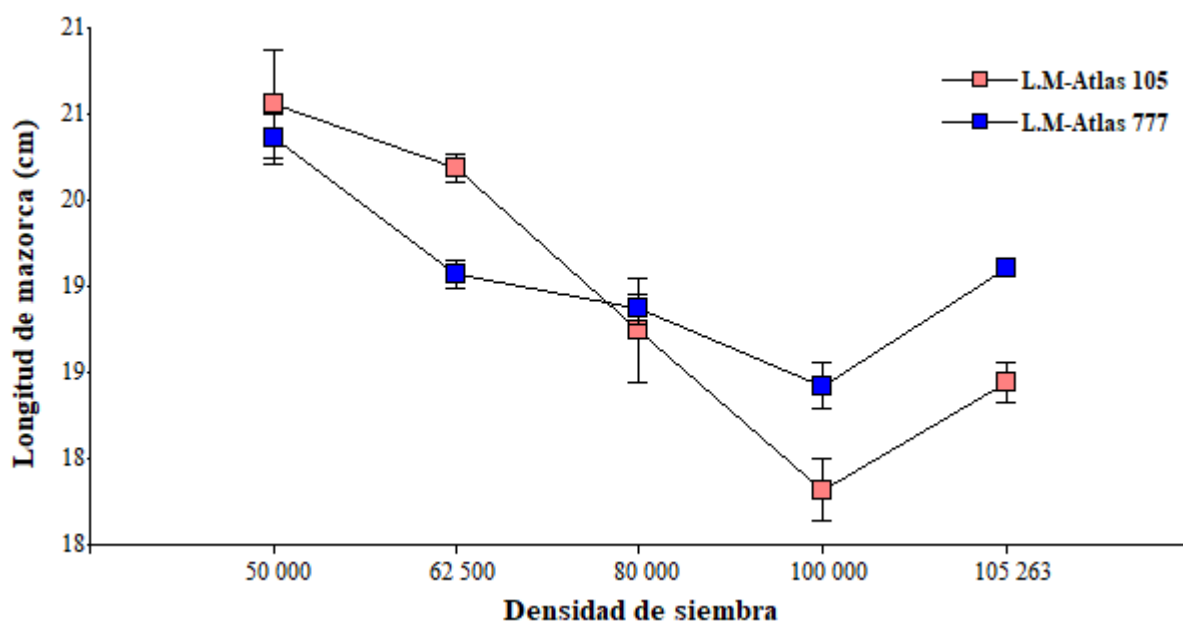


Figura 33. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para longitud de mazorcas (cm)

La Figura 33, evidencia una interacción significativa entre las variedades de maíz (Atlas 105 y Atlas 777) y las densidades de siembra en relación con la longitud de mazorca, mostrando una relación inversa entre esta variable y la densidad debido a la mayor competencia por recursos. En densidades bajas (50 000 plantas/ha), ambas variedades alcanzan sus mayores longitudes, sin embargo, al aumentar la densidad, Atlas 105 muestra una mayor disminución en la longitud de mazorca, mientras que Atlas 777 es más tolerante, manteniendo una mayor estabilidad e incluso mostrando una ligera recuperación en densidades altas (105 263 plantas/ha). Este cruce en las líneas refleja cómo ambas variedades responden de manera diferenciada a las condiciones de densidad de siembra, resaltando la importancia de ajustar las prácticas de manejo. Atlas 105 responde mejor en densidades bajas, mientras que Atlas 777 muestra mayor estabilidad en densidades altas, lo que permite optimizar el rendimiento según las características específicas de cada variedad. Estos

hallazgos coinciden con estudios previos que indican que el aumento en la densidad de siembra generalmente reduce la longitud de mazorca debido a la mayor competencia por luz, agua y nutrientes. Intriago y Torres (2018) encontraron que una densidad de 102 000 plantas/ha disminuyó el tamaño de la mazorca en un 7,5 % en comparación con 62 000 plantas/ha. Asimismo, Quevedo et al. (2015) reportaron que densidades de 112 500 plantas/ha no afectaron significativamente la longitud de mazorca, aunque sí incrementaron el rendimiento de grano.

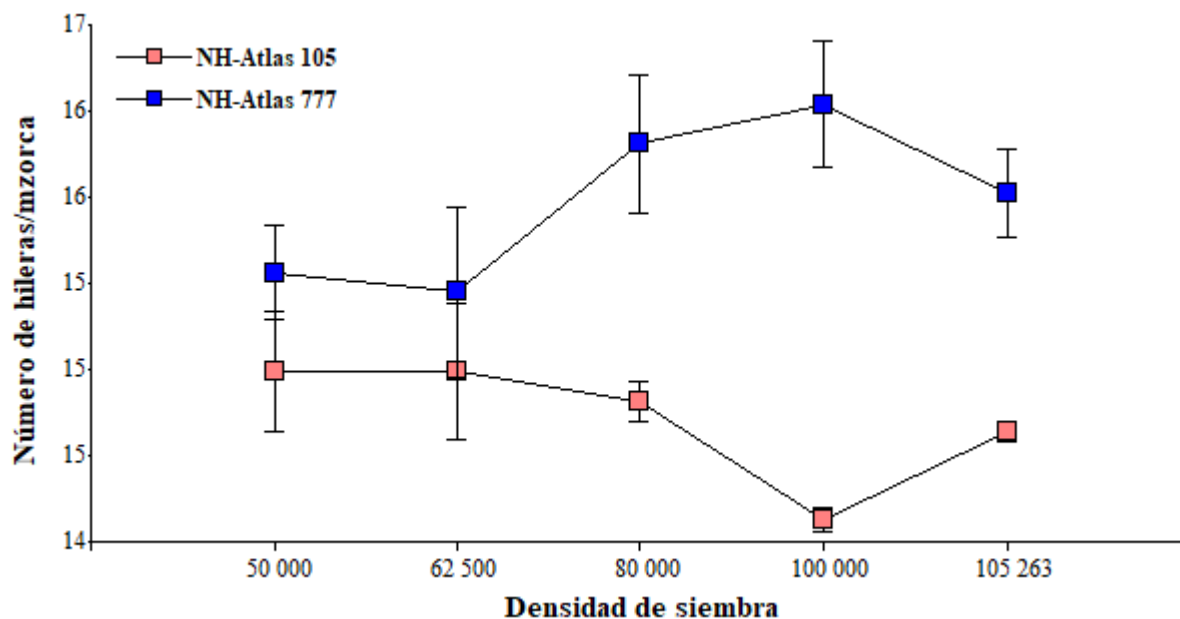


Figura 34. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para número de hileras/mazorca

La Figura 34 evidencia una interacción significativa entre densidades de siembra y los híbridos de maíz Atlas 105 y Atlas 777 en el número de hileras por mazorca. Atlas 777 alcanzó un desempeño superior en densidades intermedias y altas (62 500 a 100 000 plantas/ha), con el mayor número de hileras; en contraste, Atlas 105 mantuvo un rendimiento más estable pero inferior, sin superar a Atlas 777 en ninguna densidad, mostrando una mayor reducción en densidades extremas (50 000 y 105 263 plantas/ha). Este comportamiento coincide con estudios previos, como el de López (2011), que reportó que densidades bajas o intermedias (50 000 y 62 500 plantas/ha) favorecen el número de hileras al minimizar la competencia por recursos. García-López y Hernández (2023) también encontraron que densidades bajas (90 000 plantas/ha) promueven un mayor número de hileras, mientras que densidades altas reducen esta característica debido a la mayor competencia. Por otro lado, Tadeo-Robledo et al. (2012) observaron que densidades más altas mejoran el rendimiento general, aunque sin afectar significativamente el número de hileras por mazorca. Estos resultados

destacan que Atlas 777 responde mejor a densidades más altas, mientras que Atlas 105 muestra mayor sensibilidad a la competencia, subrayando la necesidad de ajustar las densidades de siembra según el híbrido para optimizar el rendimiento y las características morfológicas del cultivo.

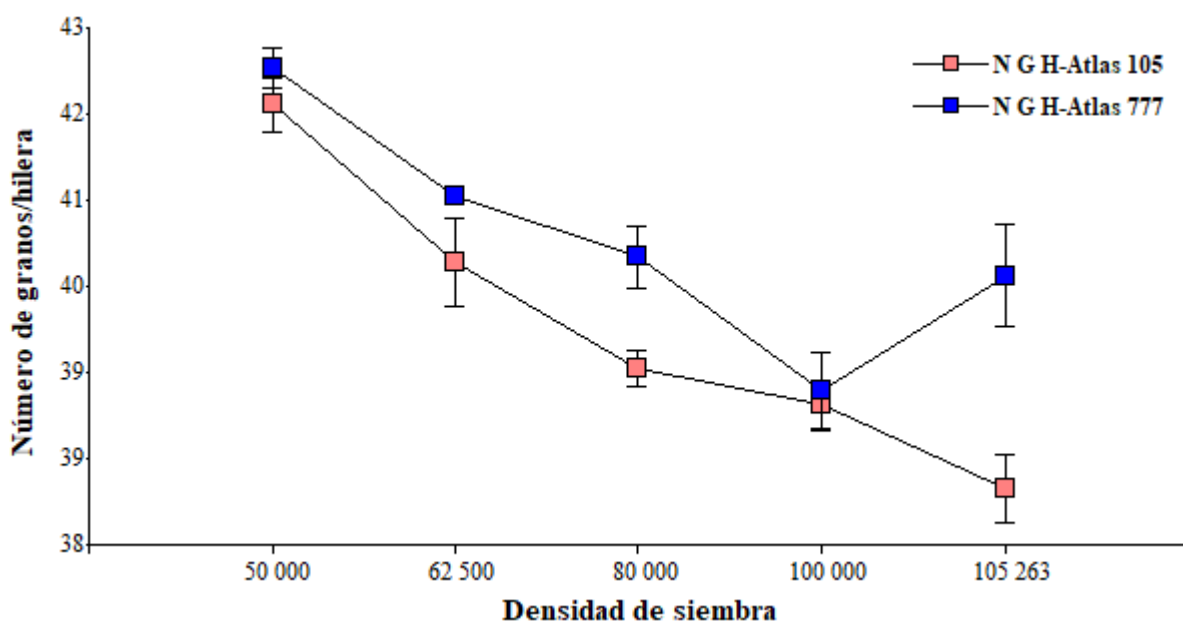


Figura 35. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para número de granos/hilera

La interacción entre densidades de siembra y los híbridos de maíz (Atlas 105 y Atlas 777) en el número de granos/hilera (Figura 35). A densidades bajas (50 000 plantas/ha), ambas alcanzan un mayor número de granos/hilera, destacando Atlas 777 con valores ligeramente superiores; sin embargo, con el aumento de la densidad, se observa una reducción progresiva, siendo más pronunciada en Atlas 105, que presenta los valores más bajos a densidades intermedias (80 000 plantas/ha) y altas (105 263 plantas/ha); en contraste, Atlas 777 muestra mayor tolerancia a densidades altas, con una ligera recuperación en el número de granos por hilera a 100 000 y 105 263 plantas/ha, lo que sugiere una mayor adaptabilidad a condiciones de alta competencia por recursos. Estos resultados son consistentes con estudios previos. Cervantes-Ortíz et al. (2013) evidenciaron que densidades de 60 000 plantas/ha favorecen el número de granos por hilera al reducir la competencia intraespecífica, mientras que densidades más altas disminuyen este parámetro. Morales (2018) reportó tendencias similares, destacando que densidades de 62 500 plantas/ha optimizan el número de granos por hilera en híbridos como Atlas 105. Asimismo, Acosta (2015) encontró que densidades bajas (62 500 plantas/ha) benefician esta característica, especialmente en híbridos como PMX-5, mientras que densidades altas reducen su rendimiento.

Tabla 20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del efecto simple *B en A* (Densidad x Variedad) para longitud de mazorcas, número de hileras/mazorca y número de granos/hilera

Densidad	Híbrido	L.M	Agrup.	Variedad	N.H/M	Agrup.	Variedad	N.G/H	Agrup.
50 000	Atlas 105	20,80	a	Atlas 777	15,55	a	Atlas 777	42,75	a
	Atlas 777	20,55	a	Atlas 105	15,05	a	Atlas 105	42,35	a
62 500	Atlas 105	20,34	a	Atlas 777	15,45	a	Atlas 777	41,35	a
	Atlas 777	19,58	b	Atlas 105	15,05	a	Atlas 105	40,65	a
80 000	Atlas 777	19,33	a	Atlas 777	16,20	a	Atlas 777	40,70	a
	Atlas 105	19,18	a	Atlas 105	14,90	b	Atlas 105	39,50	b
100 000	Atlas 777	18,78	a	Atlas 777	16,40	a	Atlas 777	39,25	a
	Atlas 105	18,03	b	Atlas 105	14,30	b	Atlas 105	39,10	a
105 263	Atlas 777	19,63	a	Atlas 777	15,95	a	Atlas 777	40,50	a
	Atlas 105	18,80	b	Atlas 105	14,75	b	Atlas 105	38,20	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

L.M = Longitud de mazorcas

N.H/M = Número de hileras/mazorca

N.G/H = Número de granos/hilera

La interacción entre densidad de siembra y híbrido (*B en A*) afecta significativamente la longitud de mazorca, el número de hileras/mazorca y el número de granos/hilera (Tabla 20). Atlas 105 alcanzó la mayor longitud de mazorca (20,80 cm) a densidades bajas (50 000 plantas/ha), pero su desempeño disminuyó drásticamente a medida que la densidad aumentó, registrando 18,80 cm a 105 263 plantas/ha; en contraste, Atlas 777 mostró mayor estabilidad en densidades más altas, alcanzando 19,63 cm en la densidad máxima. En el número de hileras/mazorca, Atlas 777 superó consistentemente a Atlas 105 en todas las densidades, con su mejor resultado (16,20 hileras) en 80 000 plantas/ha, mientras que Atlas 105 alcanzó un máximo de 15,45 hileras a 62 500 plantas/ha y disminuyó a 14,75 hileras en densidades extremas. Para el número de granos por hilera, ambas variedades lograron los mayores valores en densidades bajas, destacando Atlas 777 con 42,75 granos/hilera frente a los 42,35 de Atlas 105; sin embargo, Atlas 105 mostró una mayor disminución en densidades altas (38,20 granos/hilera a 105 263 plantas/ha), mientras que Atlas 777 demostró mayor tolerancia con una ligera recuperación (40,50 granos/hilera a 100 000 plantas/ha). Estos resultados coinciden con estudios previos. Pedraza et al. (2017) observaron que densidades de siembra más bajas favorecieron la longitud de mazorca y el número de hileras en maíz morado debido a la menor competencia por recursos. Morales (2018) también reportó que densidades de 62 500 plantas/ha maximizan la longitud de mazorca y el número de granos por hilera, mientras que densidades más altas incrementan la competencia y reducen estos parámetros. Similarmente, Quevedo et al. (2018) hallaron que densidades superiores a 90 000 plantas/ha disminuyeron la longitud de mazorca y el número de granos/hilera en el híbrido '*Impacto*', atribuyéndolo a la competencia intraespecífica. Estos hallazgos subrayan que Atlas 777 es más tolerante a densidades

altas, mientras que Atlas 105 se beneficia más de densidades bajas, resaltando la importancia de ajustar la densidad de siembra según la variedad para optimizar la productividad.

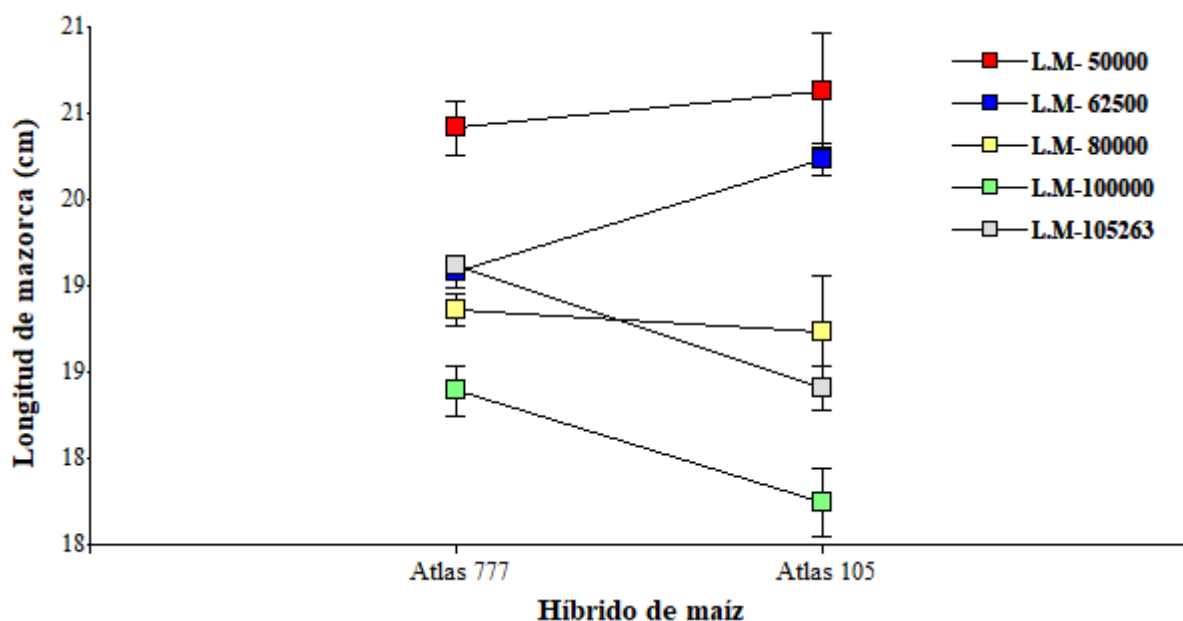


Figura 36. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para longitud de mazorca

La interacción entre híbridos de maíz (Atlas 777 y Atlas 105) y densidades de siembra afecta significativamente la longitud de mazorca (Figura 36). Atlas 105 alcanzó su mayor longitud en la densidad más baja (50 000 plantas/ha), pero mostró una disminución progresiva con el aumento de la densidad, alcanzando su valor más bajo en 105 263 plantas/ha, evidenciando alta sensibilidad a la competencia por recursos; en comparación con Atlas 777, aunque no superó a Atlas 105 en densidades bajas, mostró mayor estabilidad a medida que la densidad aumentó, manteniendo longitudes relativamente altas a 80 000 y 105 263 plantas/ha, lo que refleja su mayor tolerancia a la competencia intraespecífica. Estos resultados resaltan que Atlas 105 es más adecuado para densidades bajas, mientras que Atlas 777 se adapta mejor a densidades intermedias y altas, subrayando la importancia de ajustar la densidad de siembra según el híbrido para optimizar la productividad. Los resultados coinciden con los de Morales (2018), quien encontró que densidades bajas (62 500 plantas/ha) promovieron una mayor longitud de mazorca en varios híbridos, mientras que densidades altas redujeron este parámetro debido a la competencia intraespecífica. De manera similar, Sandoval y Vargas (2020) observaron que distancias mayores entre plantas (densidades más bajas) favorecieron la longitud de mazorca en híbridos DK 7088 y DAS 3383, atribuyendo este comportamiento a una menor competencia por recursos esenciales como luz, agua y nutrientes. Estos hallazgos refuerzan que las densidades de siembra deben ser ajustadas de acuerdo a las características

específicas de cada híbrido para maximizar la longitud de mazorca y, en consecuencia, el rendimiento del cultivo.

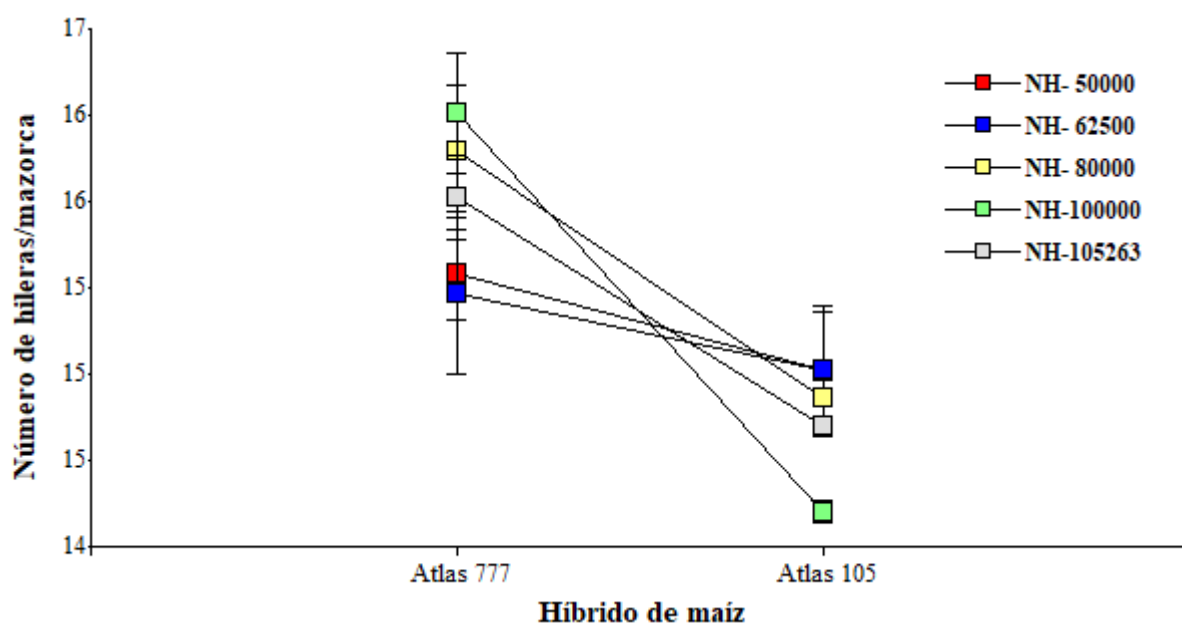


Figura 37. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para número de hileras/mazorca

La interacción entre los híbridos de maíz Atlas 777 y Atlas 105 y las densidades de siembra afecta significativamente el número de hileras por mazorca (Figura 37). Atlas 105 destaca en densidades bajas (50 000 y 62 500 plantas/ha) debido a la menor competencia por recursos, pero su rendimiento disminuye drásticamente en densidades intermedias y altas, reflejando su sensibilidad a la competencia intraespecífica. Por el contrario, Atlas 777 muestra mayor estabilidad, alcanzando su mejor rendimiento en densidades elevadas (100 000 y 105 263 plantas/ha), gracias a su mejor arquitectura de planta, eficiencia en el uso de recursos y mayor adaptabilidad a condiciones de alta competencia. Estos resultados subrayan la importancia de seleccionar el híbrido adecuado y la densidad de siembra óptima para maximizar el rendimiento, considerando las características genéticas del híbrido y las condiciones específicas del ambiente. Estudios como el de Ríos et al. (2007) en Ecuador, aunque no encontraron diferencias significativas en la longitud de mazorca entre cuatro híbridos debido a factores adversos como sequía y plagas, sugieren que condiciones controladas permitirían evaluar mejor el potencial genético. Asimismo, Morales (2018) destacó que densidades bajas (62 500 plantas/ha) favorecen la longitud de mazorca, con Atlas 105 liderando en estas condiciones, mientras que híbridos como DK 7508 demostraron estabilidad incluso en densidades más altas. Por su parte, Quiroz Mercado et al. (2017) confirmaron que densidades bajas

optimizan la longitud de mazorca debido a una menor competencia, observando resultados superiores en cultivares evaluados a 62 500 plantas/ha.

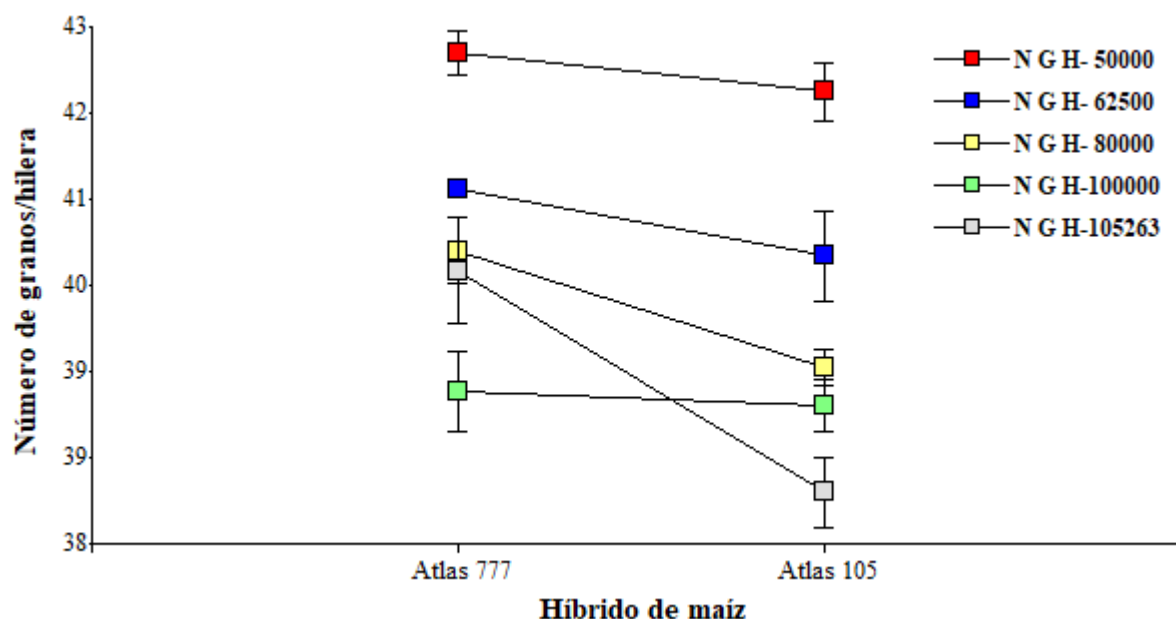


Figura 38. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para número de granos/hileras

La Figura 38 evidencia la interacción entre híbridos de maíz (Atlas 777 y Atlas 105) y densidades de siembra en relación con el número de granos por hilera, destacando diferencias significativas en su desempeño. Atlas 777 mostró mayor estabilidad en todas las densidades, alcanzando el máximo número de granos en densidades bajas (50 000 plantas/ha) y manteniendo valores superiores en densidades altas (105 263 plantas/ha). Por otro lado, Atlas 105, aunque competitivo en densidades bajas, presentó una disminución más pronunciada en densidades intermedias y altas, alcanzando su valor más bajo en la densidad máxima, reflejando su mayor sensibilidad a la competencia intraespecífica. Estos resultados coinciden con lo reportado por Morales (2019), quien encontró que densidades bajas (62 500 plantas/ha) favorecieron un mayor número de granos/hilera en híbridos como PMX-5, mientras que densidades altas redujeron esta característica debido a la mayor competencia. Asimismo, Vidal-Martínez et al. (2021) destacaron que híbridos como HE-15A y HE-48 mantienen su rendimiento tanto en densidades bajas como altas, evidenciando la importancia de seleccionar híbridos con alta adaptabilidad. De manera similar, López (2011) concluyó que tanto la densidad de siembra como la fertilización influyen significativamente en variables como el número de granos por hilera, subrayando la necesidad de optimizar estos factores de manejo. Finalmente, Intriago y Torres (2018) demostraron que densidades altas pueden

aumentar el rendimiento total, pero a costa de una reducción en el tamaño de las mazorcas, reforzando la importancia de ajustar las prácticas de manejo según las características específicas del híbrido y el ambiente de cultivo.

4.4. Rendimiento (t/ha)

El análisis de varianza (ANVA) muestra que tanto las densidades de siembra como los híbridos de maíz tienen un efecto significativo sobre el rendimiento de grano, así como la interacción entre ambos factores, lo que indica que la respuesta de los híbridos varía según la densidad utilizada (Tabla 21). La densidad de siembra influye directamente en la competencia intraespecífica, mientras que los híbridos presentan diferencias genéticas en su capacidad de rendimiento. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,99$) refleja que el modelo explica el 99 % de la variabilidad en el rendimiento, con un bajo coeficiente de variación ($CV = 0,30 \%$), lo que garantiza precisión experimental. Estos resultados subrayan la importancia de seleccionar la combinación óptima de híbrido y densidad para maximizar el rendimiento.

Tabla 21. Análisis de varianza en rendimiento de maíz

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig.
Bloque	0,00	3	0,00	1,38	0,3294	ns
Tratamiento	272,83	9	30,31	27283,00	<0,0001	s
Densidad	269,28	4	67,32	60588,00	<0,0001	s
Híbrido	2,82	1	2,82	2538,00	<0,0001	s
A x B	0,73	4	0,18	164,25	<0,0001	s
Error experimental	0,03	27	0,00			
Total	272,86	39				
CV % :	0,30					

Los resultados de la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) revelan diferencias significativas en el rendimiento de grano de maíz entre los tratamientos, los cuales combinan los híbridos Atlas 105 y Atlas 777 con diferentes densidades de siembra (Tabla 22).

Tabla 22. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para tratamientos, en el rendimiento de maíz

Tratamientos	Descripción	Rendimiento	Agrup.
T ₁₀	Atlas 105 (105 263 plantas/ha)	15,38	a
T ₅	Atlas 777 (105 263 plantas/ha)	14,57	b
T ₉	Atlas 105 (100 000 plantas/ha)	14,57	b
T ₄	Atlas 777 (100 000 plantas/ha)	13,96	c
T ₈	Atlas 105 (80 000 plantas/ha)	12,14	d
T ₃	Atlas 777 (80 000 plantas/ha)	11,65	e
T ₇	Atlas 105 (62 500 plantas/ha)	9,80	f
T ₂	Atlas 777 (62 500 plantas/ha)	9,77	f
T ₆	Atlas 105 (50 000 plantas/ha)	8,50	g
T ₁	Atlas 777 (50 000 plantas/ha)	7,77	h

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

El tratamiento T₁₀ (Atlas 105 con 105 263 plantas/ha) presentó el mayor rendimiento (15,38 t/ha), siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, lo que indica que esta combinación es la más productiva. Le siguen los tratamientos T₅ y T₉ (ambos con rendimientos de 14,57 t/ha), lo que confirma que densidades de siembra elevadas, particularmente con híbridos adaptados como Atlas 105, pueden incrementar significativamente el rendimiento, como lo señalan García-López y Hernández (2023). Sin embargo, Quevedo (2015) advierte que densidades excesivamente altas pueden generar competencia intraespecífica por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que podría reducir el rendimiento. Esto destaca la importancia de equilibrar densidad de siembra y características del híbrido para optimizar la productividad del cultivo. Los tratamientos con menores densidades de siembra, como T₆ y T₁ (Atlas 105 y Atlas 777 con 50 000 plantas/ha), registraron los rendimientos más bajos (8,50 t/ha y 7,77 t/ha, respectivamente), lo que evidencia que el rendimiento está influenciado significativamente por la interacción entre el híbrido y la densidad de siembra. Mayores densidades mayores rendimientos, mientras que densidades menores limitan la productividad del cultivo. En el estudio de Cordido (2013), se observó que una densidad de siembra media proporcionaba un equilibrio óptimo entre rendimiento y estabilidad, minimizando la competencia intraespecífica y maximizando la producción. De manera similar, Morales Solís (2018) encontró que el híbrido Atlas 105, sembrado a una densidad de 78 432 plantas/ha, alcanzó un rendimiento máximo de 11,05 t/ha, destacándose como el mejor tratamiento, además de mostrar características agronómicas superiores como mayor longitud de mazorca y peso de 100 semillas, lo que contribuyó a su rendimiento. Por su parte, Ramírez-Díaz et al. (2021) evaluaron cinco híbridos experimentales de maíz y encontraron que el rendimiento de grano incrementó con densidades de hasta 90 000 plantas/ha, aunque el desempeño óptimo dependió de las condiciones ambientales, especialmente en áreas de temporal. Estos resultados refuerzan la importancia de adaptar las densidades de siembra y la selección de híbridos a las condiciones locales y al manejo agronómico,

considerando que una densidad adecuada optimiza el uso de recursos, evita competencia excesiva y maximiza la productividad.

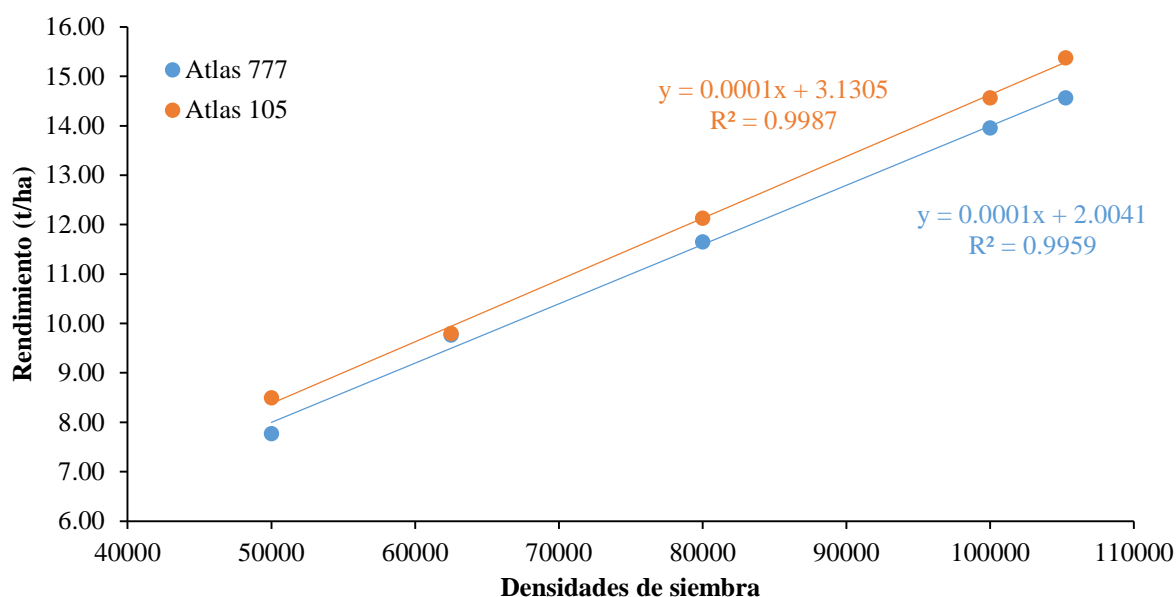


Figura 39. Regresión lineal en rendimiento de dos híbridos de maíz por efecto de densidad de siembra

La Figura 39, presenta la regresión lineal del rendimiento de los híbridos Atlas 105 y Atlas 777 en función de la densidad de siembra, con coeficientes de determinación (R^2) altos (0,9987 y 0,9959), lo que indica un ajuste excelente de los datos al modelo. Ambos híbridos muestran un incremento progresivo en el rendimiento conforme aumenta la densidad de siembra, siendo Atlas 105 el de mayor rendimiento en todas las densidades evaluadas. Este híbrido evidencia una mayor respuesta a incrementos en densidad, lo que se refleja en la pendiente más pronunciada de su ecuación polinómica ($9E-05$) frente a Atlas 777 ($0,0002$). Estos resultados confirman que Atlas 105 tiene un mayor potencial productivo bajo densidades altas, mientras que Atlas 777, aunque menos eficiente, también incrementa su rendimiento con densidades mayores. La interacción entre híbrido y densidad es fundamental para optimizar el rendimiento, destacando la importancia de considerar el manejo agronómico y las condiciones ambientales para evitar una competencia excesiva entre plantas. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas. Ramírez-Díaz et al. (2021) observaron que los híbridos de maíz responden positivamente a densidades crecientes, alcanzando rendimientos máximos a 90 000 plantas/ha en condiciones óptimas, aunque advirtieron que en ambientes más restrictivos las densidades excesivas disminuyen el rendimiento debido a la competencia por recursos. De manera similar, Morales Solís (2018) reportó que el híbrido Atlas 105 alcanzó un

rendimiento máximo de 11,05 t/ha a una densidad de 78 432 plantas/ha, destacándose por su alta eficiencia en la producción de grano. Cordido (2013) también señaló que densidades medias proporcionan un equilibrio adecuado entre rendimiento y estabilidad, minimizando la competencia intraespecífica por luz, agua y nutrientes. Por su parte, Gamba (2023) y Quevedo (2015) concluyeron que los híbridos con mayor capacidad para aprovechar recursos tienden a rendir mejor en densidades altas, confirmando que la respuesta al incremento en densidad está influenciada por las características genéticas del híbrido. Estos hallazgos resaltan la importancia de ajustar la densidad de siembra a las características genéticas del híbrido y a las condiciones locales, ya que una densidad óptima permite maximizar el rendimiento al equilibrar el aprovechamiento de recursos en densidades bajas y la competencia en densidades altas.

Tabla 23. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para efecto principal, densidades de siembra (A) en el rendimiento del maíz

Densidad	Rendimiento(t/ha)	Agrup.
105263	14,97	a
100000	14,27	b
80000	11,89	c
62500	9,78	d
50000	8,14	e

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) muestra que la densidad de siembra tiene un efecto significativo en el rendimiento del maíz (Tabla 23), destacándose la densidad más alta (105 263 plantas/ha) con el mayor rendimiento (14,97 t/ha), estadísticamente superior a los demás tratamientos. La densidad de 100 000 plantas/ha obtuvo un rendimiento de 14,27 t/ha, ubicada en segundo grupo siendo ligeramente inferior pero aún competitiva. Las densidades intermedias, 80 000 y 62 500 plantas/ha, registraron rendimientos de 11,89 y 9,78 t/ha, respectivamente, clasificadas en los grupos "c" y "d". La densidad más baja (50 000 plantas/ha) tuvo el menor rendimiento (8,14 t/ha) y se ubicó en el grupo "e", siendo significativamente inferior a todas las demás densidades. Estos resultados evidencian que mayores densidades de siembra optimizan la productividad, mientras que densidades más bajas limitan el aprovechamiento de los recursos disponibles. Sin embargo, es importante considerar las condiciones ambientales y el manejo agronómico para evitar una competencia intraespecífica excesiva en densidades muy altas. Estos resultados son consistentes con diversos estudios que destacan la relación entre la densidad de siembra y el rendimiento del maíz. Según Ramírez-Díaz et al. (2021), densidades de siembra elevadas, como 90 000 plantas/ha, permiten

un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles, incrementando significativamente el rendimiento en condiciones óptimas de manejo agronómico. De manera similar, Morales Solís (2018) encontró que una densidad de 78 432 plantas/ha en el híbrido Atlas 105 resultó en un rendimiento máximo de 11,05 t/ha, evidenciando que densidades más altas optimizan la productividad del cultivo, siempre y cuando no se exceda el umbral de competencia intraespecífica.

Por otro lado, investigaciones como las de Cordido (2013) sugieren que densidades medias pueden ofrecer un balance entre rendimiento y estabilidad, evitando los efectos negativos de la competencia excesiva por luz, agua y nutrientes. Sin embargo, el rendimiento más bajo registrado en densidades como 50 000 plantas/ha (8,14 t/ha) en este estudio confirma que densidades bajas limitan significativamente la productividad al no aprovechar de manera eficiente los recursos del suelo y las condiciones ambientales. Gamba (2023) y Quevedo (2015) también destacaron que la densidad óptima varía según las características genéticas del híbrido, ya que híbridos más eficientes pueden responder positivamente a densidades más altas.

Estos resultados refuerzan la importancia de adaptar las densidades de siembra a las condiciones locales y a las características del híbrido utilizado. Aunque mayores densidades favorecen un mayor rendimiento, es fundamental considerar factores como la calidad del suelo, el régimen hídrico y la fertilización para evitar efectos adversos de competencia excesiva, garantizando así un manejo agronómico eficiente y sostenible.

Tabla 24. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) del efecto principal híbridos de maíz (B), en el rendimiento

Híbrido	Rendimiento(t/ha)	Agrup.
Atlas 105	12,08	a
Atlas 777	11,54	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

Los resultados de la prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) (Tabla 24) indican que el híbrido de maíz Atlas 105 alcanzó un rendimiento promedio de 12,08 t/ha, significativamente superior al de Atlas 777, que obtuvo 11,54 t/ha. Esta diferencia en rendimiento puede atribuirse a las características genéticas de cada híbrido, que influyen en su capacidad para aprovechar los recursos disponibles y resistir factores ambientales adversos. Loyola (2018) evaluó seis híbridos de maíz amarillo duro, incluyendo Atlas 105, y encontró diferencias significativas en rendimiento de grano, altura de planta y mazorca, entre otras variables, lo que subraya la importancia de la genética en el desempeño agronómico. Además, Morales (2018) reportó que Atlas 105, sembrado a una densidad de 78 432 plantas/ha, alcanzó un rendimiento de 11,05 t/ha, destacándose por su eficiencia en la producción de

grano. Por otro lado, un estudio realizado en el anexo de Bellavista, Coviriali – Satipo, encontró que Atlas 777 obtuvo el mayor rendimiento de grano seco con tusa y sin tusa, con 22,33 t/ha y 12,78 t/ha respectivamente, lo que sugiere que el rendimiento de estos híbridos puede variar según las condiciones ambientales y prácticas de manejo (Campos, 2019). Estos hallazgos resaltan la necesidad de seleccionar híbridos de maíz considerando tanto su potencial genético como las condiciones específicas del entorno de cultivo para maximizar la productividad.

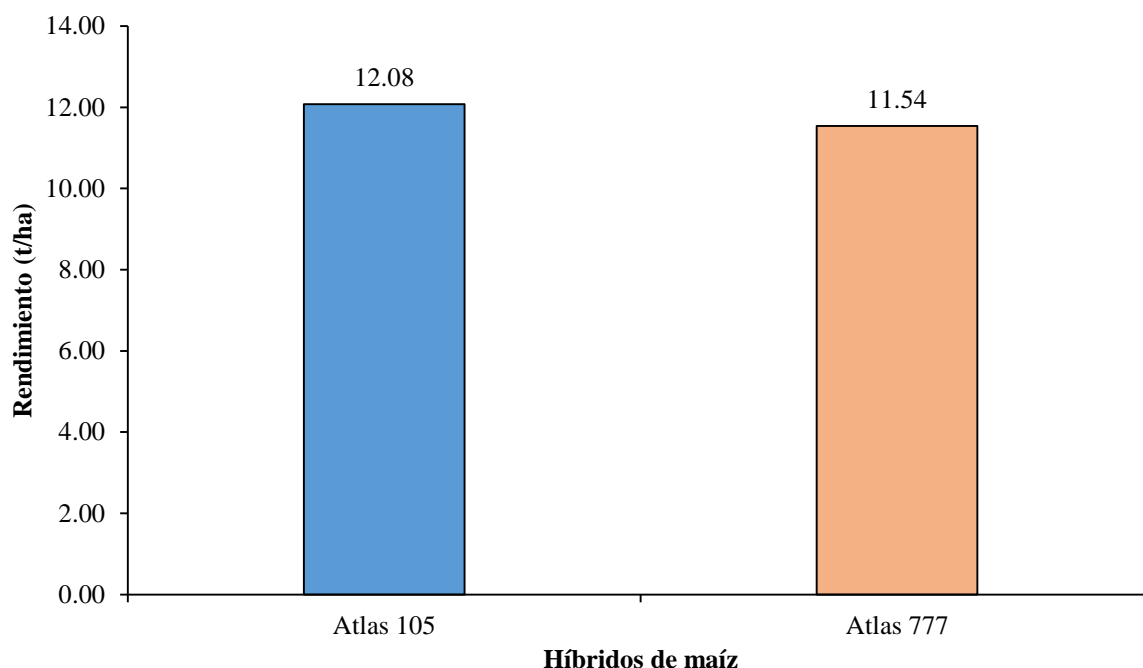


Figura 40. Rendimiento de dos híbridos de maíz

Los resultados de la Figura 40, donde Atlas 105 presenta un rendimiento promedio de 12,08 t/ha, superando significativamente al Atlas 777 (11,54 t/ha), coinciden con estudios previos que destacan la influencia de las características genéticas en el rendimiento de los híbridos de maíz. Morales Solís (2018) reportó que Atlas 105 alcanzó un rendimiento máximo de 11,05 t/ha bajo condiciones similares de manejo, atribuyendo su desempeño a su eficiencia en la producción de grano y su adaptación a densidades de siembra altas. De manera similar, Ramírez-Díaz et al. (2021) observaron que híbridos con mayor capacidad genética para aprovechar recursos mostraron rendimientos superiores en densidades altas, destacando la interacción entre genética y manejo agronómico como clave para maximizar la productividad. Por otro lado, Loyola (2018) encontró diferencias significativas en el rendimiento de seis híbridos de maíz amarillo duro, donde los híbridos mejor adaptados a las condiciones locales presentaron un mayor rendimiento, corroborando que la

selección de híbridos debe considerar tanto su potencial genético como las características específicas del entorno de cultivo.

Tabla 25. Prueba de Duncan ($\alpha = 0,05$) para la interacción entre híbridos con densidad de siembra (*B en a*), y densidad de siembra con híbridos (*A en b*) en el rendimiento de maíz

Híbrido	Densidad	Rendimiento	Agrup.	Densidad	Híbrido	Rendimiento	Agrup.
Atlas 105	105263	15,38	a	50 000	Atlas 105	8,50	a
	100000	14,57	b		Atlas 777	7,77	b
	80000	12,14	c	62 500	Atlas 105	9,80	a
	62500	9,80	d		Atlas 777	9,77	a
	50000	8,50	e	80 000	Atlas 105	12,14	a
			Atlas 777		11,65	b	
Atlas 777	105263	14,57	a	100 000	Atlas 105	14,57	a
	100000	13,96	b		Atlas 777	13,96	b
	80000	11,65	c	105 263	Atlas 105	15,38	a
	62500	9,77	d		Atlas 777	14,57	b
	50000	7,77	e				

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no existe significación estadística

La prueba de Duncan (Tabla 25) evidenció que la interacción entre híbridos y densidades de siembra afecta significativamente el rendimiento del maíz. El híbrido Atlas 105 alcanzó el mayor rendimiento con 105 263 plantas/ha (15,38 t/ha), superando a Atlas 777, que obtuvo 14,57 t/ha bajo la misma densidad. Sin embargo, ambos híbridos presentaron sus menores rendimientos en la densidad de 50 000 plantas/ha (8,50 t/ha y 7,77 t/ha, respectivamente). Estos resultados reflejan que las densidades más altas promueven mayores rendimientos al optimizar el uso de recursos como luz, agua y nutrientes, mientras que densidades más bajas generan menor competencia intraespecífica, pero comprometen la productividad general.

Estos hallazgos coinciden con García-López y Hernández (2023), quienes observaron que densidades intermedias (90 000 semillas/ha) maximizan el rendimiento al minimizar la competencia intraespecífica (7,55 t/ha). Similarmente, Morales (2019) reportó que el híbrido DK 7508 en la densidad de 78 432 plantas/ha alcanzó el mayor rendimiento (11,34 t/ha), destacando la importancia del genotipo en la respuesta al manejo agronómico. Por otro lado, Santa Cruz Arica (2023) demostró que el híbrido Atlas 105 también sobresale en densidades más altas (78 432 plantas/ha) con 9,71 t/ha, lo que refuerza la ventaja competitiva de este híbrido. Asimismo, Fabián et al. (2020) concluyeron que los híbridos internacionales, como DK-7088, son ideales para maximizar el rendimiento bajo condiciones locales específicas, logrando hasta 14,44 t/ha. Finalmente, Quevedo et al. (2015) señalaron que densidades altas, como 112 500 plantas/ha, pueden alcanzar rendimientos elevados (11,69 t/ha) al optimizar la captura de recursos ambientales, aunque también indicaron que

el equilibrio entre densidad y competencia es crítico. En conjunto, estos estudios resaltan la interacción híbrido-densidad como un factor clave para mejorar el rendimiento de maíz bajo distintas condiciones agroecológicas

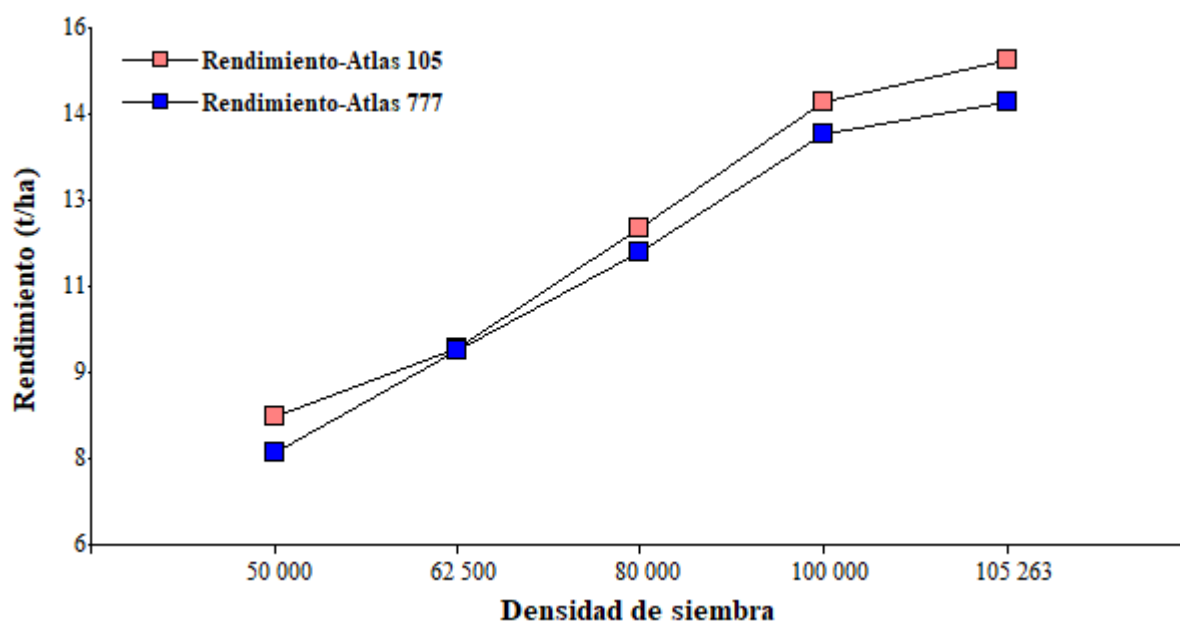


Figura 41. Interacción entre densidades de siembra y híbridos de maíz, para rendimiento

El gráfico muestra la interacción entre densidades de siembra y el rendimiento de los híbridos de maíz "Atlas 105" y "Atlas 777" (Figura 41). En general, el rendimiento aumenta a medida que incrementa la densidad de siembra, alcanzando los valores más altos en la densidad máxima evaluada (105 263 plantas/ha), sin evidenciarse un punto de saturación. El híbrido "Atlas 105" supera consistentemente a "Atlas 777" en todas las densidades, y esta diferencia se amplía ligeramente en las densidades más altas, lo que indica una mejor capacidad de respuesta de "Atlas 105". Esto sugiere que "Atlas 105" es más eficiente en convertir el aumento de densidad en mayores rendimientos. De acuerdo con Duvick et al. (2005), los híbridos modernos de maíz, como "Atlas 105", han sido mejorados genéticamente para tolerar altas densidades, lo que les permite maximizar el rendimiento en sistemas intensivos. Además, Blanco-Valdes y González-Viera (2021) destacan que las variedades con mayor capacidad de partición de fotoasimilados hacia los granos muestran mejor respuesta a la densidad elevada. La superioridad de "Atlas 105" respecto a "Atlas 777" podría deberse a diferencias en características genéticas como una mayor eficiencia en la fotosíntesis y mejor arquitectura del dosel, que optimizan la intercepción de luz en condiciones de alta competencia.

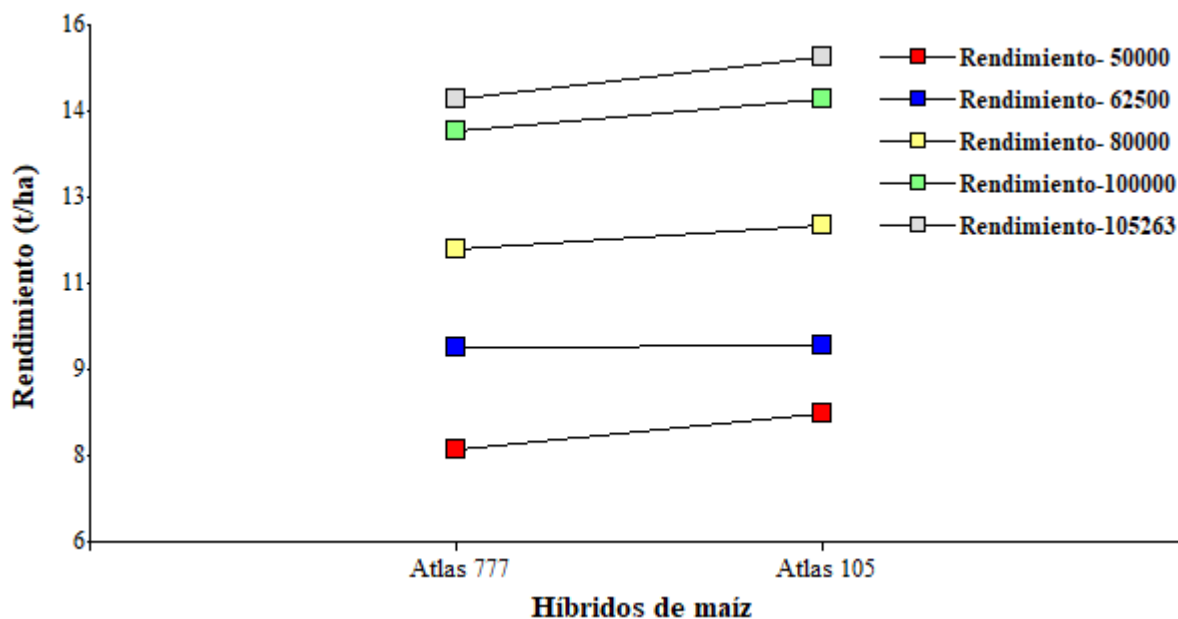


Figura 42. Interacción entre híbridos de maíz y densidades de siembra, para rendimiento

La Figura 42, muestra la interacción entre los híbridos de maíz "Atlas 777" y "Atlas 105" con diferentes densidades de siembra, evidenciando que el rendimiento (t/ha) aumenta con la densidad en ambos híbridos, alcanzando su máximo en 105,263 plantas/ha. "Atlas 105" supera consistentemente a "Atlas 777" en todas las densidades, mostrando una mayor capacidad de respuesta al incremento de la densidad de siembra, especialmente en las densidades más altas (100,000 y 105,263 plantas/ha), donde la diferencia entre ambos híbridos es más pronunciada. Esto sugiere que "Atlas 105" está mejor adaptado a sistemas intensivos, mostrando mayor eficiencia en el uso de recursos bajo condiciones de alta competencia, mientras que "Atlas 777" tiene un incremento más limitado en rendimiento, reflejando una menor adaptabilidad a altas densidades. Según Duvick (2005), los híbridos modernos han sido mejorados para tolerar altas densidades, maximizando el uso de recursos como luz, agua y nutrientes. Esta tolerancia está asociada con una mejor distribución de las hojas, lo que incrementa la intercepción de luz y la fotosíntesis eficiente en condiciones de alta competencia (Soltero-Díaz et al., 2010). Además, Andrade et al. (2005) señalan que híbridos como "Atlas 105" probablemente poseen mayor capacidad para mantener el desarrollo de órganos reproductivos en densidades elevadas, optimizando la partición de fotoasimilados hacia los granos, lo que explica su mayor rendimiento en comparación con "Atlas 777"

4.5. Análisis de correlación de Pearson

En la Tabla 26, se presenta los resultados del análisis de correlación de Pearson, entre el rendimiento y sus componentes asociados.

Tabla 26. Análisis de correlación de Pearson (coeficiente/probabilidad) de las variables de estudio de la investigación

Coefficientes/ probabilidades	LM (cm)	DM (cm)	NH/M	NG/H	P100 (g)	Rend (t/ha)
LM (cm)	1					
DM (cm)	0,69	1				
NH/M	0,11	0,02	1			
NG/H	0,78	0,57	0,11	1		
P100S (g)	0,66	0,73	-0,14	0,66	1	
Rend (t/ha)	-0,77	-0,64	-0,04	-0,82	-0,87	1

LM (cm)=Longitud de mazorca
DM (cm)=Diámetro de mazorca
NH/M=Numero de hileras por mazorca

NG/H=Numero de granos por hileras
P100S (g)= Peso de 100 semillas
Rend (t/ha)= Rendimiento

En la tabla 26 podemos observar que el rendimiento mostró relaciones negativas a la longitud y el diámetro de la mazorca (-0,77 y -0,64, respectivamente), así como con el número de granos por hileras (-0,82) y el peso de cien semillas (-0,87). Estas relaciones negativas podrían explicarse por una competencia interna en la asignación de recursos, donde un mayor desarrollo estructural y reproductivo, sin embargo, no necesariamente se traduce en un aumento del rendimiento final. El peso de cien semillas mostró relaciones positivas moderadas con la longitud de la mazorca y el número de granos (0,66 en ambos casos) reflejan un apoyo indirecto al desarrollo reproductivo, estos resultados coinciden (Fuelantala y alvarez, 2009) quienes también encontraron que en pesos de 100 granos obtuvieron una correlación negativa (-0,83).

En síntesis, los resultados subrayan la necesidad de equilibrar el crecimiento vegetativo y reproductivo, priorizando la optimización del área foliar y la materia seca en etapas críticas del cultivo, mientras se ajustan factores como la densidad de población y la fertilización para maximizar el rendimiento en maíz.

4.6. Análisis de la rentabilidad beneficio/costo

El análisis de rentabilidad presentado en la Tabla 27 revela que los tratamientos con el híbrido "Atlas 105" a densidades altas (T₉ y T₁₀) son los más rentables, destacando T₁₀ (105 263 plantas/ha) con el mayor rendimiento (152,00 kg/Trat), ingreso bruto (S/ 228,00), utilidad (S/ 33,00), índice de rentabilidad (0,17) y relación beneficio/costo (1,17). A medida que aumenta la densidad de siembra, también incrementan los costos totales, pasando de S/ 120,00 en densidades más bajas (T₁ y T₆) a S/ 195,00 en densidades altas (T₅ y T₁₀). Sin embargo, este incremento en costos es compensado por el aumento significativo en los ingresos brutos y utilidades, especialmente en "Atlas 105", que demuestra una mejor capacidad para convertir la densidad en mayor productividad y eficiencia económica.

En contraste, los tratamientos con "Atlas 777" muestran menor rendimiento y rentabilidad en todas las densidades, siendo T₅ (105 263 plantas/ha) el más competitivo de este híbrido, pero aún inferior en utilidad (S/ 21,00) e índice de rentabilidad (0,11) frente a "Atlas 105". Estos resultados confirman que, bajo las condiciones evaluadas, "Atlas 105" en densidades altas maximiza el rendimiento y la rentabilidad, lo que lo convierte en la mejor opción para sistemas de cultivo intensivo de maíz.

Tabla 27. Análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio para el rendimiento del maíz

Tratamientos		Rendimiento (kg/Trat.)	Soles (S/.)				
Clave	Descripción		Costo total	Ingreso bruto	Utilidad	Índice de rentabilidad	Beneficio/costo
T ₁	Atlas 777 (50 000 plantas/ha)	80,64	120,00	120,96	0,96	0,01	1,01
T ₂	Atlas 777 (62 500 plantas/ha)	96,00	140,00	144,00	4,00	0,03	1,03
T ₃	Atlas 777 (80 000 plantas/ha)	120,00	170,00	180,00	10,00	0,06	1,06
T ₄	Atlas 777 (100 000 plantas/ha)	138,24	187,00	207,36	23,36	0,12	1,11
T ₅	Atlas 777 (105 263 plantas/ha)	144,00	195,00	216,00	21,00	0,11	1,11
T ₆	Atlas 105 (50 000 plantas/ha)	96,00	120,00	144,00	24,00	0,20	1,20
T ₇	Atlas 105 (62 500 plantas/ha)	100,80	140,00	151,20	11,20	0,08	1,09
T ₈	Atlas 105 (80 000 plantas/ha)	128,00	170,00	192,00	22,00	0,13	1,13
T ₉	Atlas 105 (100 000 plantas/ha)	145,92	187,00	218,88	31,88	0,17	1,17
T ₁₀	Atlas 105 (105 263 plantas/ha)	152,00	195,00	228,00	33,00	0,17	1,17

V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento T₄ (Atlas 777, con 100 000 plantas/ha) tuvo la mayor altura de planta e inserción de mazorca (286,13 y 156,75 cm), mientras que para diámetro de tallo el tratamiento T₇ (Atlas 105, con 62 500 plantas/ha) registro un mayor valor de 25,15 mm.
2. El tratamiento T₆ (Atlas 105, con 50 000 plantas/ha) alcanzó mayor longitud de mazorca (20,80 cm), diámetro de mazorca (8,7 cm) y peso de cien semillas al calzando un valor de 37,75g. El T₄ alcanzó el mayor número de hileras (16,40) mientras que el mayor número de grano por hileras obtuvo el tratamiento T₁ con un valor de 42,75.
3. El tratamiento T₁₀ (Atlas 105, con 105 263 plantas/ha) alcanzó el máximo rendimiento equivalente a 15,38 t/ha de grano al 14 % de humedad.
4. En el tratamiento T₆ se registró el mayor contenido de clorofila (57,96 SPAD); sin embargo, no influyo en el máximo rendimiento. Con respecto al IAF y MS el tratamiento T₁₀ alcanzó los mayores valores que obtuvieron 9,40 y 29,20 t/ha respectivamente.
5. El análisis económico reveló que el tratamiento más rentable fue el híbrido Atlas 105 a una densidad de 105 263 plantas/ha (T₁₀), obteniendo un índice de rentabilidad de 0,17 y una relación beneficio/costo de 1,17.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. En base a los resultados obtenidos se propone a los productores de Tingo María sembrar los híbridos de maíz Atlas- 105 y atlas 777 que tuvieron los mejores rendimientos a las densidades de siembra de 105 263 plantas/ha (0,80 x 0,20 x 0,15 m).
2. Continuar investigando en estos híbridos a densidades más altas de 105 263 plantas/ha (0,80 x 0,20 x 0,15 m) para ajustar estas densidades a las condiciones específicas de cada parcela, considerando factores como el tipo de suelo, disponibilidad de agua, y prácticas de manejo del cultivo (distribución espacial, disponibilidad de agua, fertilización balanceada por tratamiento, podas y mantener las malezas al 0 %).

VII. REFERENCIAS

- Acosta, M. (2015). Densidades de siembra en el rendimiento de híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones edafoclimáticas de Bambú de Magdalena – Huánuco [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unheval.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/c6915b26-1692-4ae4-9944-86b72243c3e8/content>.
- Aguilar, J. D. (2010). Comportamiento de tres híbridos de maíz duro (*Zea mays* L.) con cuatro niveles de fertilización en la parroquia La Concepción, cantón Mira [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/266/1/03%20AGP%2094%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf>.
- Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I., Mora-García, K. (2023). Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. *Terra Latinoamericana*, 41, e1577. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v41/2395-8030-tl-41-e1577.pdf>.
- Andrade, F. H., Otegui, M. E., Cirilo, A., Uhart, S. (2023). *Ecofisiología y manejo del cultivo de maíz* (1ª ed.). Balcarce: Fernando Héctor Andrade. ISBN 978-987-88-8326-7. Recuperado de https://www.maizar.org.ar/documentos/cultivo%20de%20maiz_version%20digital.pdf.
- Armas, V. (2008). Efecto de tres densidades de siembra en el rendimiento de dos variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) Marginal 28-Tropical y S99TEY-2GHxB en un Entisol de Pucallpa [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/041317e4-df28-460b-bb28-7dd24c7843c8/content>.
- Agricultura (IICA), I. I. de C. para la, Ministerio de Agricultura y Ganadería, S. S. (El S. (MAG), Centro Nacional de Tecnología Agropecuario y Forestal, S. S. (El S. (CENTA), Cooperación (COSUDE), A. S. para el D. y la, & Deras Flores, H. (2020). *Guía técnica: El cultivo de maíz*. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Barrios, M. N. (2000). Efecto de diferentes arreglos topológicos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y uso equivalente de la tierra [Trabajo de diploma, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1779/1/tnf01b276e.pdf>.

- Bernal J. H, Navas GE, Hernández RS. (2014). Requerimientos y respuestas a la fertilización del maíz en suelos de sabanas ácidas de Colombia. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*.
- Blanco-Valdés, Y., & González-Viera, D. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3), e08. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>.
- Bonilla, R. A. I. (2021). Evaluación del cultivo de maíz (*Zea mays*), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. Cayambe - Ecuador.
- Bósquez, L., & Bismar, J. (2021). Rendimiento y características morfológicas del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en respuesta a la fertilización nitrogenada orgánica y mineral. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5815>
- Bueno Sánchez, E. A., & Tolentino Florián, L. Y. (2022). Adaptabilidad de cinco híbridos de maíz amarillo duro (*zea mays* L.) bajo condiciones edafoclimáticas de los anitos – valle de Barranca. <http://repositorio.unab.edu.pe/handle/20.500.12935/115>
- Campos Villar, H. (2019). Rendimiento de híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en el distrito de Coviriali - Satipo [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6044/T010_46616384_T.pdf.
- Castellanos Reyes, M. A., Valdés Carmenate, R., López Gómez, A., & Guridi Izquierdo, F. (2017). Mediciones de índices de verdor relacionadas con área foliar y productividad de híbrido de maíz. *Cultivos Tropicales*, 38(3), 112-116. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n3/ctr16317.pdf>
- Cervantes-Ortiz, F., Covarrubias-Prieto, J., Rangel-Lucio, J. A., Terrón-Ibarra, A. D., Mendoza-Elos, M., & Preciado-Ortiz, R. E. (2013). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 101-110. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43726204014.pdf>.
- Cervantes-Ortiz, F., Gasca-Ortiz, M. T., Andrio-Enríquez, E., Mendoza-Elos, M., Guevara-Acevedo, L. P., Vázquez-Moreno, F., & Rodríguez-Herrera, S. (2014). Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria México*, 2(1), 9–16. <https://www.somecta.org.mx/Revistas/somectavol.2.1/2.%20CYTAM-2014-10.%20FRANCISCO-CERVANTES-ORTIZ.pdf>

- Chumpitaz Quevedo, D. J. (2018). Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) con abono foliar en la localidad de La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3561>
- Cordido, L. (2013). Efecto de densidad de siembra y ambiente, sobre el rendimiento de tres híbridos de maíz de siembra tardía en el oeste arenoso, provincia de Buenos Aires [Trabajo final de graduación, Pontificia Universidad Católica Argentina]. Repositorio institucional UCA. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/289/1/doc.pdf>
- Cruz, M. S. (2017). Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) [Proyecto especial de graduación, Zamorano]. Repositorio Digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/756160fe-9171-4813-8c0d-15e6986e0a42/content>.
- Cuenca, S. (2019). Alta densidad de siembra en el comportamiento agronómico de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L.), Santa Elena [Tesis de ingeniería, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio institucional. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CUENCA%20LOPEZ%20SHYLA%20SAMANTHA.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- Di Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Rodríguez, Á., & Martínez, J. (2007). Uso del índice de área foliar y del porcentaje de cobertura del suelo para estimar la radiación interceptada en papa. *Agricultura Técnica*, 67(1), 74-85. <https://www.scielo.cl/pdf/agrtec/v67n1/at10.pdf>.
- Elizondo, J., Boschini, C. (2001). Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 181-187. Universidad de Costa Rica. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/437/43712208.pdf>.
- Escalante-Estrada, Y. I., Samper-Escalante, L. D., Estrada, J. A. salvador E., & ESCALANTE-Estrada, L. E. (2021). Infestación de cultivos de maíz (*Zea mays* L.) por *Spodoptera frugiperda* (j. E. Smith) y sus aspectos ecofisiológicos. *FORO DE ESTUDIOS SOBRE GUERRERO*, 8(1), Article 1.
- Espinoza, D. la C., & Carlos, J. (2016). Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la localidad de La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1961>
- Fernandez Toro, A. Y. (2019). Evaluación del rendimiento de tres variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) bajo tres densidades de siembra en el Centro Poblado Ñunya Jalca, Distrito Bagua Grande – Amazonas, 2018. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza - UNTRM. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1770>

- Flores Alva, K. del R. (2023). Uso de medidor de NDVI para optimizar la fertilización nitrogenada en maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de invierno. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5878>
- García-López, D. A., Hernández, R. A. (2023). Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays*) híbrido. *Tecnología en Marcha*, 36(4), 160-168. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6427>.
- Gissela, D. M. M., & Beatriz, M. V. M. (2020). Efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano en el sitio el limón del cantón bolívar.
- González, D., & Blanco, Y. (2021). Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Cultivos Tropicales*, 42(3), e08. Ediciones INCA. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193268883008/html/>.
- Guamán, R. N., Vera, T. X. D., Villavicencio Abril, Á. F., Ulloa Cortázar, S. M., & Romero Salguero, E. J. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7(2), 47–56. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>.
- Hernández, G. M., & Pérez, E. B. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del cultivo de maíz (*Zea mays*) en camas biointensivas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15), 2022. <https://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943064011/html/>.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2020). Guía técnica: El cultivo de maíz. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/11893>
- Hou, P., Liu, Y., Liu, W., Liu, G., Xie, R., Wang, K., Ming, B., Wang, Y., Zhao, R., Zhang, W., Wang, Y., Bian, S., Ren, H., Zhao, X., Liu, P., Chang, J., Zhang, G., Liu, J., Yuan, L., ... Li, S. (2020). How to increase maize production without extra nitrogen input. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104913. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104913>
- INTAGRI (2024). El índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>.
- Intagri S.C. (2001). El índice de área foliar (IAF) y su relación con el rendimiento del cultivo de maíz. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf>

- Intagri. (2001). Densidad de siembra en el cultivo de maíz. Recuperado de https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/densidad-de-siembra-en-el-cultivo-de-maiz?utm_source=chatgpt.com.
- Intriago, D. I., & Torres, J. R. (2018). Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) [Proyecto especial de graduación, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. Repositorio Institucional Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/25090362-c248-41d8-bd98-8c0462a6e1b5/content>.
- Lázaro-Rojas, W., Vargas-Rojas, J. C., Vega-Villalobos, E. V., Alvarado-Hernández, A., Cabalceta-Aguilar, G., & Garbanzo-León, G. (2022). Productividad de maíz (Diamantes 8843) bajo diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno. *Agronomía Mesoamericana*, 50990. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50990>
- López Najar, G. (2011). Efecto de niveles de fertilización nitrogenada y densidades de siembra en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) híbrido intervarietal INIA-608 (VAREX) en Tingo María [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/024a9268-fef3-4bb1-a269-de59dccdbaac/content>.
- Loyola, K. S. E. (2019). Comparativo de rendimiento de grano de seis híbridos de maíz amarillo duro *Zea mays* L. (Poaceae) para las condiciones de la Región La Libertad [Tesis de licenciatura, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio institucional UPAO. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/4511/REP_ING.AGRON_KIMBERLY.LOYOLA_COMPARATIVO.RENDIMIENTO.GRANO.SEIS.H%C3%8DBRIDOS.MA%C3%8DZ.AMARILLO.DURO.ZEA.MAYS.L.POACEAE.CONDICIONES.LA.LIBERTAD.pdf?sequence=1&utm_source=chatgpt.com.
- MacRobert, J. F., Setimela, P., Gethi, J., & Worku, M. W. (2015). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. CIMMYT. <https://repository.cimmyt.org/server/api/core/bitstreams/daa39cb9-1de5-4061-b4c2-72f07d9f4920/content>.
- Martínez J. M, Landriscini M. R, Minoldo G. V, Galantini J. A. Uso de un clorofilómetro para el diagnóstico de fertilización nitrogenada en la región del sudoeste bonaerense en trigo de secano sobre dos antecesores. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 2016;0(28):035–43.

- Martínez Vidal, S. J. (2022). Rendimiento de cuatro híbridos de Maíz amarillo para grano y forraje, bajo tres densidades de siembra. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5388>
- Martínez, E., Masana, A., Esteban, E., & Loues, S. (2017). Evolución del incremento de rendimiento del maíz. *Vida Rural, Especial Maíz*, 52–55. Recuperado de <https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/525c6321-b21a-4e88-bdb4-9466e8237044/content>.
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. C., Vázquez-Carrillo, G., & Turrent-Fernández, A. (2018). Rendimiento de híbridos de maíz grano blanco en cinco localidades de Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(7), 1447-1460. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n7/2007-0934-remexca-9-07-1447.pdf>
- Mendoza, M., Mosqueda, C., Rangel, J. A., López, A., Rodríguez, S. A., Latournerie, L., & Moreno, E. (2006). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura Técnica en México*, 32(1), 89-99. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v32n1/v32n1a9.pdf>.
- Morales Solis, N. R. (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 licenciatura, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Repositorio Institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/4b4563eb-4e52-4b88-a280-4e5414ec2154/content>
- Moreno, O. E., & Vera, J. L. (2022). Efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí [bachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1970>
- Moreno Navarrete, O. E., & Vera Uriarte, J. L. (2022). Efectividad agronómica y económica de la fertilización líquida en maíz amarillo duro bajo condiciones de secano, en Rocafuerte – Manabí [bachelorThesis, Calceta: ESPAM MFL]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1970>
- Novoa R, Villagrán N. (2002). Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. *Agricultura Técnica*. doi:10.4067/S0365-28072002000100017.

- Orihuela, E. J. (2023). Efecto de diferentes dosis de hidrogel agrícola (poliacrilato de potasio) en el rendimiento del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en un Entisol (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali). Repositorio Institucional. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/59f5dd33-70d4-48c5-a278-93cd198732c9/content>.
- Osambela, I. (2023). Respuesta de la fertilización con NPK en la productividad agronómica del maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) híbrido Atlas 777 en suelos de restinga de Ucayali (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ucayali). Repositorio Institucional. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ae8d0944-9f93-4e34-8f6b-f1c2ec32b027/content>.
- Pérez-Somarriba, E. B., & Hernández-Fernández, G. M. (2022). Efecto de densidades de siembra en el desarrollo fenológico-productivo del cultivo de maíz (*Zea mays*) en camas biointensivas. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 8(15). <https://portal.amelica.org/ameli/journal/394/3943064011/html/>.
- Quevedo, Y., Barragán, E., & Beltrán, J. (2015). Efecto de altas densidades de siembra sobre el híbrido de maíz (*Zea mays* L.) impacto. *Scientia Agroalimentaria*, 2(1), 18-24. <https://www.researchgate.net/publication/324597810>.
- Quiroz Mercado, J., Pérez López, D. de J., González Huerta, A., Rubí Arriaga, M., Gutiérrez Rodríguez, F., Pascual Franco Martínez, J. R., & Ramírez Dávila, J. F. (2017). Respuesta de 10 cultivares de maíz a la densidad de población en tres localidades del centro mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1521-1535. <https://www.redalyc.org/journal/2631/263153520005/html/>.
- Quispe, M. A. (2021). Comparativo de rendimiento de dos variedades de maíz amiláceo en dos épocas de siembra bajo condiciones de variables climáticas en Paucarpata, Quispicanchi, Cusco. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6676>
- Ramírez-Díaz, J. L., Alemán-de la Torre, I., Bautista-Ramírez, E., Vidal-Martínez, V. A., Salinas-Moreno, Y., & Ledesma-Miramontes, A. (2021). Respuesta de híbridos subtropicales de maíz a la densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(2), 173-182. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v44n2/0187-7380-rfm-44-02-173.pdf>.
- Ríos, A., Machimba, M., Molina, Á., & Montenegro, M. (2007). Evaluación agronómica de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, (6), 30-33. <https://www.redalyc.org/pdf/4760/476047390006.pdf>.

- Rojas, R. P. (2007). Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de tres cultivares comerciales de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/54>
- Salazar, L. F., Vélez, D. V., Mestanza, C. A., & Villacís, J. Y. (2023). Respuesta agronómica de un híbrido de maíz (*Zea mays* L.) a diferentes densidades de siembra. *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(2), 17-24. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i2.661>.
- Sánchez-Hernández, M. Á., Aguilar-Martínez, C. U., Valenzuela-Jiménez, N., Sánchez-Hernández, C., Jiménez-Rojas, M. C., & Villanueva-Verduzco, C. (2011). Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 281-295. ISSN: 1021-7444. Recuperado de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v22n2/a05v22n2.pdf>.
- Santa Cruz, D. E. (2023). Rendimiento de tres híbridos y una variedad de *Zea mays* L. (maíz) bajo tres densidades de siembra en Puerto Bermúdez [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio institucional. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/43655a46-6bb1-4bed-8cf7-05e3c64eed10/content>.
- Santos, S. (2023). Evaluación de las características morfológicas de dos variedades de maíz (*Zea mays* L.) con diferentes dosis de fertilizante en el caserío Vista Alegre [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali]. Repositorio Institucional UNU. <https://apirepositorio.unu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a74635bf-201f-4adc-8423-20032af9e1d4/content>.
- Soltero-Díaz, L., Garay-López, C., & Ruiz-Corral, J. A. (2010). Respuesta en rendimiento de híbridos de maíz a diferentes distancias entre surcos y densidades de plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1(2), 149–158. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n2/v1n2a3.pdf>.
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Chimal, N., Arteaga-Escamilla, I., Trejo-Pastor, V., Canales-Islas, E., Sierra-Macías, M., Valdivia-Bernal, R., Gómez-Montiel, N. O., Palafox-Caballero, A., & Zamudio-González, B. (2012). Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana*, 30(2), 157-170. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v30n2/2395-8030-tl-30-02-00157.pdf>.
- Tinoco, C. A., Ramírez, A., Villarreal, E., & Ruiz, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México*, 34(3), 271-278. <https://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v34n3/v34n3a1.pdf>.

- Urquía, M. (2004). Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de cinco cultivares comerciales de maíz (*Zea mays* L.), en dos localidades. Universidad Nacional Agraria de la Selva. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/41>
- Vásquez, J. (2019). Adaptación de tres variedades de Maíz Amarillo (*Zea mays* L.) para forraje en condiciones de la localidad de La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4231>
- Vázquez, M. G., Mejía, H., Salinas, Y., & Santiago, D. (2013). Efecto de la densidad de población en la calidad del grano, nixtamal y tortilla de híbridos de maíz de alta calidad proteínica. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3), 225–232. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v36n3/v36n3a6.pdf>.
- Villacís, J. Y. (2021). “Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (*Zea mays* l.) Sometido a tres densidades de siembra en la zona de ventanas, provincia de los Ríos.” <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6154>
- Villasagua, J. J. (2022). Comercialización de maíz amarillo seco en la zona de Mocache BABAHOYO. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11344>
- Yang, Y., Xu, W., Hou, P., Liu, G., Liu, W., Wang, Y., Zhao, R., Ming, B., Xie, R., Wang, K., & Li, S. (2019). Improving maize grain yield by matching maize growth and solar radiation. *Scientific Reports*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40081-z>
- Zamudio-González, B., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Encastín-Dionicio, J. J., Martínez Rodríguez, J. N., Félix-Reyes, A., Cárdenas Marcelo, A. L., & Turrent Fernández, A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(7), 1491–1505. <https://www.redalyc.org/pdf/2631/263142146006.pdf>.

ANEXOS



ANÁLISIS DE SUELOS



SOLICITANTE	AGUIRRE CAMPOS NELSON
PROCEDENCIA	MAPRESA - LUYANDO - LEONCIO PRADO - HUANUCO
RECIBO Y/O FACTURA	42973
FECHA DE REPORTE	25/06/2024
OBSERVACION:	MAIZ

RESULTADOS DEL ENSAYO SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO					ANÁLISIS QUÍMICO							ANÁLISIS QUÍMICO									
			Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	pH	CE	Materia Orgánica	N	C	P	K ₂ O	CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICe	Bases Cambiables	Acidez Cambiable	Saturación de Aluminio
			Ao	Arc	Lo			dS/m	M.O.	total	Orgánico	disponible	Calcio		Magnesio	Potasio	Sodio	Aluminio	Hidrógeno	%		%	%	
			CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	%	%	%	1:1	1:1	%	%	%	ppm	ppm	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					%	%	%		
1	S24-0506	M1	30	19	51	Franco Limoso	5.51	0.22	3.10	0.155	1.798	20.818	137.023	6.575	5.226	0.798	0.332	0.218	0.000	0.000	---	100.000	0.000	0.000

Presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de la entidad que los emite. Los datos no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que los emite.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

[Signature]

Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

Figura 43. Análisis de suelo en el lugar donde se ejecutó el experimento

Tabla 28. Datos originales de la altura de planta (cm) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ b ₁	T ₁	269,00	260,00	265,00	273,00	1067,00	266,75
a ₁ b ₂	T ₂	250,50	263,00	259,50	294,00	1067,00	266,75
a ₁ b ₃	T ₃	265,00	260,00	273,50	270,50	1069,00	267,25
a ₁ b ₄	T ₄	291,50	278,50	283,50	291,00	1144,50	286,13
a ₁ b ₅	T ₅	260,50	269,00	284,00	294,00	1107,50	276,88
a ₂ b ₁	T ₆	269,00	261,00	252,50	275,50	1058,00	264,50
a ₂ b ²	T ₇	277,00	274,50	270,00	265,00	1087,50	271,88
a ₂ b ³	T ₈	264,50	267,50	262,00	269,50	1063,50	265,88
a ₂ b ₄	T ₉	264,00	272,50	267,50	276,00	1080,00	270,00
a ₂ b ₅	T ₁₀	266,00	263,90	274,50	278,50	1082,90	270,73

Tabla 29. Datos originales de Índice de área foliar de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ b ₁	T ₁	5,00	4,90	4,50	5,60	20,00	5,00
a ₁ b ₂	T ₂	5,47	5,95	5,56	5,40	22,38	5,60
a ₁ b ₃	T ₃	6,40	6,00	5,90	6,00	24,30	6,08
a ₁ b ₄	T ₄	7,50	7,50	7,40	7,60	30,00	7,50
a ₁ b ₅	T ₅	8,58	8,90	8,80	8,50	34,78	8,70
a ₂ b ₁	T ₆	4,55	4,53	4,50	4,40	17,98	4,50
a ₂ b ²	T ₇	4,68	4,35	4,67	4,52	18,22	4,56
a ₂ b ³	T ₈	5,70	5,65	5,15	5,50	22,00	5,50
a ₂ b ₄	T ₉	8,00	7,80	8,10	8,10	32,00	8,00
a ₂ b ₅	T ₁₀	9,70	8,90	9,62	9,76	37,98	9,50

Tabla 30. Datos originales del diámetro de tallo (mm) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ b ₁	T ₁	23,03	25,52	22,29	23,84	94,68	23,67
a ₁ b ₂	T ₂	20,30	21,15	20,97	25,96	88,38	22,10
a ₁ b ₃	T ₃	20,65	20,58	21,14	19,79	82,16	20,54
a ₁ b ₄	T ₄	21,17	18,18	19,04	19,66	78,05	19,51
a ₁ b ₅	T ₅	17,97	20,18	21,07	20,96	80,18	20,04
a ₂ b ₁	T ₆	25,79	22,81	23,92	25,19	97,71	24,43
a ₂ b ²	T ₇	25,99	25,43	26,51	22,75	10,68	25,17
a ₂ b ³	T ₈	22,53	21,93	19,20	21,53	85,19	21,30
a ₂ b ₄	T ₉	21,09	21,40	19,12	20,25	81,85	20,46
a ₂ b ₅	T ₁₀	19,09	18,02	19,34	18,50	74,95	18,74

Tabla 31. Datos originales inserción de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B1	B2	B3	B4		
a ₁ b ₁	T ₁	134,50	130,00	138,50	136,00	539,00	134,75
a ₁ b ₂	T ₂	112,50	126,00	122,50	158,00	519,00	129,75
a ₁ b ₃	T ₃	140,00	140,50	144,00	138,00	562,50	140,63
a ₁ b ₄	T ₄	166,50	150,00	154,50	156,00	627,00	156,75
a ₁ b ₅	T ₅	137,50	142,50	157,50	168,50	606,00	151,50
a ₂ b ₁	T ₆	139,00	132,50	119,00	128,50	519,00	129,75
a ₂ b ²	T ₇	154,00	133,50	133,00	123,50	544,00	136,00
a ₂ b ³	T ₈	134,00	134,00	129,00	137,00	534,00	133,50
a ₂ b ₄	T ₉	135,50	140,50	141,50	146,50	564,00	141,00
a ₂ b ₅	T ₁₀	142,50	138,00	149,00	143,00	572,50	143,13

Tabla 32. Datos originales de diámetro de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B1	B2	B3	B4		
a ₁ b ₁	T ₁	8,76	8,90	8,75	8,70	35,11	8,77
a ₁ b ₂	T ₂	8,50	8,56	8,40	8,90	34,36	8,59
a ₁ b ₃	T ₃	8,73	8,60	8,35	8,63	34,31	8,57
a ₁ b ₄	T ₄	8,54	8,25	8,45	8,45	33,69	8,42
a ₁ b ₅	T ₅	8,76	8,45	8,45	8,60	34,26	8,56
a ₂ b ₁	T ₆	9,04	8,80	8,75	8,90	35,49	8,87
a ₂ b ²	T ₇	8,72	8,65	8,82	8,80	34,99	8,74
a ₂ b ³	T ₈	8,69	8,55	8,49	8,43	34,16	8,54
a ₂ b ₄	T ₉	8,60	8,50	8,40	8,43	33,93	8,48
a ₂ b ₅	T ₁₀	8,47	8,35	8,55	8,70	34,07	8,51

Tabla 33. Datos originales de número de hileras por mazorca de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B1	B2	B3	B4		
a ₁ b ₁	T1	15,60	15,20	16,20	15,20	62,20	15,55
a ₁ b ₂	T2	15,80	14,40	15,20	16,40	61,80	15,45
a ₁ b ₃	T3	15,60	16,00	16,00	17,20	64,80	16,20
a ₁ b ₄	T4	17,20	16,60	16,00	15,80	65,60	16,40
a ₁ b ₅	T5	15,80	16,20	15,40	16,40	63,80	15,95
a ₂ b ₁	T6	15,80	15,20	14,40	14,80	60,20	15,05
a ₂ b ²	T7	15,60	14,80	14,20	15,60	60,20	15,05
a ₂ b ³	T8	14,80	15,20	14,80	14,80	59,60	14,90
a ₂ b ₄	T9	14,40	14,20	14,20	14,40	57,20	14,30
a ₂ b ₅	T10	14,80	14,60	14,80	14,80	59,00	14,75

Tabla 34. Datos originales de numero de granos por hilera de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B1	B2	B3	B4		
a ₁ b ₁	T ₁	42,60	42,60	42,40	43,40	171,00	42,75
a ₁ b ₂	T ₂	41,20	41,40	41,40	41,40	165,40	41,35
a ₁ b ₃	T ₃	40,80	40,40	41,60	40,00	162,80	40,70
a ₁ b ₄	T ₄	38,20	39,00	39,80	40,00	157,00	39,25
a ₁ b ₅	T ₅	41,80	41,00	39,40	39,80	162,00	40,50
a ₂ b ₁	T ₆	42,20	42,20	41,80	43,20	169,40	42,35
a ₂ b ²	T ₇	40,60	42,00	40,00	40,00	162,60	40,65
a ₂ b ³	T ₈	40,00	39,20	39,60	39,20	158,00	39,50
a ₂ b ₄	T ₉	38,60	38,80	39,80	39,20	156,40	39,10
a ₂ b ₅	T ₁₀	37,80	38,60	37,40	39,00	152,80	38,20

Tabla 35. Datos originales de longitud de mazorca (cm) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B1	B2	B3	B4		
a ₁ b ₁	T ₁	20,10	20,40	20,90	20,80	82,20	20,55
a ₁ b ₂	T ₂	19,60	19,30	19,60	19,80	78,30	19,57
a ₁ b ₃	T ₃	19,60	19,20	19,10	19,40	77,30	19,32
a ₁ b ₄	T ₄	18,30	18,80	18,90	19,10	75,10	18,77
a ₁ b ₅	T ₅	19,70	19,50	19,60	19,70	78,50	19,62
a ₂ b ₁	T ₆	21,00	20,10	20,30	21,80	83,20	20,80
a ₂ b ²	T ₇	20,15	20,60	20,40	20,20	81,35	20,33
a ₂ b ³	T ₈	19,60	18,40	18,70	20,00	76,70	19,17
a ₂ b ₄	T ₉	17,80	17,50	18,40	18,40	72,10	18,02
a ₂ b ₅	T ₁₀	18,90	18,40	18,80	19,10	75,20	18,80

Tabla 36. Datos originales de peso de 100 semillas (g) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B1	B2	B3	B4		
a ₁ b ₁	T ₁	37,00	37,00	37,00	37,00	148,00	37,00
a ₁ b ₂	T ₂	36,00	37,00	35,00	37,00	145,00	36,25
a ₁ b ₃	T ₃	35,00	36,00	35,00	35,00	141,00	35,25
a ₁ b ₄	T ₄	35,00	34,00	34,00	34,00	137,00	34,25
a ₁ b ₅	T ₅	34,20	34,00	34,00	33,80	136,00	34,00
a ₂ b ₁	T ₆	38,00	37,00	39,00	37,00	151,00	37,75
a ₂ b ²	T ₇	36,20	36,20	37,00	36,00	145,40	36,35
a ₂ b ³	T ₈	35,30	35,40	35,00	35,60	141,30	35,325
a ₂ b ₄	T ₉	35,00	35,00	34,00	35,00	139,00	34,75
a ₂ b ₅	T ₁₀	35,00	33,00	34,00	35,00	137,00	34,25

Tabla 37. Datos originales del rendimiento (t/ha) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ b ₁	T ₁	7,76	7,77	7,76	7,768	31,08	7,771
a ₁ b ₂	T ₂	9,79	9,71	9,77	9,79	39,06	9,76
a ₁ b ₃	T ₃	11,66	11,65	11,65	11,65	46,61	11,65
a ₁ b ₄	T ₄	13,97	13,96	13,96	13,95	55,84	13,96
a ₁ b ₅	T ₅	14,58	14,57	14,57	14,57	58,29	14,57
a ₂ b ₁	T ₆	8,49	8,49	8,50	8,498	33,98	8,49
a ₂ b ²	T ₇	9,88	9,80	9,65	9,87	39,20	9,80
a ₂ b ³	T ₈	12,13	12,13	12,14	12,14	48,54	12,13
a ₂ b ₄	T ₉	14,58	14,57	14,57	14,56	58,28	14,57
a ₂ b ₅	T ₁₀	15,37	15,38	15,37	15,38	61,50	15,37

Tabla 38. Datos originales de materia seca (t/ha) de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ b ₁	T ₁	16,00	16,25	16,00	16,1	64,35	16,08
a ₁ b ₂	T ₂	19,37	19,29	19,38	19,37	77,42	19,35
a ₁ b ₃	T ₃	23,28	23,28	23,29	23,27	93,14	23,28
a ₁ b ₄	T ₄	28,00	28,02	27,79	28,00	111,82	27,95
a ₁ b ₅	T ₅	28,94	28,95	28,94	28,94	115,79	28,94
a ₂ b ₁	T ₆	18,65	18,64	18,65	18,65	74,61	18,65
a ₂ b ₂	T ₇	22,62	22,63	22,62	22,63	90,51	22,62
a ₂ b ₃	T ₈	24,72	24,72	24,71	24,72	98,89	24,72
a ₂ b ₄	T ₉	28,9	28,90	28,89	28,92	115,62	28,90
a ₂ b ₅	T ₁₀	29,15	29,15	29,15	29,15	116,63	29,15

Tabla 39. Datos originales de clorofila de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄		
a ₁ b ₁	T ₁	56,69	57,29	57,55	59,46	230,98	57,75
a ₁ b ₂	T ₂	51,53	56,94	56,58	56,84	221,88	55,47
a ₁ b ₃	T ₃	55,88	58,69	54,73	55,24	224,55	56,14
a ₁ b ₄	T ₄	52,19	53,71	50,86	51,72	208,48	52,12
a ₁ b ₅	T ₅	51,66	54,46	50,27	49,60	205,98	51,50
a ₂ b ₁	T ₆	58,64	55,67	58,64	58,87	231,82	57,95
a ₂ b ₂	T ₇	56,50	54,03	55,59	55,72	221,85	55,46
a ₂ b ₃	T ₈	55,08	55,46	53,63	56,84	221,01	55,25
a ₂ b ₄	T ₉	53,09	51,82	49,21	54,35	208,48	52,12
a ₂ b ₅	T ₁₀	50,36	50,61	49,67	47,80	198,43	49,61

Tabla 40. Datos originales del porcentaje de humedad de los tratamientos ensayados

Tratamientos		Bloques				Total	Promedio
Interacción	Clave	B₁	B₂	B₃	B₄		
a ₁ b ₁	T ₁	15,00	14,60	14,20	13,80	57,60	14,40
a ₁ b ₂	T ₂	14,80	14,00	13,70	13,70	56,20	14,05
a ₁ b ₃	T ₃	14,80	13,80	14,50	14,00	57,10	14,20
a ₁ b ₄	T ₄	14,10	13,10	13,90	13,70	54,80	13,70
a ₁ b ₅	T ₅	13,70	14,30	14,00	13,70	55,70	13,92
a ₂ b ₁	T ₆	14,20	15,10	14,20	14,17	57,67	14,41
a ₂ b ₂	T ₇	14,00	14,50	13,10	14,50	56,10	14,02
a ₂ b ₃	T ₈	13,90	14,00	13,00	13,88	54,78	13,69
a ₂ b ₄	T ₉	13,50	13,20	14,20	14,00	54,90	13,72
a ₂ b ₅	T ₁₀	13,10	13,30	13,90	13,50	53,80	13,45

Tabla 41. Datos originales de costos de producción de los tratamientos estudiados

Actividades	U.M.	(S/)		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	
1. Preparación del terreno														
Desmalezado	Jornal	1	50,00	50,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Limpieza	Jornal	2	50,00	100,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Preparación de terreno	Jornal	3	50,00	150,00	15	15,00	15,00	15,00	15,00	15	15,00	15,00	15,00	15,00
Poceado y alineamiento	Jornal	2	50,00	100,00	7,00	8,00	10,00	12,00	13,00	7,00	8,00	10,00	12,00	13,00
2, Labores agronómicas														
Siembra	Jornal	3	40,00	120,00	8,00	10,00	13,00	14,00	15,00	8,00	10,00	13,00	14,00	15,00
Fertilización	Jornal	2	50,00	100,00	8,00	8,00	10,00	12,00	12,00	8,00	8,00	10,00	12,00	12,00
Deshije	Jornal	1	50,00	50,00	4,00	4,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	6,00	6,00
Aporque	Jornal	2	50,00	100,00	8,00	8,00	10,00	12,00	12,00	8,00	8,00	10,00	12,00	12,00
Control de malezas	Jornal	3	50,00	150,00	9,00	13,00	15,00	18,00	18,00	9,00	13,00	15,00	18,00	18,00
Control de plagas	Jornal	1	50,00	50,00	4,00	4,00	5,00	6,00	6,00	4,00	4,00	5,00	6,00	6,00
3, Semillas e insumos														
Semilla	Kilo	3	60,00	180,00	15,00	17,00	18,00	19,00	21,00	15,00	17,00	18,00	19,00	21,00
Fertilizante (Urea)	Kilo	55	4,00	220,00	17,00	21,00	22,00	24,00	26,00	17,00	21,00	22,00	24,00	26,00
Fertilizante (Cloruro de potasio)	Kilo	19	4,00	76,00	7,00	7,00	8,00	9,00	9,00	7,00	7,00	8,00	9,00	9,00
Fertilizante (Súper fosfato triple)	Kilo	16	6,00	96,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00
4, Cosecha y transporte														
Cosecha manual	Jornal	2	40,00	80,00	5,00	7,00	9,00	9,00	10,00	5,00	7,00	9,00	9,00	10,00
Desgranado mecánico	Servicio	1	50,00	50,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Total					120,00	140,00	170,00	187,00	195,00	120,00	140,00	170,00	187,00	195,00

Tabla 42. Análisis de correlación de Pearson (coeficiente/probabilidad) de las variables de estudio de la investigación

	Coeficientes/ probabilidades	Altura de planta	Diámetro de tallo	Inserción de mazorca	Índice de clorofila	Área foliar	Materia seca	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Numero de hileras	Numero de granos	Peso de cien Semillas
Correlación	Altura planta	1,00	0,76	0,00	0,06	0,02	0,08	0,52	0,55	0,01	0,11	0,04
	Diámetro tallo	0,05	1,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00
	Inserción mazorca	0,87	-0,16	1,00	0,01	0,00	0,00	0,07	0,19	0,00	0,01	0,00
	Índice de clorofila	-0,30	0,70	-0,42	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79	0,00	0,00
	Área foliar	0,36	-0,74	0,55	-0,86	1,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00
	Materia seca	0,28	-0,65	0,45	-0,75	0,81	1,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
	Longitud de mazorca	-0,10	0,69	-0,29	0,64	-0,66	-0,72	1,00	0,00	0,51	0,00	0,00
	Diámetro de mazorca	-0,10	0,72	-0,21	0,51	-0,58	-0,57	0,69	1,00	0,91	0,00	0,00
	Número de hileras	0,38	-0,07	0,45	0,04	0,00	-0,14	0,11	0,02	1,00	0,50	0,39
	Número de granos	-0,26	0,58	-0,41	0,69	-0,70	-0,75	0,78	0,57	0,11	1,00	0,00
	Peso de cien semillas	-0,32	0,79	-0,48	0,78	-0,83	-0,77	0,66	0,73	-0,14	0,66	1,00
	Rendimiento	0,33	-0,77	0,53	-0,84	0,92	0,90	-0,77	-0,64	-0,04	-0,82	-0,87

p-valor



Figura 44. (a) Deshierbo, (b) Remoción del terreno



Figura 45. (a)Alineado, (b)Siembra

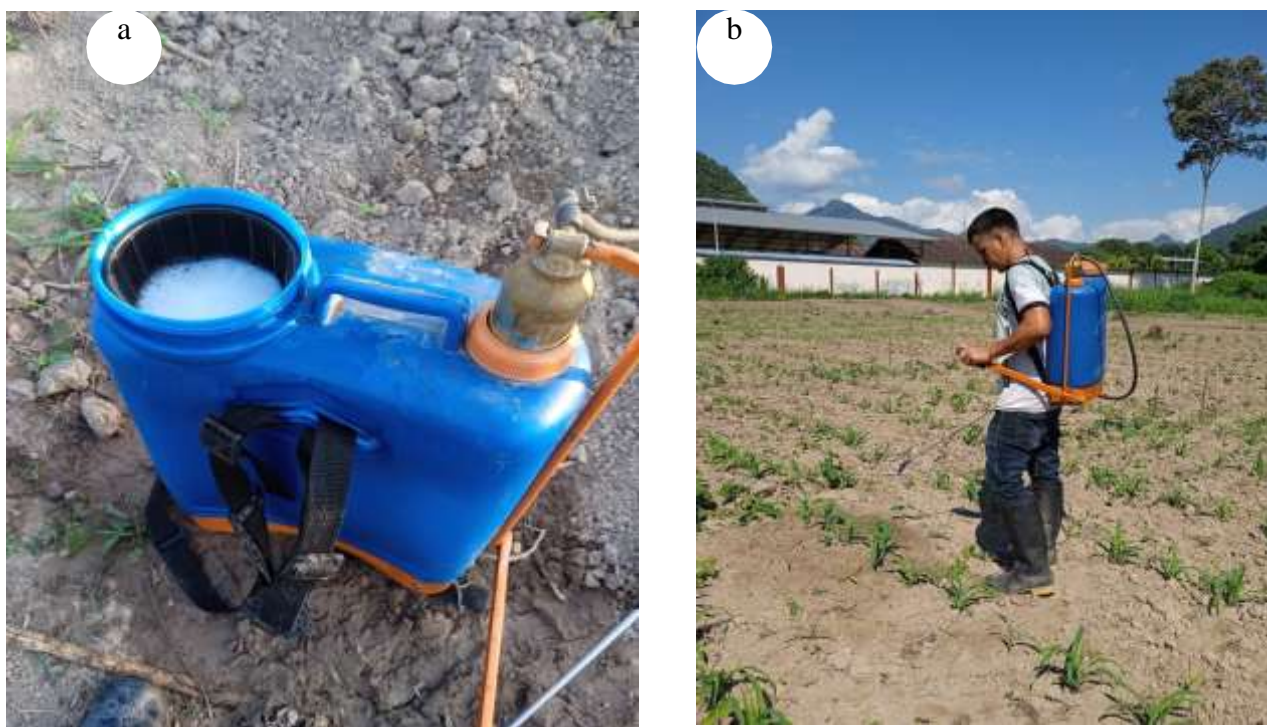


Figura 46. (a)Preparación del insecticida, (b)Aplicación de insecticida

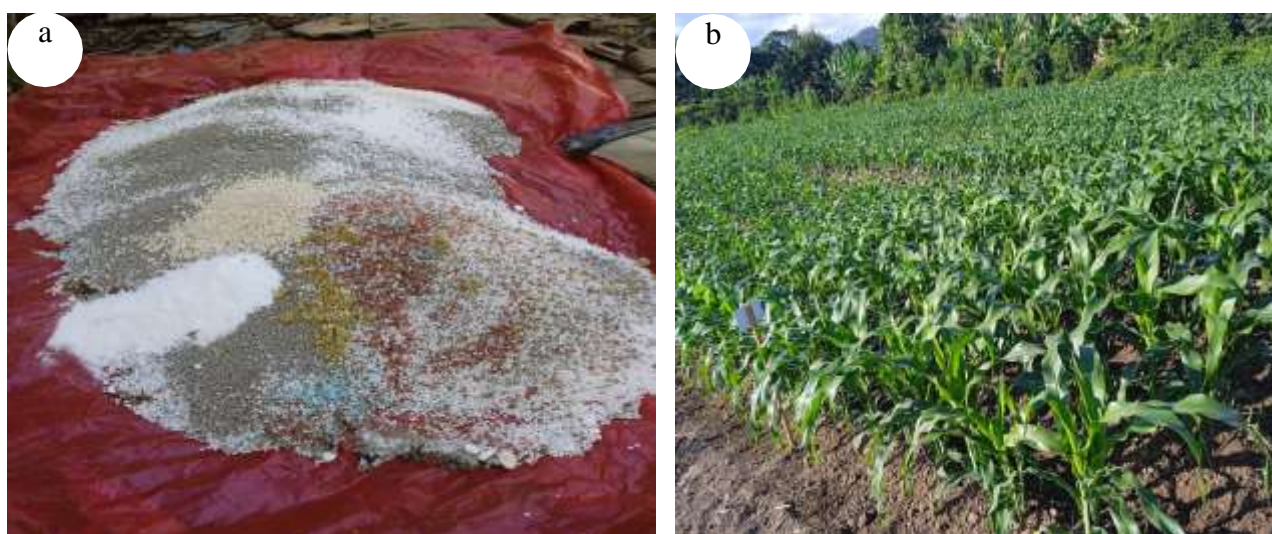


Figura 47. (a) Mescla del fertilizante a aplicar, (b) Aplicación del fertilizante



Figura 48. Evaluación de: (a)Clorofila, (b)Diámetro de tallo, (c) Inserción de mazorca, (d) Altura de planta



Figura 50. Cosecha: (a) Extracción de mazorca de la planta, (b) Despancado



Figura 51. Materia seca: (a) Peso de la materia fresca en una balanza granera, (b) Muestras en estufa.



Figura 52. Evaluación de parámetros: (a) Longitud de mazorca, (b) Diámetro de mazorca, Medición de humedad: (c) Sometiendo la muestra en el equipo medidor, (d) Observación de la medición de humedad.

