

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

“Efecto del distanciamiento entre surcos y plantas sobre el rendimiento de grano
De la línea de alta endogamia de “maíz amarillo duro” *Zea mays* L. (Poaceae)
CML 297”

Área de Investigación:

Fitomejoramiento – Ingeniería Agrónoma

Autor:

Br. Campos Altamirano, Larry Jackson

Jurado Evaluador:

Presidente: Pinna Cabrejos, Jorge

Secretario: Vigo Rivera, Suiberto

Vocal: Holguín Del Río, José

Asesor:

Barandiarán Gamarra, Miguel Ángel

Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5904-8736>

TRUJILLO – PERÚ

2021

Fecha de sustentación: 2021/12/23

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



Ing. Dr. JORGE PINNA CABREJOS

PRESIDENTE



Ing. M. Sc. SUIBERTO VIGO RIVERA

SECRETARIO



Ing. M. Sc. JOSE LUIS HOLGUIN DEL RÍO

VOCAL



Ing. Dr. MIGUEL ÁNGEL BARANDIARÁN GAMARRA

ASESOR

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación a Dios por guiarme en cada uno de mis pasos y por darme las fuerzas para superar los obstáculos que se presentaron en el camino. A mi abuelita Hermenegilda Ríos Gonzales que aun que ya no estés presente eres y seguirás siendo la persona más importante de mi vida, tengo aún presente tu cariño y tu sonrisa sincera. A mi madre Carmen Rosa Altamirano Ríos porque te has esforzado todos estos años para cuidarnos y protegernos. A mis hermanos quienes me apoyaron para culminar la carrera y a mi padre Demetrio Campos Vargas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente con todo respeto al Doctor Miguel Ángel Barandiarán Gamarra por su apoyo, por permitirme realizar la tesis, por compartir sus conocimientos y sus consejos. Muchas gracias maestro.

Agradezco a los señores Wilfredo Vargas Monzón, Roberto Ruiz Polo y a don Ever Ruiz Polo por la ayuda que me brindaron durante el transcurso de la carrera.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO..... | i |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | vii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xiii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xiv |
| RESUMEN..... | xv |
| ABSTRACT..... | xvi |
| 1 INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2 REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA..... | 3 |
| 2.1 La planta de maíz..... | 3 |
| 2.2 Desarrollo de líneas endogámicas y Uso de Híbridos..... | 4 |
| 2.3 Población de plantas por unidad de superficie..... | 6 |
| 2.4 Rendimiento de líneas endogámicas..... | 7 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 9 |
| 4 RESULTADOS..... | 14 |
| 4.1 Rendimiento de grano..... | 14 |
| 4.2 Altura de planta..... | 17 |
| 4.3 Altura de mazorca..... | 21 |
| 4.4 Número de mazorcas cosechadas por hectárea..... | 24 |
| 4.5 Diámetro basal del tallo..... | 28 |
| 4.6 Diámetro medio del tallo..... | 31 |
| 4.7 Prolificidad..... | 35 |
| 4.8 Perímetro de mazorca..... | 38 |
| 4.9 Longitud de mazorca..... | 42 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 4.10 | Número de hileras por mazorcas | 45 |
| 4.11 | Número de gramos por hilera | 48 |
| 4.12 | Longitud de grano | 51 |
| 4.13 | Grosor de grano | 54 |
| 4.14 | Ancho de grano | 57 |
| 4.15 | Peso de 100 granos | 60 |
| 5 | DISCUSIÓN | 64 |
| 6 | CONCLUSIONES | 68 |
| 7 | RECOMENDACIONES | 69 |
| 8 | BIBLIOGRAFÍA | 70 |
| 9 | ANEXOS | 74 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el rendimiento de grano de maíz (t/ha) | 14 |
| Figura 2. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el rendimiento de grano..... | 15 |
| Figura 3. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el rendimiento de grano..... | 15 |
| Figura 4. Regresión lineal de las distancias entre surco y el rendimiento de grano | 16 |
| Figura 5. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el rendimiento de grano..... | 16 |
| Figura 6. Rendimiento promedio de grano de las combinaciones en estudio..... | 17 |
| Figura 7. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la altura de planta del maíz (cm)..... | 18 |
| Figura 8. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la altura de planta de maíz..... | 18 |
| Figura 9. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la altura de planta de maíz (cm)..... | 19 |
| Figura 10. Regresión lineal de las distancias entre surco y la altura de planta (cm)..... | 20 |
| Figura 11. Regresión lineal de las distancias entre golpes y la altura de planta (cm)..... | 20 |
| Figura 12. Altura de planta promedio (cm) de las combinaciones en estudio..... | 20 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 13. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la altura de mazorca (cm)..... | 21 |
| Figura 14. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la altura de mazorca (cm)..... | 22 |
| Figura 15. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la altura de mazorca..... | 22 |
| Figura 16: Regresión lineal de las distancias entre surcos y la altura de mazorca..... | 23 |
| Figura 17: Regresión lineal de las distancias entre golpes y la altura de mazorca | 23 |
| Figura 18: Altura de mazorca promedio (cm) de las combinaciones en estudio..... | 24 |
| Figura 19. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000) | 25 |
| Figura 20. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000) | 25 |
| Figura 21. Regresión lineal entre 4 distancias entre surcos y número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000) | 26 |
| Figura 22. Regresión lineal entre 3 distancias entre golpes y número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000) | 26 |
| Figura 23. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000) | 27 |
| Figura 24. Mazorcas cosechadas por hectárea (x 1000) de las combinaciones en estudio..... | 27 |
| Figura 25. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el diámetro basal del tallo (cm)..... | 28 |
| Figura 26. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el diámetro basal del tallo (cm)..... | 29 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 27. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el diámetro basal del tallo (cm)..... | 29 |
| Figura 28. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el diámetro basal del tallo..... | 30 |
| Figura 29. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el diámetro basal del tallo..... | 30 |
| Figura 30. Diámetro basal promedio (cm) del tallo de las combinaciones en estudio..... | 31 |
| Figura 31. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el diámetro medio de tallo (cm)..... | 32 |
| Figura 32. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el diámetro medio de tallo (cm)..... | 32 |
| Figura 33. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el diámetro medio de tallo..... | 33 |
| Figura 34. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el diámetro medio del tallo..... | 34 |
| Figura 35. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el diámetro medio del tallo..... | 34 |
| Figura 36. Diámetro medio de tallo (cm) de las combinaciones en estudio..... | 34 |
| Figura 37. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la prolificidad..... | 35 |
| Figura 38. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la prolificidad..... | 36 |
| Figura 39. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la prolificidad..... | 36 |
| Figura 40. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el factor de prolificidad..... | 37 |
| Figura 41. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el factor de prolificidad..... | 37 |
| Figura 42. Prolificidad de las combinaciones en estudio..... | 38 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 43. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el perímetro de mazorca de maíz (cm)..... | 39 |
| Figura 44. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el perímetro de mazorca de maíz (cm)..... | 39 |
| Figura 45. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el perímetro de mazorca..... | 40 |
| Figura 46. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el perímetro de mazorca..... | 41 |
| Figura 47. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el perímetro de mazorca..... | 41 |
| Figura 48. Perímetro de mazorca (cm) de las combinaciones en estudio..... | 41 |
| Figura 49. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la longitud de mazorca (cm)..... | 42 |
| Figura 50. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la longitud de mazorca..... | 43 |
| Figura 51. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la longitud de mazorca..... | 43 |
| Figura 52. Regresión lineal de las distancias entre surcos y la longitud de mazorca..... | 44 |
| Figura 53. Regresión lineal de las distancias entre golpes y la longitud de mazorca..... | 44 |
| Figura 54. Longitud de mazorca (cm) de las combinaciones en estudio..... | 45 |
| Figura 55. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el número de hileras por mazorca..... | 46 |
| Figura 56. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el número de hileras por mazorca..... | 46 |

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 57. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el número de hileras por mazorca..... | 46 |
| Figura 58. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el número de hileras por mazorca..... | 47 |
| Figura 59. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el número de hileras por mazorca..... | 47 |
| Figura 60. Número de hileras por mazorcas de las combinaciones en estudio.... | 48 |
| Figura 61. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el número de granos por hileras..... | 49 |
| Figura 62. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el número de granos por hileras..... | 49 |
| Figura 63. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el número de granos por hileras..... | 49 |
| Figura 64. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el número de granos por hileras..... | 50 |
| Figura 65. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el número de granos por hileras..... | 50 |
| Figura 66. Número de granos por hileras de las combinaciones en estudio..... | 51 |
| Figura 67. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la longitud de grano..... | 52 |
| Figura 68. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la longitud de grano..... | 52 |
| Figura 69. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la longitud de grano..... | 53 |
| Figura 70. Regresión lineal de las distancias entre surcos y la longitud de grano..... | 53 |
| Figura 71. Regresión lineal de las distancias entre golpes y la longitud de grano..... | 53 |
| Figura 72. Longitud de grano (mm) de las combinaciones en estudio..... | 54 |
| Figura 73. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre grosor del grano..... | 55 |

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 74. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre grosor del grano..... | 55 |
| Figura 75. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el grosor del grano..... | 55 |
| Figura 76. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el grosor del grano..... | 56 |
| Figura 77. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el grosor del grano..... | 56 |
| Figura 78. Grosor del grano (mm) de las combinaciones en estudio..... | 57 |
| Figura 79. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el ancho del grano..... | 58 |
| Figura 80. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el ancho del grano..... | 58 |
| Figura 81. Respuesta de 3 distancias entre golpes en 4 distancias entre surcos sobre el ancho de grano..... | 58 |
| Figura 82. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el ancho del grano..... | 59 |
| Figura 83. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el ancho del grano..... | 59 |
| Figura 84. Ancho de grano (mm) de las combinaciones en estudio..... | 60 |
| Figura 85. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el peso de 100 granos..... | 61 |
| Figura 86. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el peso de 100 granos..... | 61 |
| Figura 87. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el peso de 100 granos | 62 |
| Figura 88. Regresión lineal de las distancias entre surcos y peso de 100 granos..... | 64 |
| Figura 89. Regresión lineal de las distancias entre golpe y peso de 100 granos..... | 63 |
| Figura 90. Peso de 100 granos de las combinaciones en estudio..... | 63 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Grafico 1. Factores Climáticos (Temperatura) | 9 |
| Grafico 2. Factores Climáticos (Humedad Relativa) | 10 |
| Grafico 3. Análisis de Suelo..... | 11 |

TABLAS DE ANEXOS

Pág.

| | |
|--|----|
| Tabla 1A. Cuadrados Medios y significación estadística de las variables estudiadas..... | 74 |
| Tabla 2A. Valores promedio de los niveles para cada factor estudiado..... | 75 |
| Tabla 3A. Valores de los coeficientes de correlación y regresión..... | 76 |
| Figuras del anexo: Figura 1A Croquis del experimento | 77 |

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de cuatro distancias entre Surcos (40, 45, 50 y 55 cm) y tres distancias entre Golpes (20, 25 y 30 cm) sobre el rendimiento y sus componentes sobre la línea parental CML 297 de maíz amarillo duro. El experimento se condujo en el Fundo UPAO de la Universidad Privada Antenor Orrego en la ciudad de Trujillo, Perú. Los resultados mostraron que el rendimiento de grano se incrementó linealmente con el distanciamiento entre surcos a 40 cm alcanzando 7.13 t/ha de grano, ajustado al 14% de humedad, superando en 80.5% al rendimiento logrado con la distancia a 55 cm entre surcos. La distancia entre golpes que logró el mayor rendimiento promedio fue a 20 cm con 5.4 t/ha. La combinación más rendidora fue S40 x G20 (125,000 plantas/ha) con 7.46 t/ha. Estos altos rendimientos se atribuyen al alto número de mazorcas cosechadas, y a la alta prolificidad que mostro la línea (1.33 mazorcas/planta). La prolificidad y las alturas de planta y de mazorca, se redujeron significativamente con la menor distancia entre golpes. No hubo respuesta a las distancias entre surcos y entre golpes para el diámetro basal y medio del tallo, el número de hileras por mazorca, y número de granos por hilera, y el grosor y ancho del grano.

Palabras claves: maíz amarillo duro, línea endogámica, distancia entre surcos, distancia entre golpes, rendimiento.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the effect of four row distances (40, 45, 50 and 55 cm) and three hill distances (20, 25 and 30 cm) on the grain yield of the yellow hard endosperm maize parental inbred line CML 297. The experiment was conducted in the Fundo UPAO belonging to the Private University Antenor Orrego from Trujillo – Peru. Results showed a significant lineal response to row distances in grain yield (adjusted to 14% grain moisture) reaching 7.13 t/ha with rows 40 cm apart, which meant 80.5% more than that reached with 55 cm row width. Same response was for hill distances; thus, the distance of 20 cm, had the best grain yield with 5.4 t/ha on average. The highest grain yield was for the combination Row 40 x Hill 20 (125,000 plants/ha) with 7.46 t/ha. These high grain yields may be attributable to the high number of maize ears harvested and to the number of ears per plant (1.33 on average). Plant and ear height was significantly reduced as it also was the number of ears per plant with the lowest hill distance. There was no response to row distances and to hill distances for the basal and medium stalk diameter, number of rows per ears, number of grains per ear row, grain thickness and grain width.

Key words: hard yellow corn, inbred line, row with, hill distance, grain yield.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los cultivos más importantes del país es el maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) por el gran valor que representa en la cadena productiva de la industria avícola y porcina nacional. La producción nacional de este cereal, no cubre la demanda que existe en el país, por lo que cada año se ve incrementada su importación, lo que irroga mayores egresos al erario nacional. En el año 2018, la producción nacional de maíz amarillo duro fue de 1'265,072 toneladas, mientras que la demanda nacional alcanzó 4'793,487 toneladas, lo que obligó a importar 3'528,415 toneladas por un valor CIF de US\$ 683'864,470 (Sistema Integrado de Estadística Agraria, SIEA-MIDAGRI, 2019). Esto significa que la producción nacional solo cubrió el 26.39% de las necesidades del país en este cereal, mientras que las importaciones representaron el 73.61% del consumo interno.

Esta situación de alta dependencia externa de maíz amarillo duro se convierte en un reto nacional para lograr reducirla, lo que sin duda constituye un objetivo estratégico que obliga a nuestros productores a mejorar su productividad, para lo cual el uso de híbridos, principalmente simples, constituye la mejor alternativa. La costa peruana tiene un clima excepcional muy favorable para la producción de la mayor parte de cultivos. En el caso de maíz amarillo duro, permite no solo sembrarlo durante todo el año, sino alcanzar rendimientos muy altos por unidad de superficie, algo que no sucede en otros países.

En los últimos años, el uso de híbridos simples de maíz ha ido ganando terreno, cuya demanda está siendo cubierta principalmente por híbridos importados, muchos de ellos obtenidos para condiciones climáticas diferentes a las nuestras que representan problemas serios de adaptabilidad, ya que el rendimiento de grano depende mucho de la semilla, de factores agroclimáticos y del manejo agronómico que se le dé (Yzarra y otros, 2010). La producción de semilla F₁ de híbridos desarrollados en nuestro país aún es muy pequeña y no alcanza los resultados y la eficiencia productiva que podría lograrse, lo cual se debe a múltiples factores, entre ellos, a la

falta de investigación del manejo agronómico de las líneas parentales. Es importante entonces, desarrollar mejores tecnologías y procesos más eficientes que permitan la obtención de una mayor producción de semilla F_1 por unidad de superficie, de las líneas receptoras de polen.

Por esta razón, es que se planteó este trabajo de investigación, para estudiar el efecto del distanciamiento entre surcos y plantas sobre el rendimiento de grano de la línea de alta endogamia de maíz amarillo duro CML-297, línea parental hembra del híbrido simple "Megahíbrido" desarrollado por el Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú – INIA. El objetivo fue determinar la población de plantas por hectárea y las distancias de siembra más apropiadas para lograr una mayor producción de semilla híbrida lo que debe reflejarse en una reducción del costo de la semilla en beneficio de los agricultores maiceros de las áreas de adaptación del mencionado híbrido.

2 REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1 La planta de maíz

El centro de origen del maíz no está aun plenamente determinado. Los diferentes estudios señalan posibles lugares de origen primarios y secundarios; y consideran que su dispersión podría deberse a la fácil separación de los granos de la tuza (Grobman A., 2004). Evidencias arqueológicas encontradas en cuevas en el actual territorio de México revelan la existencia de pequeñas mazorcas que poseen una antigüedad de más de 5000 años, y se cree que ya era cultivado 2000 años antes. Paliwal (2001) cita tres centros de origen. El primero, que no ha tenido un gran apoyo, le da al maíz un origen asiático producto del cruzamiento entre *Coix spp* y algunas variedades incluyendo al sorgo. Un segundo probable centro de origen son los Andes, hipótesis que se sostiene por la enorme diversidad genética de los maíces que se siembran en las zonas alto andinas del Perú; esta hipótesis es objetada ya que en los Andes no se han encontrado parientes silvestres al maíz. Esto último, refuerza el origen mesoamericano del maíz, debido a la existencia del Teosinte, especie silvestre del genero *Tripsacum*, que se cruza sin mayor dificultad con el maíz, y que es considerado como uno de sus ancestros (Acosta R., 2009).

El maíz es una planta diploide ($2n=20$ cromosomas), anual y monoica, es decir tiene los dos órganos reproductivos separados y en la misma planta. El tallo es único, erguido, rígido, leñoso y cilíndrico (INEGI, 2007). El número de nudos varía de acuerdo a la variedad. Las hojas son simples, alternas y alargadas conformadas por una vaina, lámina y una lígula. Las flores masculinas están en la panoja, ubicada en la parte superior de la planta, y está compuesta por un eje central, ejes laterales que contienen a las espiguillas. Las flores femeninas se ubican en la mazorca que nace de un nudo axilar a la altura de la quinta o sexta hoja, antes de la hoja bandera, (Lesur, 2005). La mazorca consiste de un eje central o tuza que está cubierta por brácteas y tiene siempre un número par de hileras de grano de maíz (Escorcía y otros, 2010).

La semilla puede ser pequeña, grande, redonda y aplanada de acuerdo a su ubicación en la mazorca; para su clasificación se tiene en cuenta su longitud y grosor de cada grano (MacRobert, 2015). En el sistema radicular se diferencia: las raíces principales y secundarias las cuales permiten el desarrollo y anclaje de la planta.

2.2 Desarrollo de líneas endogámicas y Uso de Híbridos

A comienzos del siglo XX, se despertó un gran interés por incrementar los rendimientos por unidad de superficie de maíz amarillo duro en los Estados Unidos de América. Entre los años de 1908 a 1909 se realizaron diferentes trabajos de investigación de mejora genética a través del uso de líneas puras que al cruzarlas exhibían lo que luego se conocería como heterosis o vigor híbrido, que resultaba en una primera generación filial superior a sus padres, en todos sus aspectos. A pesar de la evidencia de la superioridad en rendimiento de los híbridos simples (dos líneas parentales), en aquellos años la pobre productividad de las líneas parentales hembra, hacía inviable su comercialización debido al alto costo de la semilla híbrida.

La solución vino con la propuesta de Jones (1928), con el uso de híbridos dobles (4 padres), lo que permitió que a partir de 1930 se generalizara el uso comercial de este tipo de híbridos. Esta situación cambió en la década de los años 60 del siglo pasado, con la obtención de líneas de alta endogamia más productoras que hicieron posible la producción de semilla comercial más barata de híbridos simples, que expresan la mayor heterosis, desplazando del mercado de semillas a los híbridos dobles y triples por su mayor producción de grano. Los programas de selección recurrente recíproca en maíz, están permitiendo el desarrollo de líneas de alta endogamia con mejores características morfológicas y mayor eficiencia fisiológica y productiva. Las líneas parentales actuales poseen hojas erectas, (que les permite una mayor eficiencia fotosintética), son más pequeñas, (que permite un mayor número de plantas por metro cuadrado), más eficientes en el uso del nitrógeno y del agua, mayor tolerancia a insectos y resistencia a enfermedades, etc. (López, 1991).

Para poder lograr los distintos híbridos de maíz se debe tener en cuenta la cantidad de líneas endogámicas que participan en cada uno de ellos. Según Ortas (2008) la F1 se puede obtener con solo dos líneas endogámicas diferentes y genéticamente distantes. Los híbridos simples así formados son más uniformes, se adaptan a diferentes tipos de climas y obtienen una mayor producción de grano. La participación de cuatro líneas endogámicas a través del cruzamiento de dos pares de cruza simples forma un híbrido doble; estos híbridos tienen una mayor adaptabilidad porque son más estables debido a que genéticamente son más heterogéneos. El uso de la semilla de una cruza simple como hembra más una línea diferente como padre permite obtener un híbrido triple; la mayor desventaja de este tipo de híbridos es la dificultad de dispersión del polen de la línea parental macho, lo cual conllevaría a que exista mazorcas sin granos, afectando directamente al rendimiento (López, 1991).

En el Perú la mejora genética de maíz amarillo duro se dio por los años de 1940 tras ingresar nuevos germoplasmas de maíz amarillo proveniente de Cuba, los cuales fueron probados en la selva en el centro de investigación de Tingo María. Posteriormente, en la Estación Experimental Agrícola de La Molina y con la creación del Programa Cooperativo de Investigación de Maíz (PCIM) de la Universidad Nacional Agraria La Molina, apoyado por el Ministerio de Agricultura y la fundación Rockefeller, se inició la formación de híbridos dobles (Sevilla, 2010). Después se desarrollaron en el Valle de Huaura los híbridos Topcross 1 y Topcross 2 por la Asociación de Agricultores de Cañete, luego aparecieron las variedades sintéticas NS-50 y NS-54 de la raza perla. Años más tarde, en 1984, el Programa Nacional de Maíz del Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIPA liberó la variedad de polinización libre Marginal 28 tropical que se extendió rápidamente en las principales áreas maiceras de la selva peruana, desplazando en muy poco tiempo a la tradicional variedad Cubano Amarillo. Actualmente, la mayor parte de híbridos que se comercializan en el país son de origen extranjero, sin embargo, en el mercado ya existen opciones de híbridos simples creados por el Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA, con un gran potencial genético productivo, y comercializados a precios más bajos que los híbridos importados.

2.3 Población de plantas por unidad de superficie

Tal como ya se mencionó, uno de los principales objetivos de los programas de mejora genética orientados al desarrollo de líneas de alta endogamia de maíz, es reducir el tamaño de planta y su morfología de manera de incrementar el número de plantas por hectárea y maximizar el rendimiento. Las líneas que presentan hojas más erectas son más eficientes en aprovechar la radiación solar y son aquellas que tienen una mayor tolerancia a altas densidades de siembra a comparación de las que tienen hojas de crecimiento laxo. Resultados de trabajos de distribución espacial en campos de producción, conducidos por Pioneer (2001), consideraban que una densidad de 50,000 a 60,000 plantas/ha favorecen el rendimiento; sus resultados encontraron, en ese entonces, que, con una población de 90,000 plantas por hectárea, la ganancia de grano es mínima lo que no es recomendable por que disminuye la ganancia económica.

Por otro lado, Ortas (2008) reportó que con una densidad de 83,333 plantas/ha y distanciamientos de 0.2 m entre plantas y 0.6 m entre surcos se puede obtener un buen rendimiento; pero si la semilla es de mala calidad, muchas plantas podrían morir a lo largo de todo el ciclo del cultivo generando una disminución de la población final. Cirilo y otros (2004) consideraron que la disminución de la distancia entre surcos es una opción favorable, sin embargo, la línea debe tener una cierta tolerancia a altas densidades de siembra. La disminución de las distancias que se realizan para surcos normales, o surcos de doble hileras puede lograr un mejor control de malezas debido al mayor sombramiento que realiza el cultivo; sin embargo, hay que tener cuidado en lograr que las plantas tengan una separación óptima que aproveche más eficientemente el agua, luz y nutrientes lo que permitiría reducir la cantidad de plantas incapaces de producir mazorcas y el aborto de granos (Zamudio y otros, 2015).

Por otro lado, los problemas fitosanitarios que generalmente se presentan en las líneas endogámicas, causados por bacterias, virus y hongos, se manifiestan de distintas maneras en cualquiera de las etapas del cultivo afectando el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lesur, 2005). En el caso de presencia de bacterias, si no hay un control adecuado en altas densidades de siembra, su dispersión es rápida y el daño es mayor. Los virus también afectan a las líneas puras, pero si se presentan

tardíamente el daño a las mazorcas es mínimo; sin embargo, si se presentan antes de la etapa reproductiva y la línea es susceptible, se generaría muchas plantas sin mazorcas. Águila y otros (1970) estudiaron la respuesta del maíz sembrado a densidades de 55000, 70000, 85000 y 100000 plantas/ha, reportando que a medida que se incrementó el número de plantas por hectárea, disminuyó el diámetro de los tallos, aumentó la humedad de los granos y hubo retardos en la floración. Resultados en trabajos con la línea de maíz CML 176, sembrada a una densidad de 100,000 plantas/ha, encontraron una disminución en la prolificidad, tamaño de las mazorcas y de granos (Cervantes y otros, 2013).

2.4 Rendimiento de líneas endogámicas

En la producción de semilla de híbridos, la línea parental hembra tiene que ser despanojada de manera que pueda recibir únicamente el polen de la línea parental macho, y así producir la semilla híbrida F_1 , cuyo rendimiento mínimo de grano debe ser 3 t/ha para ser considerada económicamente rentable (Sánchez y otros, 2017). Sin embargo, en un ensayo en el que se evaluó el comportamiento de 32 líneas de maíz normal y de alta calidad proteica (QPM), en el estado de Veracruz, México, Meza y otros (2013), encontraron que las líneas VS-536-960, VS-536-959, y LT-157-291 (las dos primeras QPM) tuvieron un rendimiento de 4.7, 4.5 y 4.5 t/ha, respectivamente, con una densidad de 62,500 plantas/ha sembradas en surcos de 0.8 m entre ellos y distanciamientos entre plantas de 0.20 m.

Las investigaciones realizadas por Virgen y otros (2014) en 16 líneas de alta endogamia desarrolladas por el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias de México), y por el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo), encontraron un incremento de hasta 13% en el rendimiento de semilla al pasar de una densidad de 62,500 a 82,500 plantas/ha. Los mismos autores también reportaron que las líneas puras provenientes del CIMMYT tuvieron una producción promedio entre 1484 a 2912 kg/ha a comparación con las líneas del INIFAP, las cuales lograron un rendimiento promedio de 4034 kg/ha. Otros

estudios con una población muy alta de plantas, hasta 200,000 plantas/ha, permitieron identificar líneas promisorias de alta competitividad, que rindieron entre 5.45 t/ha y 7.34 t/ha de grano, cuando fueron después sembradas a 62,500 plantas/ha (Pérez y otros, 2014).

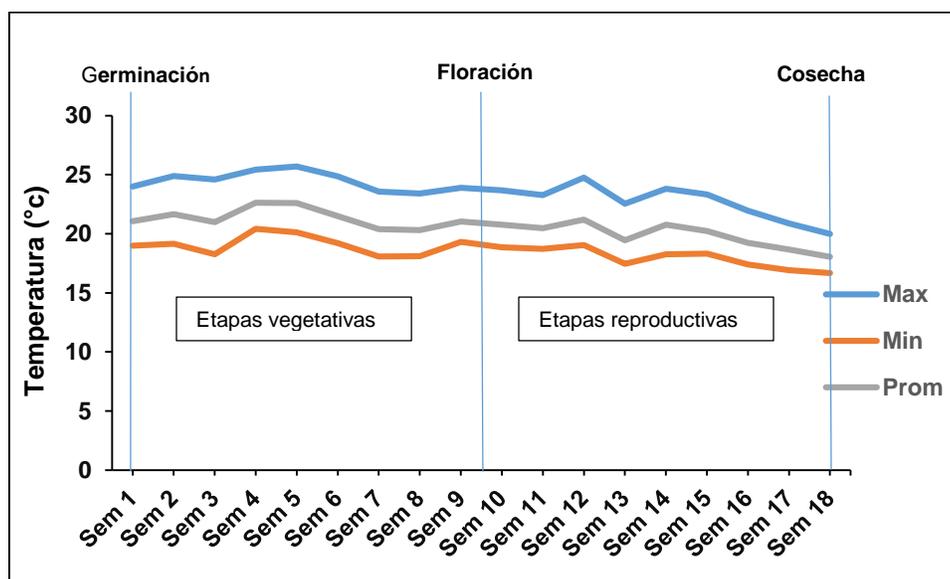
Por otro lado, no todas las líneas tienen el mismo comportamiento y estabilidad. Espinosa y otros (1998), encontraron una variación en el rendimiento entre 1081 y 3058 kg/ha y solo cuatro de las nueve líneas en su estudio produjeron más de 2300 kg/ha de semilla. De la Cruz y otros (2003) trabajaron con 6 líneas puras de maíz sembradas a una densidad de 53,500 plantas/ha (75 cm entre surcos y 25 cm entre golpes); los resultados indicaron que cuatro de las seis líneas estudiadas tuvieron rendimientos superiores a los 2.300 kg/ha. Virgen y otros (2013), reportaron rendimientos promedios de grano de 2.6 y 2.4 t/ha en las líneas parentales M-52 y CML-456, mientras que otras tres líneas rindieron entre 1.3 y 1.4 t/ha de grano a una densidad de 62,500 plantas/ha.

Los progenitores TNM_1 , TNM_2 , TNM_3 , TNM_4 y TNM_5 analizados por Cervantes y otros (2018), a una densidad de 83,300 plantas/ha con distanciamientos de 16 cm entre plantas y 75 cm entre surcos, mostraron que las líneas TNM_4 y TNM_5 tuvieron un rendimiento de 4.0 t/ha y 4.4 t/ha considerados como las mejores accesiones, con alta aptitud combinatoria, a comparación de la línea TNM_2 que obtuvo el más bajo rendimiento con 1.5 t/ha. Por otro lado, Arellano y otros (2018), investigaron las líneas que forman al híbrido Venado H74 (M-54, M-55 y CML-456) en la localidad de Coatlinchan, Texcoco, estado de México, las cuales tuvieron un rendimiento de 2.6, 2.5 y 3.0 t/ha sembradas a una densidad de 65,000 plantas/ha; otros estudios mostraron a dichas líneas como muy estables.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

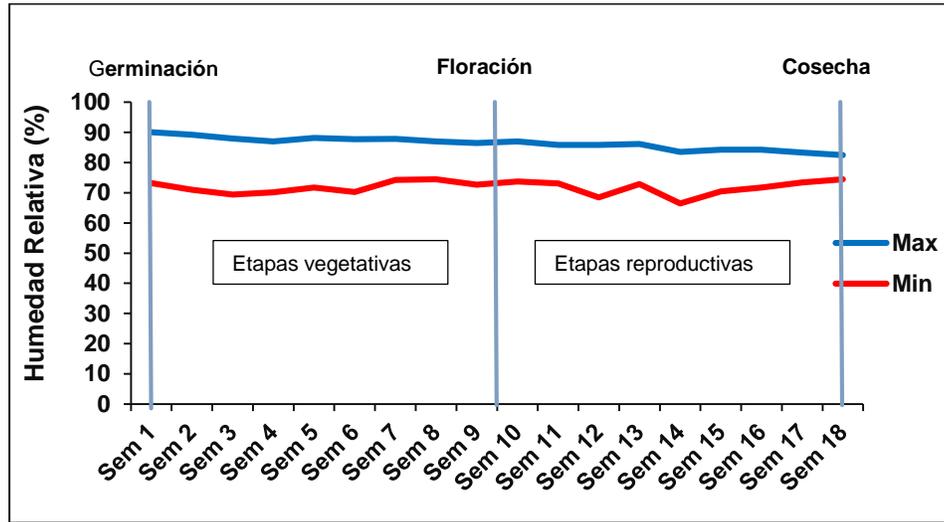
El presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de enero y mayo del 2018 en el Campus II de la Universidad Privada Antenor Orrego ubicado en el Valle de Santa Catalina, sector Barraza, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, región La Libertad, Perú. Entre estos meses (enero – mayo) la temperatura promedio tuvo un valor de 20 °C, la temperatura mínima fue 18.5 °C y la temperatura máxima fue 23.6 °C; mientras que la humedad relativa se mantuvo estable alrededor del 71.8% la HR_{min} y 86.4 % la HR_{max} , tal como lo muestran los gráficos 1 y 2.

Gráfico N° 1: Factores climáticos



Fuente: Datos Meteorológicos de Viveros Agro Génesis

Gráfico N° 2: Factores climáticos



Fuente: Datos Meteorológicos de Viveros Agro Génesis

La preparación del terreno se inició con un arado de discos circulares, luego se gradeo toda la superficie con el propósito de nivelar el terreno y posteriormente se hizo el trazo de los surcos con surcadores de menor dimensión que permitió hacer los distanciamientos propuestos en el estudio. La siembra se realizó el 15 de enero de 2018 después de los cuatro días de realizar el primer riego, apoyados con estacas y utilizando dos lampas pequeñas para evitar colocar la semilla a una mayor profundidad debido a su tamaño, facilitando así una mayor uniformidad en la emergencia de las plántulas. En cada golpe se colocó dos semillas para luego desahijar a una planta con la aparición de la tercera hoja que aproximadamente fue a los 15 días. Los deshierbos se realizaron de forma manual y a palana, por lo que no fue necesaria la aplicación de herbicidas pre y pos emergentes. La fertilización que se utilizó fue con la fórmula 240 – 180 – 160 de N, P y K, aplicándose en dos ocasiones. La primera vez se hizo antes de la siembra (fertilización de fondo), en donde se utilizó solo un cuarto (1/4) de nitrógeno y todo el fosforo y potasio. Luego en la segunda aplicación se utilizaron los tres cuartos (3/4) restantes de nitrógeno a la aparición de la sexta hoja (V6), por otra parte, se consideró realizar un análisis de suelo antes de fertilización de fondo (gráfico 3).

Gráfico 3: Análisis de Suelo

| Muestra N° | MO % | P ppm | K ppm | pH 1.1 | CEes ms/cm | Tipo de Testura |
|------------|------|-------|-------|--------|------------|-----------------|
| 1 | 1.31 | 60.96 | 683.3 | 6.99 | 1.789 | Franco |

El sistema de riego fue a gravedad y su frecuencia dependió de cada uno de sus estados fenológicos y de la atmósfera, considerando también su condición de ser un suelo franco, el que es retentivo en humedad. La presencia constante de plagas y patógenos generó que las aplicaciones de plaguicidas fueran casi continuas debido a que las condiciones ambientales favorecían su desarrollo y reproducción, también el mal control fitosanitario que se realizaba alrededor de la parcela experimental hacía que estos problemas se presenten hasta la cosecha.

En la etapa de llenado de grano se protegieron las mazorcas contra el ataque de pájaros utilizando conos de papel o cucuruchos. La cosecha se realizó el día 19 de mayo del 2018 de forma manual. Cada parcela o unidad experimental estuvo conformada por cuatro surcos de 5 metros de largo, distanciados a 40, 45, 50 y 55 cm entre ellos. Los distanciamientos entre golpes fueron 20, 25 y 30 cm.

Por consiguiente, se estudiaron las doce combinaciones resultantes (tratamientos), en un diseño experimental de Bloques Divididos con cuatro repeticiones, en el cual los distanciamientos entre surcos se estudiaron en la parcela principal, mientras que los distanciamientos entre golpes se ubicaron en las sub parcelas. La suma de cuadrados de los factores en estudio se descompuso en sus componentes ortogonales para determinar la tendencia de respuesta de cada uno. La prueba de significación para determinar diferencias entre los promedios de los tratamientos fue Duncan 5%. El croquis del experimento se muestra en la figura 4A del Anexo.

Los tratamientos en estudio fueron:

- Tratamiento 1: 40**S20G** – 125000 plantas/ha
- Tratamiento 2: 40**S25G** – 100000 plantas/ha
- Tratamiento 3: 40**S30G** – 83333 plantas/ha.
- Tratamiento 4: 45**S20G** – 111111 plantas/ha.
- Tratamiento 5: 45**S25G** – 88889 plantas/ha.
- Tratamiento 6: 45**S30G** – 74074 plantas/ha.
- Tratamiento 7: 50**S20G** – 100000 plantas/ha.
- Tratamiento 8: 50**S25G** – 80000 plantas/ha.
- Tratamiento 9: 50**S30G** – 66667 plantas/ha.
- Tratamiento 10: 55**S20G** – 90909 plantas/ha.
- Tratamiento 11: 55**S25G** – 72727 plantas/ha.
- Tratamiento 12: 55**S30G** – 60606 plantas/ha.

Para las evaluaciones, se consideraron los dos surcos centrales de cada unidad experimental. Las mazorcas cosechadas y despancadas fueron colocadas al inicio de cada surco, para luego ser contadas y pesadas. De cada parcela se tomaron al azar cinco mazorcas representativas para realizar las mediciones de mazorca, para luego desgranarlas pesando por separado el grano y la tuza, y así determinar el porcentaje de desgrane; finalmente se tomaron 100 granos para luego ser pesados y anotados como el peso de los 100 granos.

Para determinar la humedad del grano a la cosecha se desgranaron dos hileras de cada una de 10 mazorcas, posteriormente se colocaron en sobres chicos de manila luego se pesaron cada uno para obtener el peso inicial, seguidamente fueron colocados en una estufa por 36 horas a 80 °C hasta lograr un peso constante y ser registrado como el peso final. El peso de grano por parcela se ajustó al 14% de humedad y por porcentaje de desgrane, para luego ser referido a toneladas por hectárea.

Las variables registradas fueron:

1. Altura de planta (cm): desde la superficie del suelo hasta el cuello de la hoja bandera, en 5 plantas tomadas al azar.
2. Altura de mazorca (cm): tomada desde la superficie del suelo hasta el nudo donde nace la primera mazorca, en las mismas plantas.
3. Diámetro inferior de tallo, registrado en milímetros (mm) en el primer entrenudo visible.
4. Diámetro superior de tallo, registrado en milímetros (mm) en el entrenudo inferior al nudo de donde nace la mazorca.
5. Peso de mazorcas cosechadas en el área de cosecha, (kg).
6. Número de plantas cosechadas en el área de cosecha.
7. Número de mazorcas cosechadas en el área de cosecha.

Las variables registradas en el laboratorio fueron:

8. Prolificidad, se calculó dividiendo el número de plantas cosechadas entre el número de mazorcas cosechadas
9. Determinación de humedad del grano.
10. Longitud de mazorca (cm). Medida desde la base hasta el ápice de la mazorca. se registró el promedio de 5 mazorcas.
11. Diámetro de mazorca y tusa (cm). Medidas entre el límite del tercio inferior y el tercio medio; se registró el promedio de 5 mazorcas.
12. Número de hileras por mazorca. Se registró el promedio de 5 mazorcas.
13. Número de granos por hilera. Se registró el promedio de una hilera de 5 mazorcas.
14. Largo, ancho y grosor de grano. (mm)
15. Porcentaje de desgrane. Obtenido de la proporción de grano en relación con el peso total de mazorca. Se registró el promedio de 5 mazorcas.
16. Peso de 100 granos.
17. Rendimiento (t/ha) por desgrane y al 14% de humedad de grano.

4 RESULTADOS

4.1 Rendimiento de grano

El análisis de la variancia para rendimiento de grano (t/ha), ajustado al 14% de humedad, indicó diferencias altamente significativas entre los promedios alcanzados por ambos factores en estudio, esto es, entre las distancias entre surcos estudiadas y las distancias entre golpes (Tabla 1A, Anexo). El coeficiente de variabilidad del experimento fue 21.6% para esta variable. Entre surcos el más alto rendimiento fue para la distancia de 40 cm entre ellos con 7.13 t/ha de grano, en promedio, y que fue superior estadísticamente a los rendimientos alcanzados por las distancias de 45 cm, 50 cm y 55 cm, que tuvieron 5.15, 4.24 y 3.95 t/ha, respectivamente y entre las cuales no hubo diferencias estadísticas significativas, (Figura 1). El coeficiente de variabilidad entre surcos fue 27.8%.

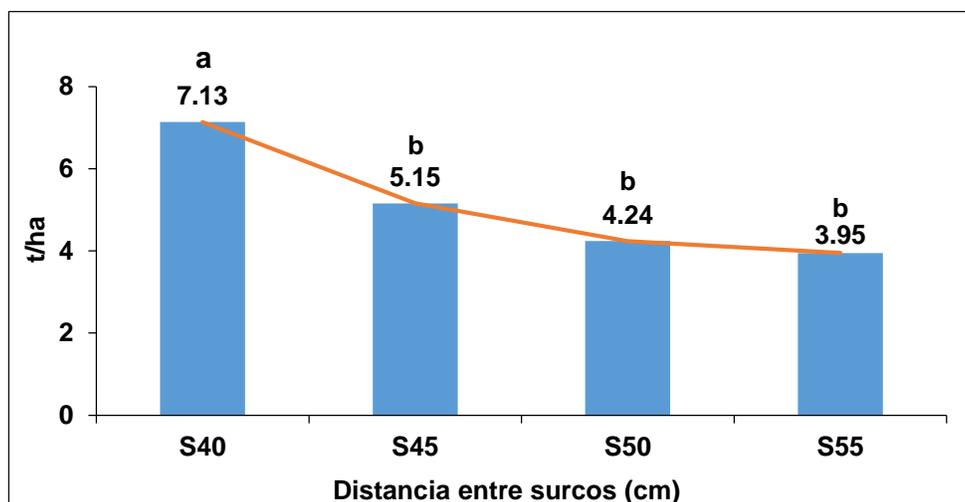


Figura 1. Efectos de 4 distancias entre surcos sobre el rendimiento de grano de maíz (t/ha).

Entre golpes, el mayor rendimiento fue para la distancia de 20cm, con 5.40 t/ha, seguido y alcanzado por la distancia de 25 cm (5.38 t/ha), entre los cuales no hubo diferencias estadísticas significativas, pero ambos promedios sí superaron

estadísticamente al rendimiento logrado por la distancia de 30 cm entre golpes y que fue de 4.58 t/ha, (Figura 2). El coeficiente de variabilidad entre golpes fue 10.02%.

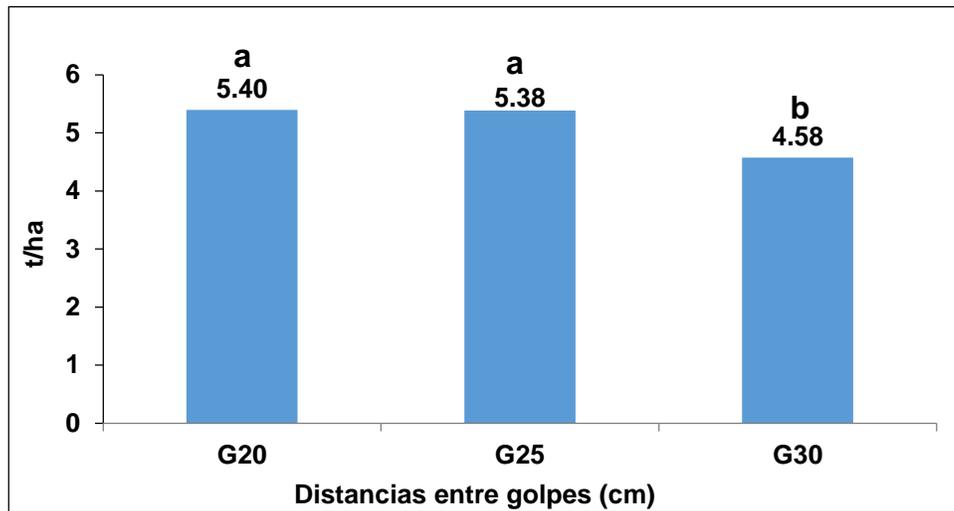


Figura 2. Efecto de tres distancias entre golpes sobre el rendimiento de grano.

La interacción Surcos x Golpes no fue significativa, lo que sugiere que las distancias entre surcos respondieron, en promedio, de manera similar para cada distancia entre golpes para rendimiento, lo que puede observarse en la Figura 3.

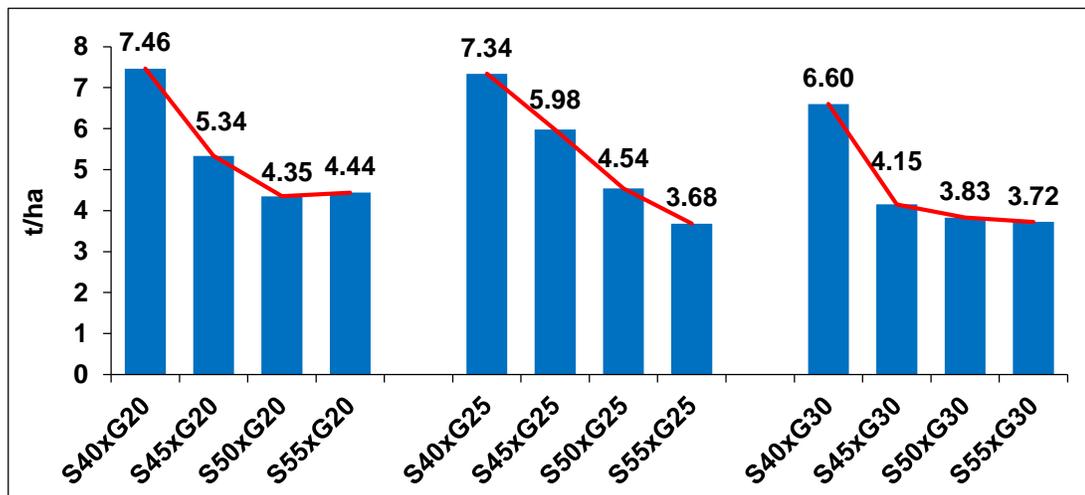


Figura 3. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el rendimiento de grano.

Descompuesta la suma de cuadrados del factor Surcos, el ANOVA mostró una respuesta lineal altamente significativa. La relación entre las distancias entre surcos con rendimiento fue negativa lo que significa que, a menor distancia entre surcos, mayor rendimiento de grano tal como lo muestra el coeficiente de correlación, $r = -0.94$, que sin embargo no fue significativo estadísticamente. Como consecuencia, también el coeficiente de regresión fue negativo con un valor $b = -0.209$, con significación estadística al 90%, lo que indica que, en promedio, el rendimiento se incrementó en 209 kg por cada 5 centímetro de reducción entre surcos (Figura 4). La tendencia lineal de respuesta de las distancias entre golpes sobre el rendimiento fue altamente significativa y negativa, indicando que, a menor distancia entre golpes, mayor rendimiento de grano. Los valores de los coeficientes de regresión y correlación fueron $b = -0.082$ y $r = -0.8718$, (Figura 5), y sin significación estadística (Tabla 3A).

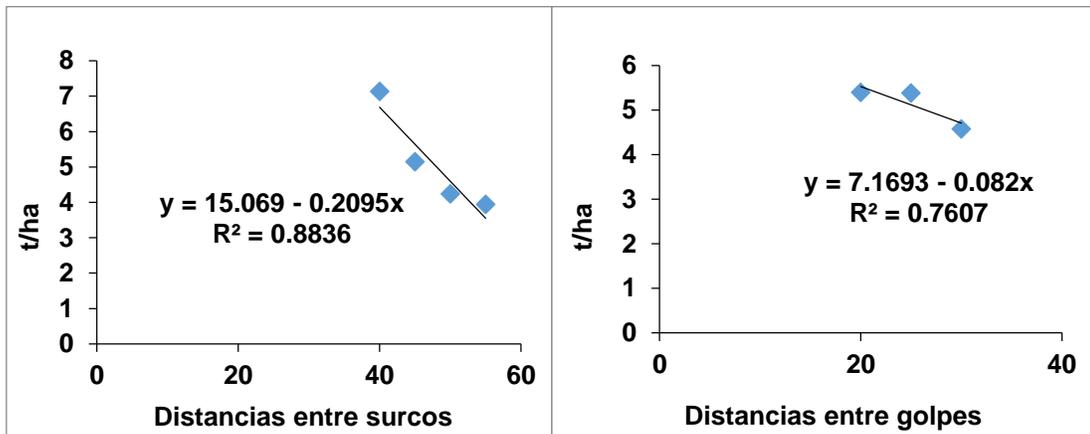


Figura 4. Regresión lineal de las distancias entre surco y el rendimiento de grano.

Figura 5. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el rendimiento de grano.

Las combinaciones Surcos x Golpes con mayor rendimiento fue S40 x G20 con 7.46 t/ha en promedio, seguida de S40 x G25 con 7.34 t/ha, y S40 x G30 con 6.60 t/ha. Los menores rendimientos fue para las combinaciones S55 x G25 que tuvo 3.68 t/ha, y S55 x G30 con 3.72 t/ha (Figura 6).

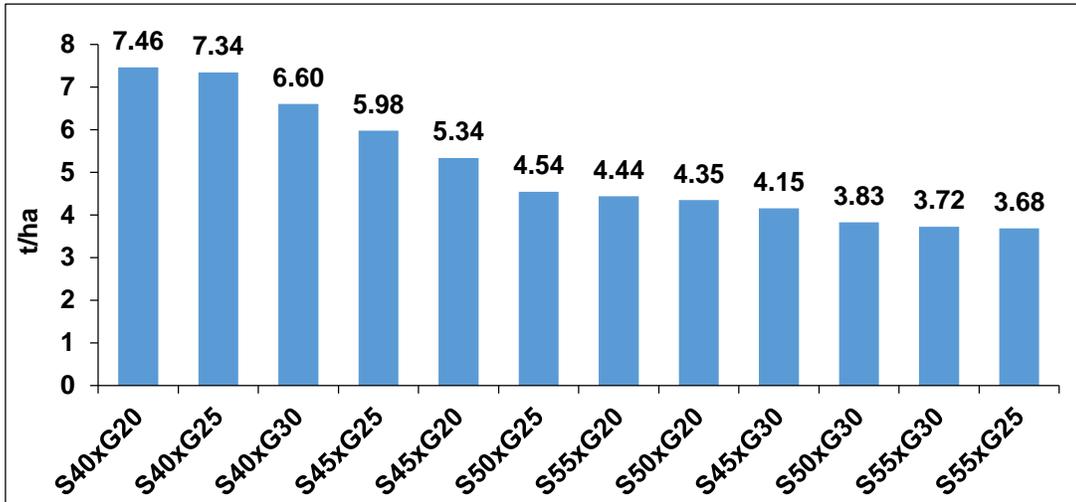


Figura 6. Rendimiento promedio de grano de las combinaciones en estudio.

4.2 Altura de planta

Para la variable de altura de planta los resultados del análisis de varianza mostraron que solo hubo diferencias altamente significativas entre los promedios de las distancias entre surcos, pero no para los promedios de las distancias entre golpes (Tabla 1A, Anexo). El coeficiente de variabilidad del experimento para esta característica fue 11.9 %. El distanciamiento de 40 cm entre surcos alcanzó la mayor altura de planta con un promedio de 203.48 cm, diferente significativamente con 99% de probabilidades, al resto de distanciamientos estudiados. El segundo y tercer lugar lo ocuparon las distancias a 45 cm, (183.76 cm), y a 55 cm (179.66 cm) sin diferencia estadística entre ellos, lo mismo que entre este último y el distanciamiento de 50 cm, que con una altura de planta promedio de 164.45 cm fue el valor más bajo (Figura 7). El coeficiente de variabilidad para el factor Surcos fue de 10.1 %.

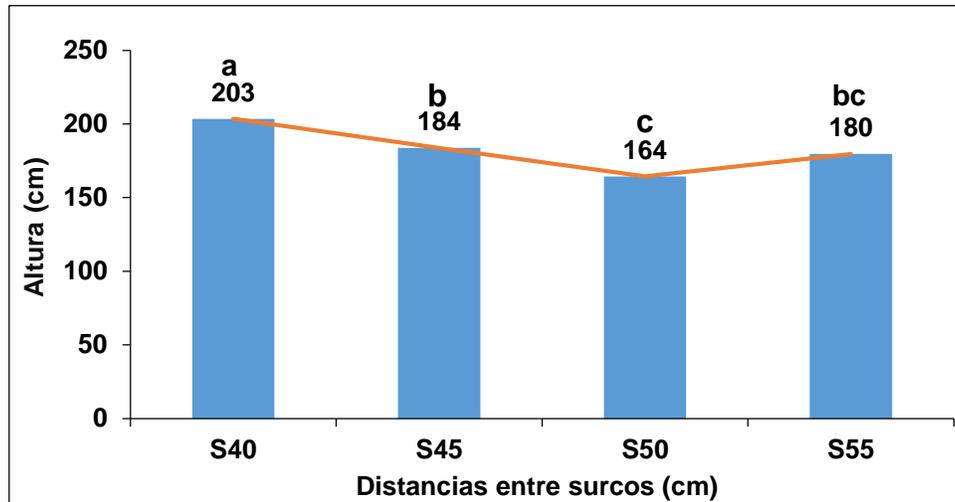


Figura 7. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la altura de planta del maíz (cm).

Entre Golpes, la distancia entre ellos de 25 cm alcanzó 185.7 cm en promedio, seguido de la distancia de 20 cm y 30 cm, que tuvieron valores de 181.7 cm y 181.2 cm, respectivamente (Figura 8).

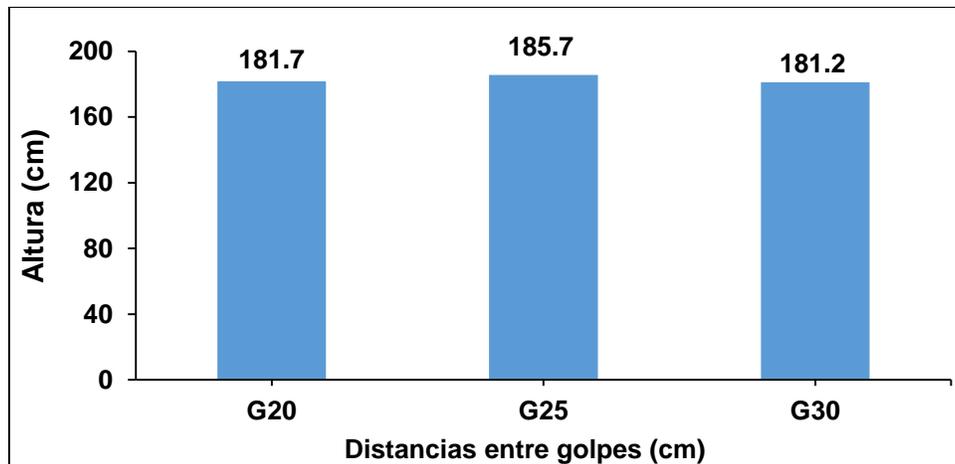


Figura 8. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la altura de planta del maíz (cm).

La interacción Surcos x Golpes no fue significativa, lo cual indica que la respuesta de los distanciamientos entre surcos, dentro de cada distancia entre golpes fue similar, tal como lo muestra la figura 9.

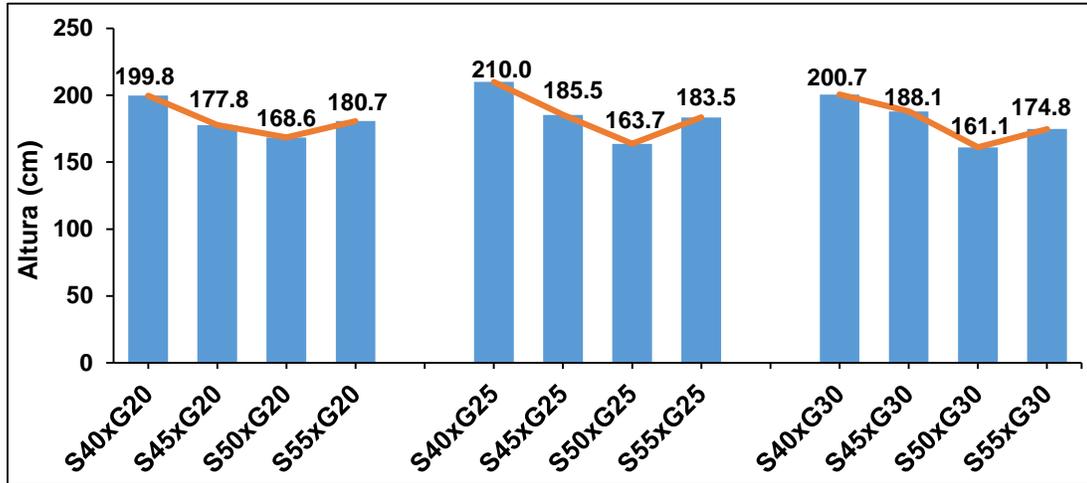


Figura 9. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la altura de planta del maíz (cm).

La suma de cuadrados descompuesta para los Surcos, reveló una respuesta lineal, y también cuadrática, ambas altamente significativas. La figura 10 muestra una relación negativa de la altura de planta, que decrece linealmente a medida que aumenta el distanciamiento entre surcos hasta los 50 cm de separación, para luego aumentar con el distanciamiento a 55 cm.

El coeficiente de correlación tuvo un valor de $r = -0.73$, lo mismo que el coeficiente de regresión $b = -1.815$; ambos no significativos estadísticamente (Figura 10). Para el factor Golpes, los valores de $r = -0.11085$ y $b = -0.054$, no fueron significativos, (Figura 11).

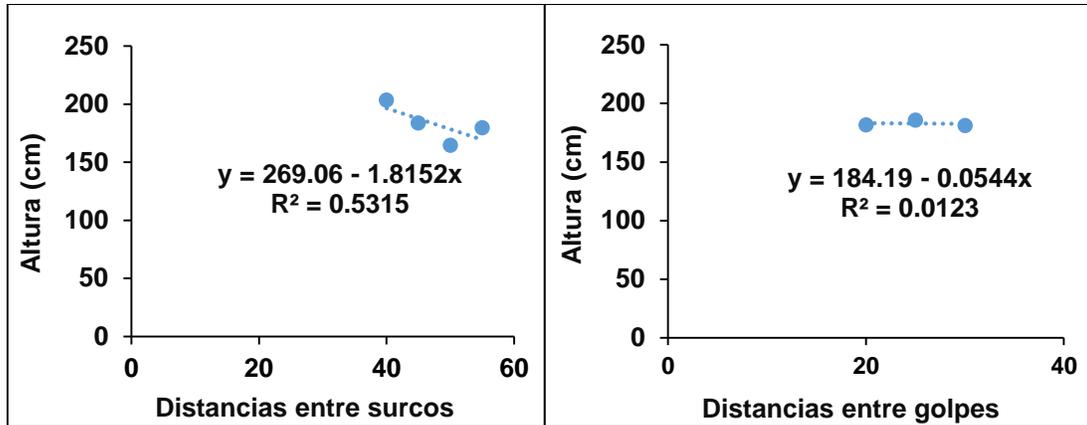


Figura 10. Regresión lineal de las distancias entre surcos y la altura de planta.

Figura 11. Regresión lineal de las distancias entre golpes y la altura de planta.

Entre las combinaciones estudiadas, el tratamiento S40xG25 con 210.0 cm alcanzó la mayor altura de planta, seguida por S40xG30 con 200.7 cm y S40xG20 con 199.8 cm, mientras que las menores alturas de planta fueron para S50xG30 con 161.1 cm y S50xG25 con 163.7 cm, como se observa en la Figura 12.

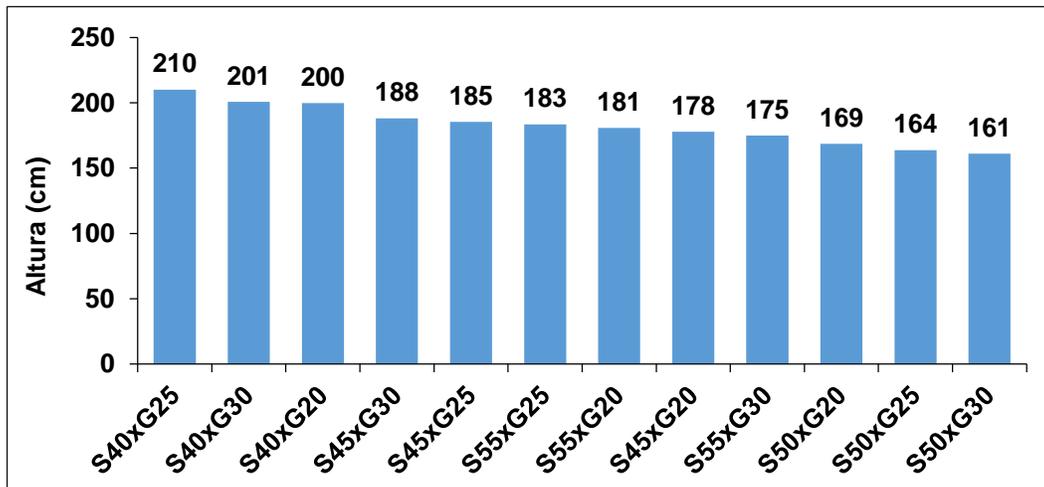


Figura 12. Altura de planta promedio (cm) de las combinaciones en estudio.

4.3 Altura de mazorca

El análisis de varianza para altura de mazorca, mostró diferencias altamente significativas entre los promedios logrados por los distanciamientos entre surcos y no para las distancias entre golpes (Tabla 1A, Anexo). El coeficiente de variabilidad del experimento fue 11.81%.

La altura de mazorca con el distanciamiento de 40 cm entre surcos supero estadísticamente al resto de distanciamientos, con 126.8 cm en promedio. Las distancias de 45, 50 y 55 cm, tuvieron 109.6 cm, 98.9 cm y 109.3 cm sin diferencias estadísticas entre tales promedios (Figura 13). El coeficiente de variabilidad entre surcos fue de 10.67%.

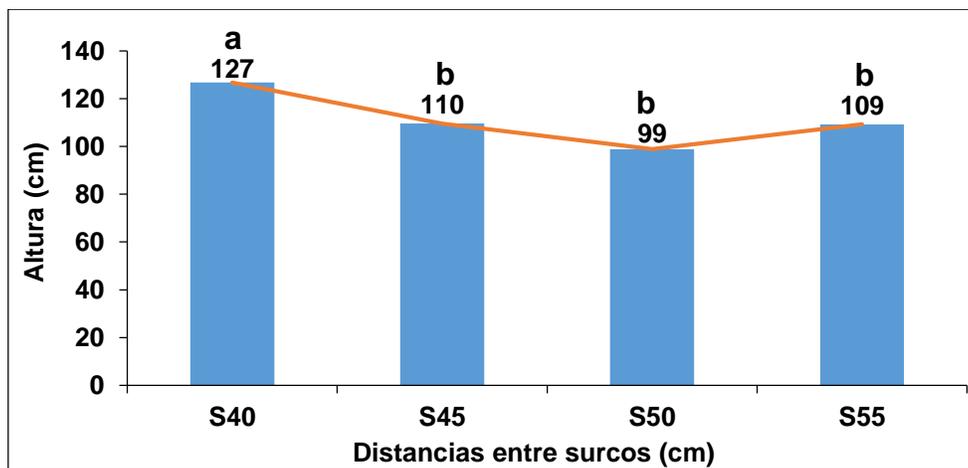


Figura 13. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la altura de mazorca (cm).

Entre golpes, la distancia de 25 cm, logró la mayor altura promedio de mazorca con 114.5 cm a comparación de las distancias de 20 y 30 cm que solo lograron 111.3 cm y 107.6 cm (Figura 14). El coeficiente de variabilidad entre golpes fue de 7.50%

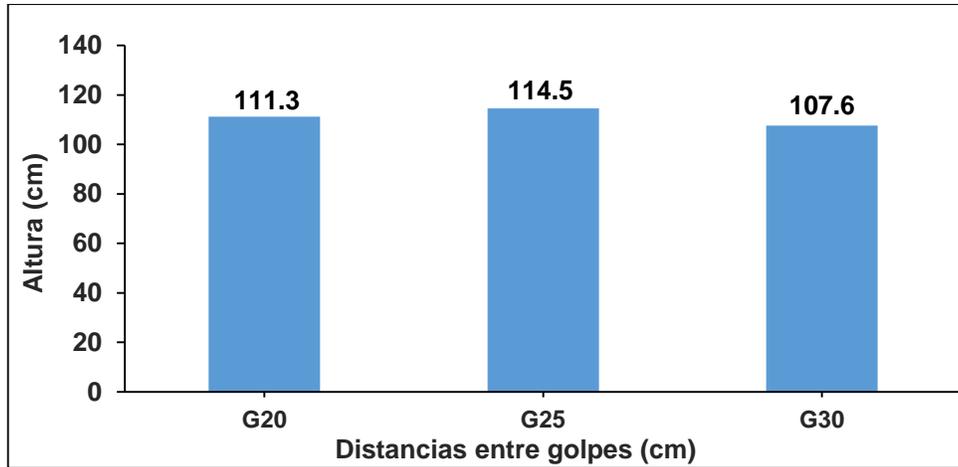


Figura 14. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la altura de mazorca (cm)

La interacción Surcos x Golpes no fue matemáticamente significativa, indicando que para la altura de mazorca las distancias entre surcos respondieron de manera similar en cada uno de las distancias entre golpes estudiadas (Figura 15).

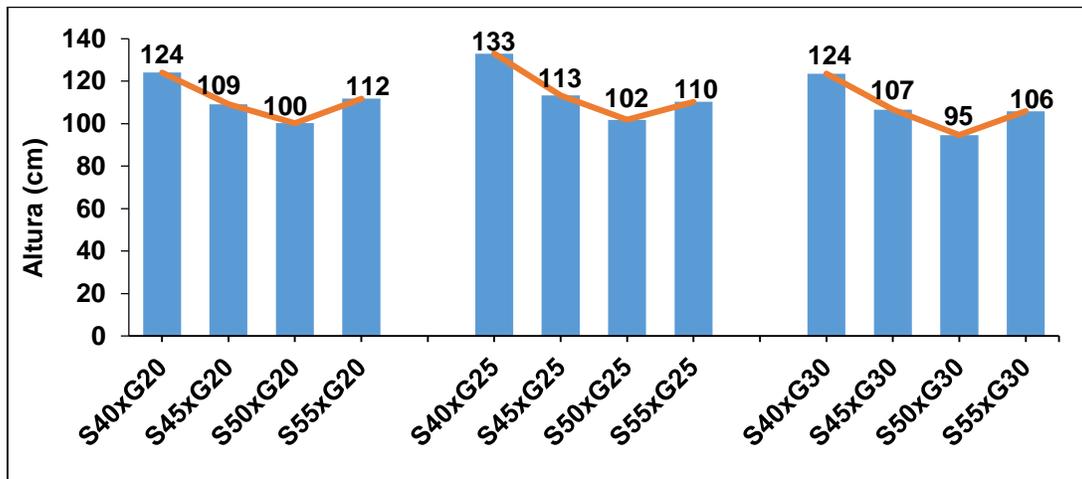


Figura 15. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la altura de mazorca.

Descompuesta la suma de cuadrados para Surcos, el ANOVA reveló una respuesta lineal altamente significativa, lo mismo que para la tendencia de respuesta cuadrática. En la Figura 15, para cada distancia entre golpes, se puede observar una respuesta lineal negativa con la reducción en la altura de mazorca a medida que aumenta la distancia entre surcos a partir de 40 cm entre ellos hasta la separación a 50 cm, para luego tener una respuesta cuadrática, con el incremento en la altura cuando la separación entre surcos fue 55 cm.

El coeficiente de correlación entre las distancias entre surcos con esta variable fue en promedio negativo con un valor de $r = -0.7076$, mientras que el coeficiente de regresión fue también negativo con un valor de $b = -1.269$; ambos no tuvieron significación estadística, (Figura 16). Los valores de la correlación y de regresión para las distancias entre Golpes y la altura de mazorca también fueron negativos con $r = -0.525$ y $b = -0.3631$; ninguno tuvo significación estadística (Figura 17).

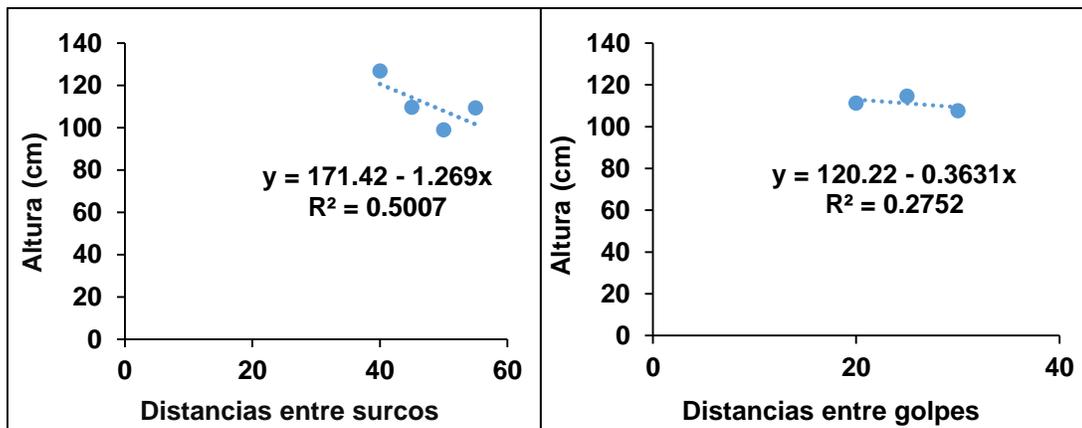


Figura 16: Regresión lineal de las distancias entre surcos y la altura de mazorca.

Figura 17: Regresión lineal de las distancias entre golpes y la altura de mazorca.

Para las combinaciones surcos x golpes, la combinación S40xG25 cm logro la mayor altura de mazorca, con 133 cm, seguida de S40xG20 con 124.0 cm y S40xG30 con 123.5 cm, mientras que las combinaciones S50xG20 (100 cm) y S50xG30 (94.6 cm) obtuvieron la menor altura de mazorca (Figura 18).

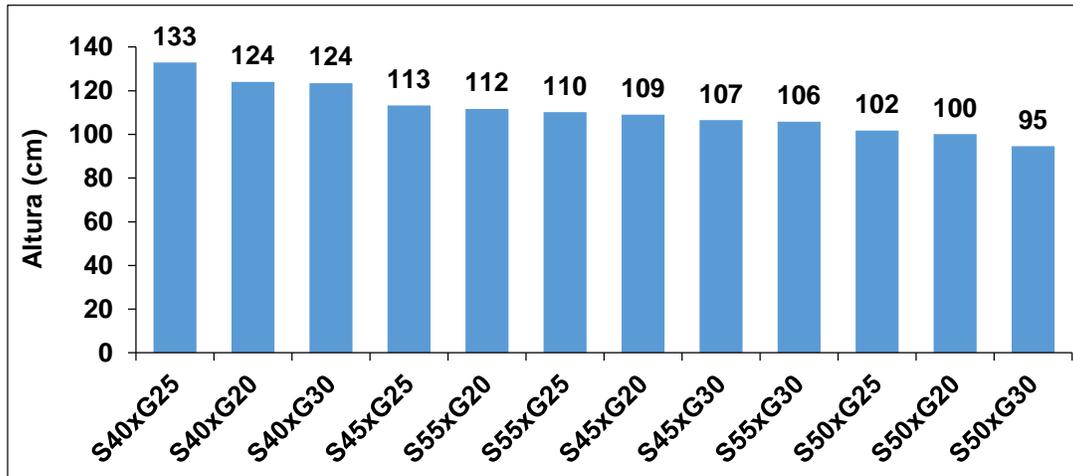


Figura 18: Altura de mazorca promedio (cm) de las combinaciones en estudio.

4.4 Número de mazorcas cosechadas por hectárea

El análisis de la variancia para el número de mazorcas cosechadas por hectárea encontró diferencias altamente significativas entre los promedios de las distancias entre Surcos, y también diferencias significativas para Golpes. La interacción Surcos x Golpes no fue significativa. El coeficiente de variabilidad del experimento para esta característica fue 9.64%. El mayor número de mazorcas cosechadas por hectárea fue para los surcos a 40 cm con 133.854 mazorcas, siendo superior estadísticamente al resto de distancias, seguido por las distancias a 45 cm, con 120.556 mazorcas también diferente significativamente a las distancias a 50 cm y 55 cm que alcanzaron, 103.500 mazorcas y 100.455 mazorcas, respectivamente, sin que exista diferencias estadísticas (Figura 19). El ANOVA también mostró una respuesta de tendencia lineal altamente significativa a las distancias entre surcos. El coeficiente de variabilidad fue 7.76%.

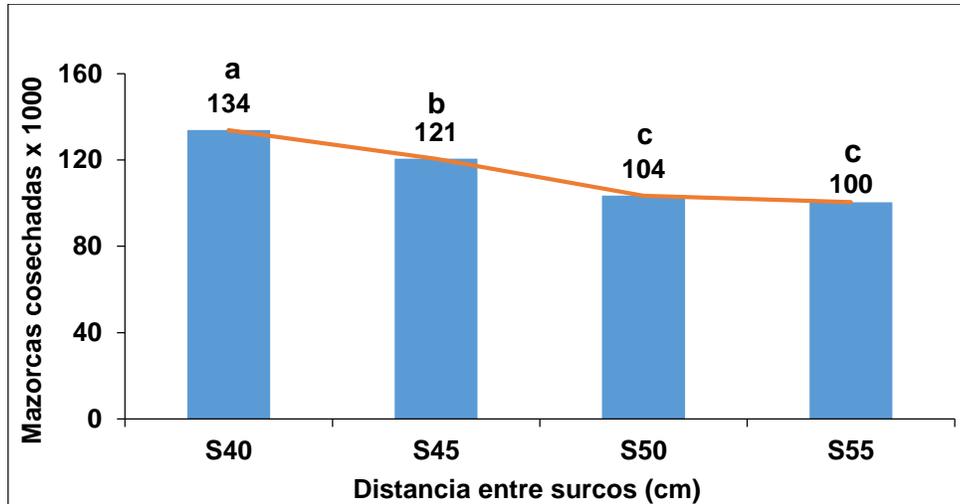


Figura 19. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000)

Para las distancias entre Golpes, el mayor número de mazorcas cosechadas por hectárea fue para la distancia a 20 cm con 121.343 mazorcas, similar estadísticamente con las obtenidas por los golpes a 25 cm con 115.166 mazorcas, pero superior al promedio logrado con la distancia a 30 cm que tuvo 107.264 mazorcas sin diferencia con el promedio de la distancia a 25 cm entre golpes (Figura 20). Por otro lado, la respuesta de las distancias entre golpes tuvo una respuesta de tendencia lineal altamente significativa. El coeficiente de variabilidad para este factor fue 8.56%.

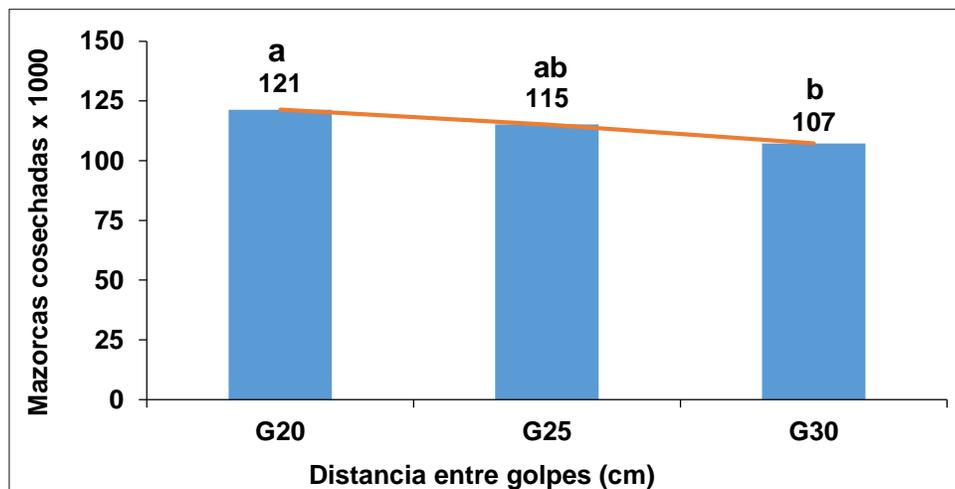


Figura 20. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000)

La relación entre las distancias entre surcos con el número de mazorcas cosechadas por hectárea fueron negativos; los valores de los coeficientes de correlación y de regresión fueron $r = -0.970$ y $b = -2.34$ mazorcas, ambos con significación estadística al 95% (Figura 21). En cuanto a la relación entre las distancias entre golpes con esta variable, la situación fue similar con valores de $r = -0.9975$ y $b = -1.408$, ambos estadísticamente significativos. (Figura 22).

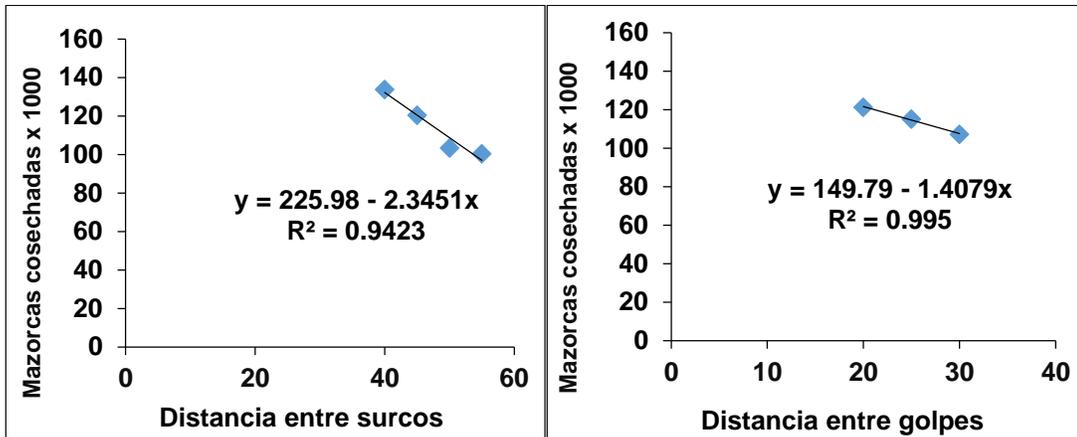


Figura 21. Regresión lineal entre 4 distancias entre surcos y número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000).

Figura 22. Regresión lineal entre 3 distancias entre golpes y número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000).

Como se ha señalado, la interacción Surcos x Golpes no fue significativa, lo que indica que la respuesta de las distancias entre surcos respondieron de manera similar a las 3 distancias entre golpes, tal como claramente se observa en la Figura 23.

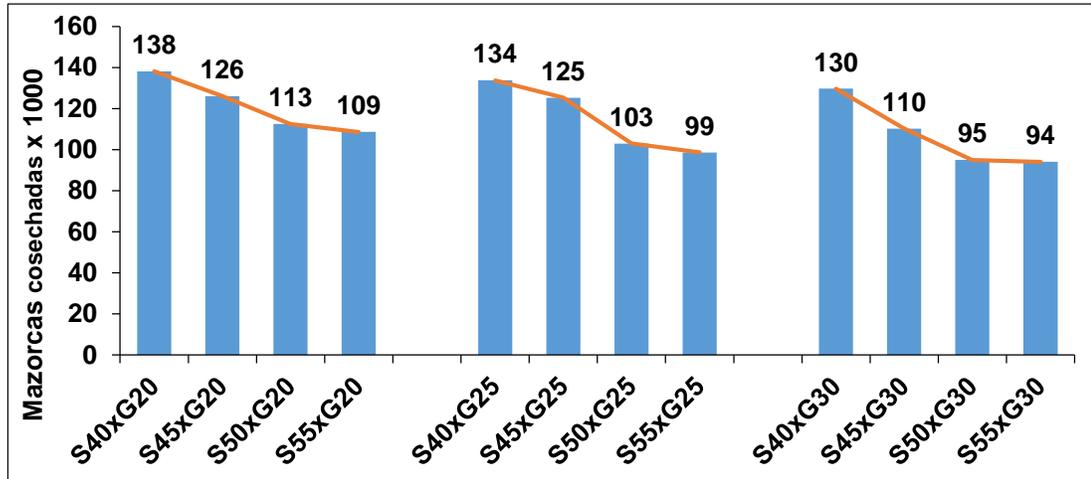


Figura 23. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el número de mazorcas cosechadas por ha (x 1000).

La combinación que logra el mayor número de mazorcas cosechadas fue S40xG20 con 138.125 mazorcas/ha, seguida por S40xG25 con 133.750 mazorcas/ha. La combinación con el menor número de mazorcas cosechadas fue S55xG30 con 94.091 mazorcas/ha (Figura 24).

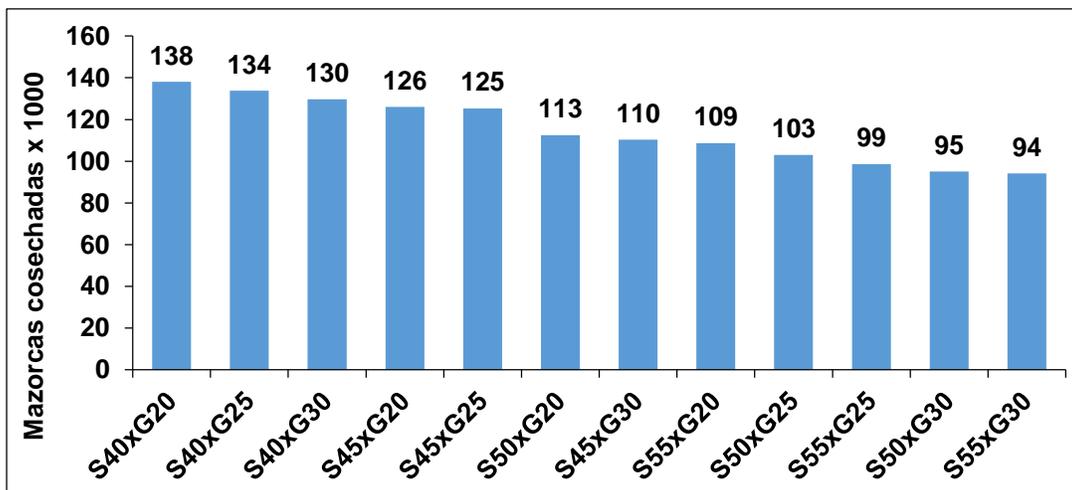


Figura 24. Mazorcas cosechadas por hectárea (x 1000) de las combinaciones en estudio.

4.5 Diámetro basal del tallo

El análisis de varianza para el diámetro basal de tallo mostró diferencia significativa mayor a 90%, entre los promedios de las distancias entre surcos. Las diferencias entre los promedios de las distancias entre golpes no fueron significativas, (Tabla 1A, Anexo). Para esta característica el experimento tuvo un coeficiente de variabilidad de 6.2%.

El mayor diámetro basal, fue logrado con la distancia de 40 cm entre surcos, con un valor de 2.41 cm, sin diferencia estadística por el alcanzado con surcos a 55 cm, y 50 cm, que originaron un diámetro de 2.40 cm y 2.30 cm, respectivamente, el más bajo valor para esta característica fue 2.23 logrado por surcos cada 45 cm, que sin embargo fue similar estadísticamente al promedio entre surcos a 50cm (Figura 25). El coeficiente de variabilidad entre surcos fue de 6.67%.

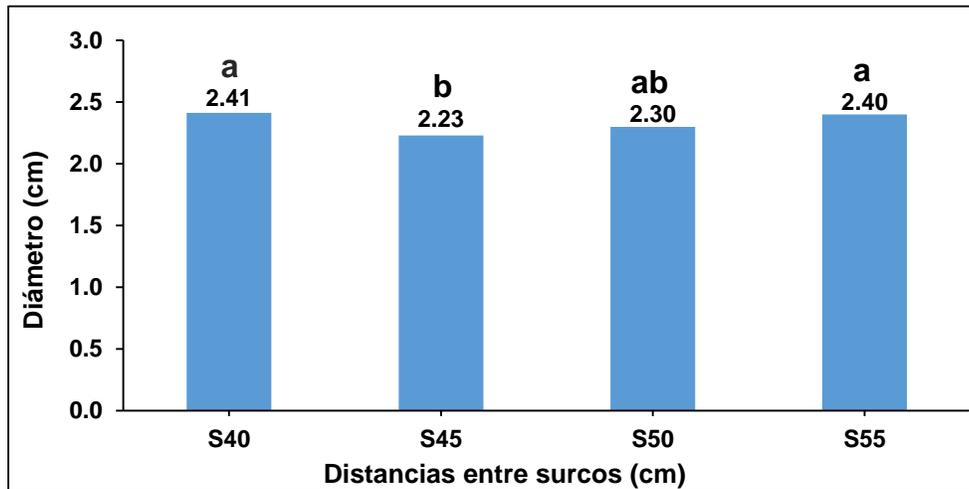


Figura 25. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el diámetro basal del tallo (cm).

Entre Golpes, la distancia a 30 cm fue la que alcanzo el mayor diámetro basal con un promedio de 2.40 cm, mientras que las distancias de 25 y 20 cm solo obtuvieron 2.34 cm y 2.26 cm, respectivamente. El coeficiente de variabilidad para los distanciamientos entre golpes fue 8.26 % (Figura 26).

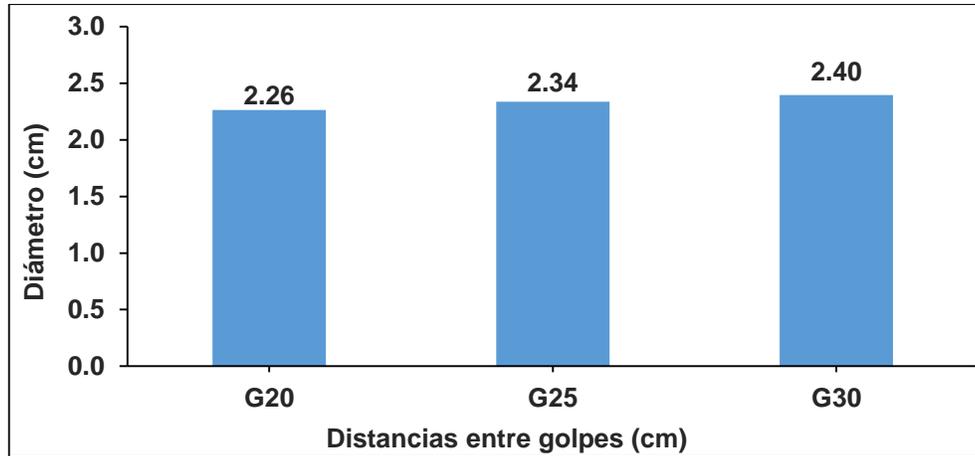


Figura 26. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el diámetro basal del tallo (cm).

Por otro lado, en la interacción Surcos x Golpes no mostró significación estadística, lo que indica que los distanciamientos entre surcos respondieron, en promedio, de manera similar para cada distancia entre golpes, tal como se puede observar en la Figura 27.

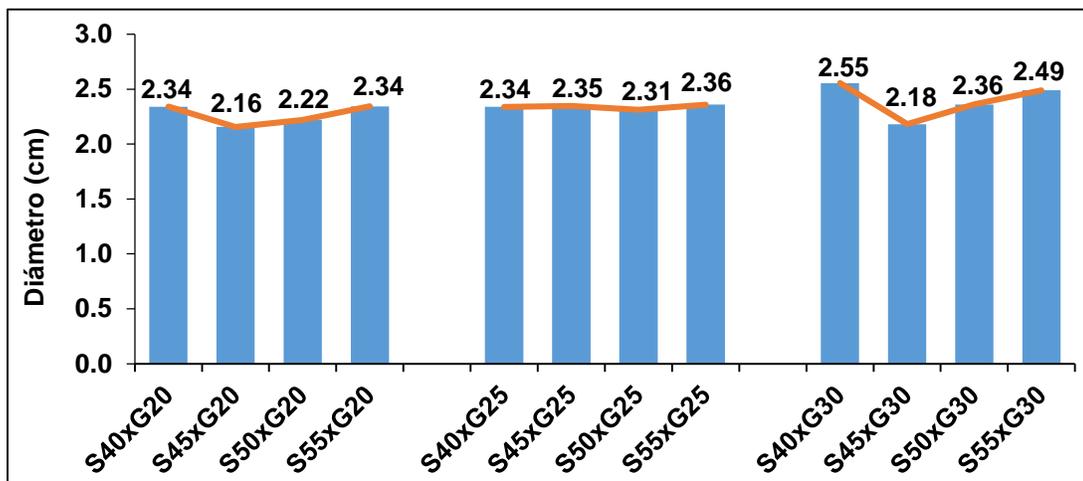


Figura 27. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el diámetro basal del tallo (cm).

En la descomposición de la suma de cuadrados del factor Surcos, el ANOVA indico una respuesta significativa de tendencia cuadrática a los distanciamientos en estudio, lo que se puede observar en la Figura 27 para cada distancia entre surcos, dentro de golpes. Para Golpes, el total de la variabilidad en este factor fue para una respuesta de tendencia lineal, aunque esta no fue significativa (Tabla 1A, Anexo). El grado de relación entre las distancias entre surcos y el diámetro basal no fue significativo, con un valor de $r = 0.0419$. El coeficiente de regresión $b = 0.0005$ tampoco fue significativo (Figura 28).

Sin embargo, la relación entre las distancias entre golpes y el diámetro basal del tallo sí fue significativo y positivo con un valor de $r = 0.9976^*$ (Tabla 3A, Figura 29). Lo mismo, el valor del coeficiente de regresión fue $b = 0.013^*$ cm, significativo estadísticamente, lo que indica que por cada 5 cm de incremento en la distancia entre golpes se incrementa el diámetro basal en 0.013 cm.

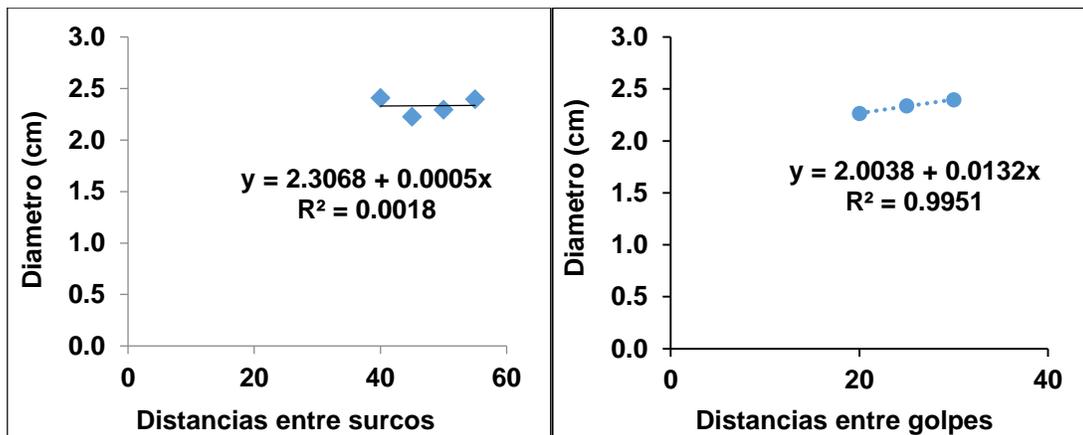


Figura 28. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el diámetro basal del tallo.

Figura 29. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el diámetro basal del tallo.

Entre las combinaciones surcos x golpes, la que logró el mayor diámetro basal fue S40xG30 con 2.55 cm y las combinaciones S45xG30 y S45xG20 fueron los que lograron el menor diámetro basal con un valor de 2.18 cm y 2.16 cm, respectivamente (Figura 30).

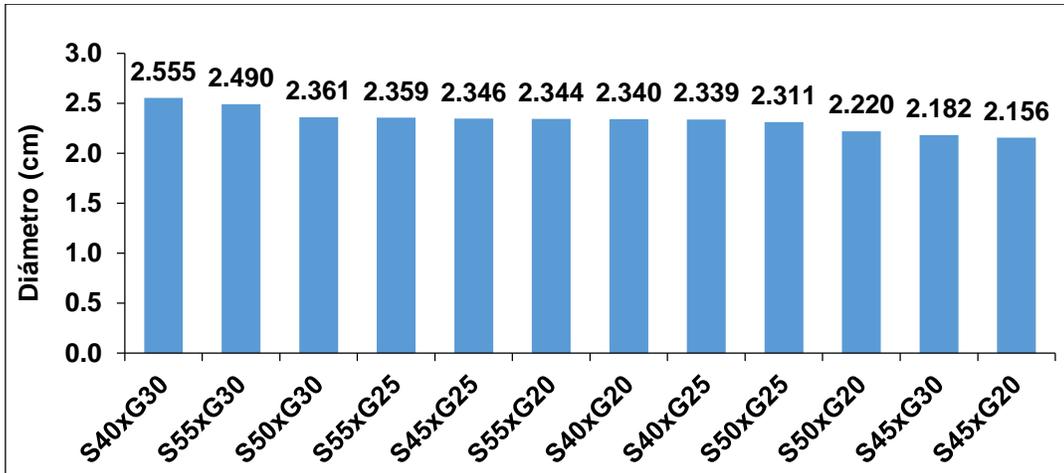


Figura 30. Diámetro basal promedio del tallo de las combinaciones en estudio.

4.6 Diámetro medio del tallo

Los resultados del análisis de varianza para esta variable no arrojaron significación estadística entre los promedios de todas las fuentes de variación consideradas, a excepción de la interacción Scub x Gcuad (Surcos cúbico x Golpes cuadrático), que fue significativa al 95% de probabilidades de aceptarla como cierta. El coeficiente de variabilidad para esta variable fue 5.91 %.

Las distancias entre Surcos de 55 cm y 40 cm fueron los que alcanzaron el mayor diámetro medio de tallo con 1.603 cm y 1.596 cm, cada una, seguidos por los promedios de las distancias de 45 cm y 50 cm, los cuales obtuvieron un valor 1.535 cm y 1.534 cm. (Figura 31). El coeficiente de variabilidad entre surcos fue de 8.28%.

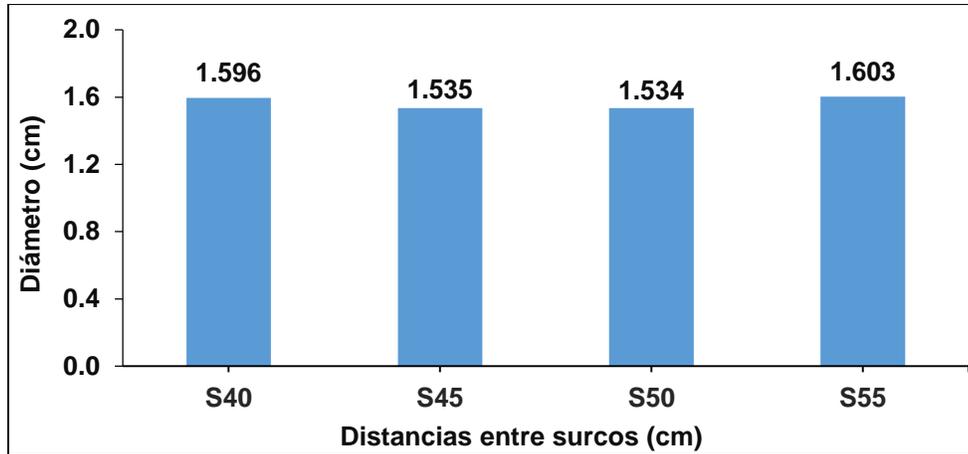


Figura 31. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el diámetro medio del tallo (cm).

Para las distancias entre Golpes, los valores de los diámetros de mayor a menor lo tuvieron los golpes a 30 cm, 20 cm y 25 cm, con 1.615 cm, 1.544 cm, y 1.542 cm, respectivamente (Figura 32). El coeficiente de variabilidad entre golpes fue de 8.62%.

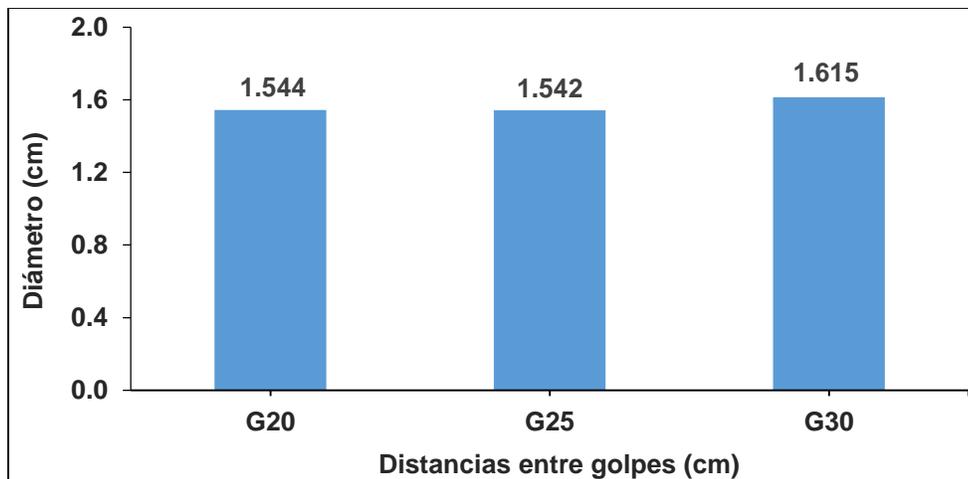


Figura 32. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el diámetro medio del tallo (cm).

La descomposición de la suma de cuadrados del factor Surcos mostro que toda la variabilidad fue para la tendencia de respuesta cuadrática. Similarmente, el 73% de la variabilidad total para Golpes fue para la tendencia de respuesta lineal. En ambos casos, estas respuestas no fueron estadísticamente significativas (Tabla 1A, Anexo). Los resultados que muestran la respuesta de las distancias entre surcos para cada distancia entre golpes se muestran en la Figura 33.

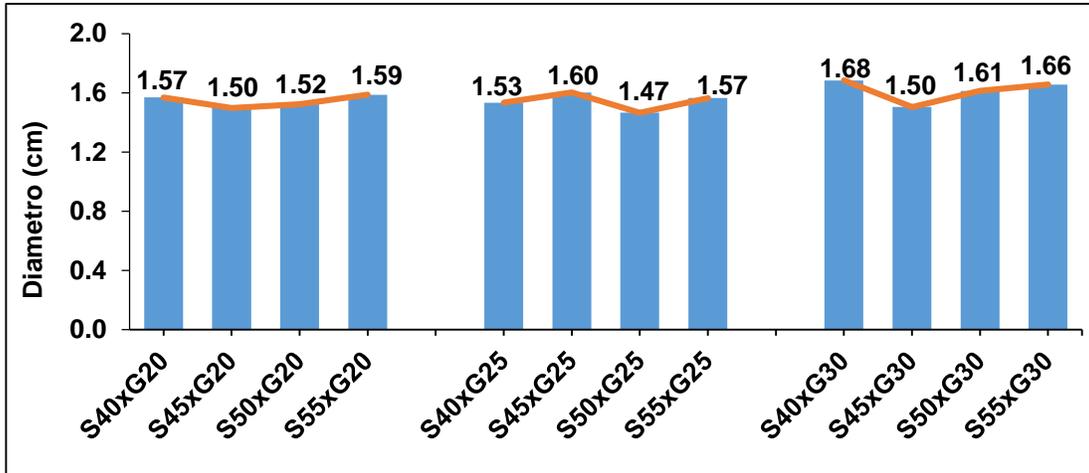


Figura 33. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el diámetro medio de tallo.

El coeficiente de correlación tanto de las distancias entre surcos como de las distancias entre golpes, con los valores del diámetro medio del tallo, fueron $r = 0.070$, y $r = 0.850$, fueron positivos, pero sin significación estadística. Los coeficientes de regresión para ambos factores y el diámetro medio de tallo fueron $b = 0.00040$ y $b = 0.007$, sin significación estadística (Tabla 3A, Figuras 34 y 35).

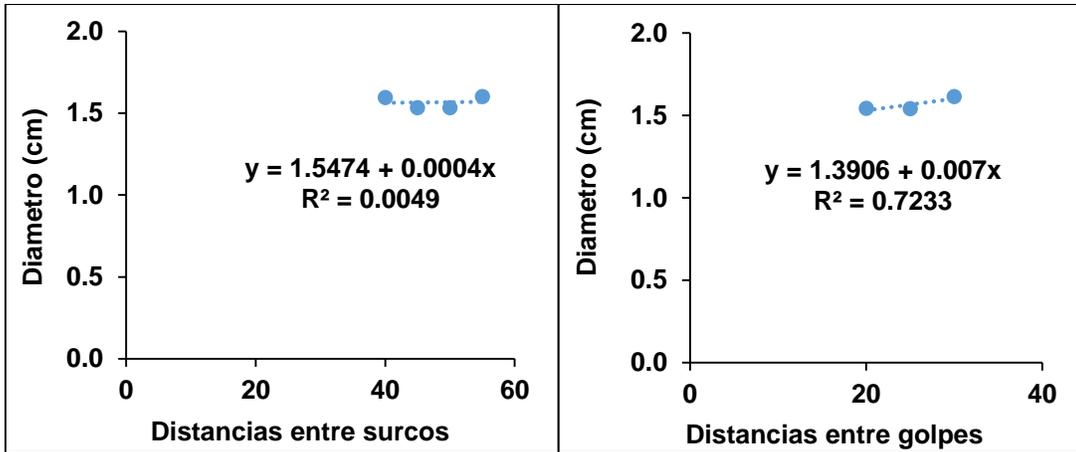


Figura 34. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el diámetro medio del tallo.

Figura 35. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el diámetro medio del tallo.

Las combinaciones Surcos x Golpes que lograron el mayor diámetro medio fueron S40xG30 con 1.68 cm, seguido de S55xG30 y S50xG30, con valores de 1.66 cm y 1.61 cm, respectivamente. El valor más bajo fue para la combinación S50xG25 con 1.47 cm (figura 36).

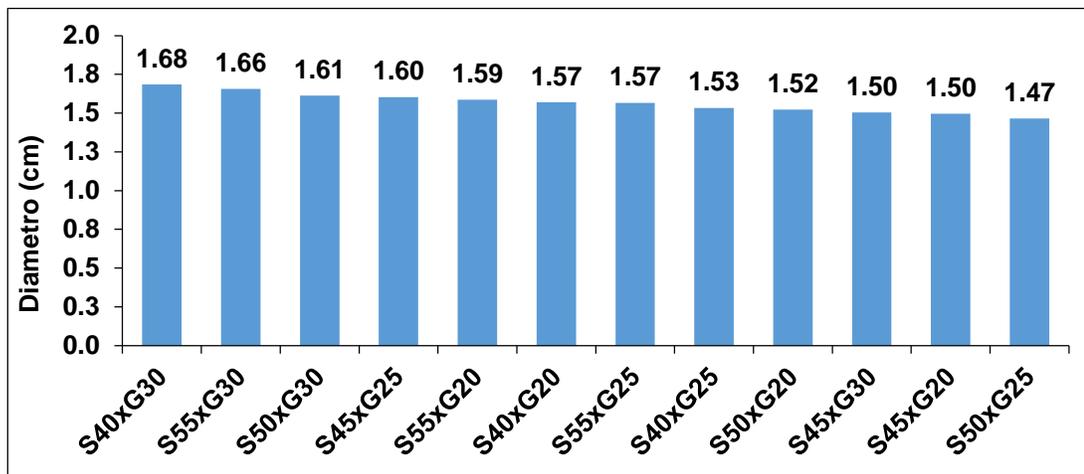


Figura 36. Diámetro medio del tallo (cm) de las combinaciones en estudio.

4.7 Prolificidad

El análisis de varianza para prolificidad (número promedio de mazorcas por planta) no detectó diferencias significativas para el factor Surcos, pero si muestra una alta significación estadística para las diferencias entre los promedios de las distancias entre Golpes. La interacción Surcos x Golpes no fue significativa, (Tabla 1A, Anexo).

El coeficiente de variabilidad del experimento fue 8.51%. Los resultados muestran que la mayor prolificidad fue lograda con los surcos a 55 cm con 1.356 mazorcas por planta, mientras que la menor prolificidad fue para los surcos a 50 cm con 1.296 mazorcas por planta, (Figura 37). El coeficiente de variabilidad para las distancias entre surcos fue de 7.30%.

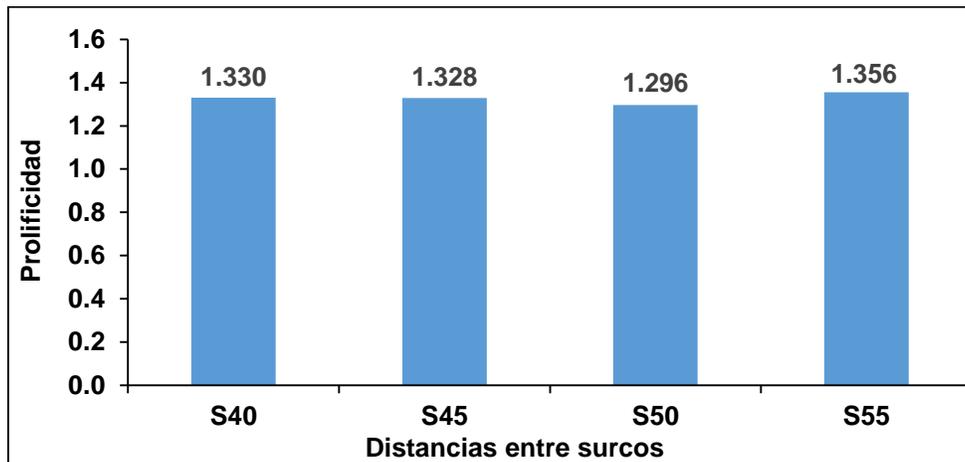


Figura 37. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la prolificidad.

Entre Golpes, hubo diferencias significativas entre cada una de las tres distancias estudiadas. La mayor prolificidad fue para las distancias a 30 cm entre golpes; seguido por las distancias de 25 cm y por las distancias a 20 cm, con valores de 1.51, 1.31 y 1.16 mazorcas por planta, respectivamente (Figura 38). El coeficiente de variabilidad entre los golpes fue 7.49%.

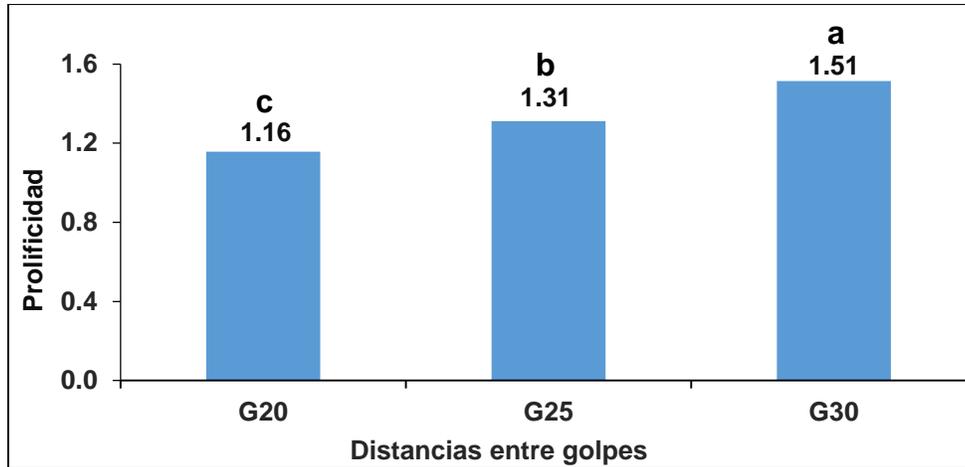


Figura 38. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la prolificidad.

La interacción Surcos x Golpes no fue significativa, sugiriendo una respuesta promedio similar de los distanciamientos entre surcos en cada distancia entre golpes. (Figura 39).

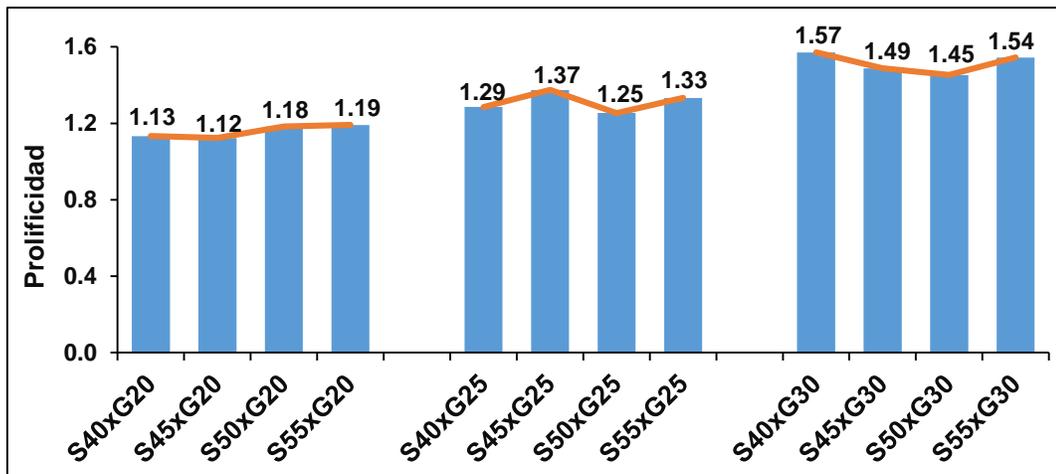


Figura 39. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la prolificidad.

Descompuesta la suma de cuadrados del factor Surcos, el ANOVA no mostró tendencias de respuesta significativas y los valores de correlación y de regresión fueron $r=0.243$ $b=0.0009$ (Figura 40), no fueron significativos estadísticamente (Tabla 1A y 3A, Anexo).

Sin embargo, para el factor Golpes, la tendencia de respuesta lineal a las distancias entre golpes fue altamente significativa (Tabla 1A, Anexo), mostrando además una correlación estadísticamente significativa con un valor de $r = 0.997^*$, y un coeficiente de regresión, también estadísticamente significativa, con un valor de $b = 0.036$ (Figura 41, Tabla 3A, Anexo). Esto indica que, por cada 5 cm de incremento en las distancias entre golpes, se incrementó en promedio, la prolificidad en 0.04 mazorcas por planta.

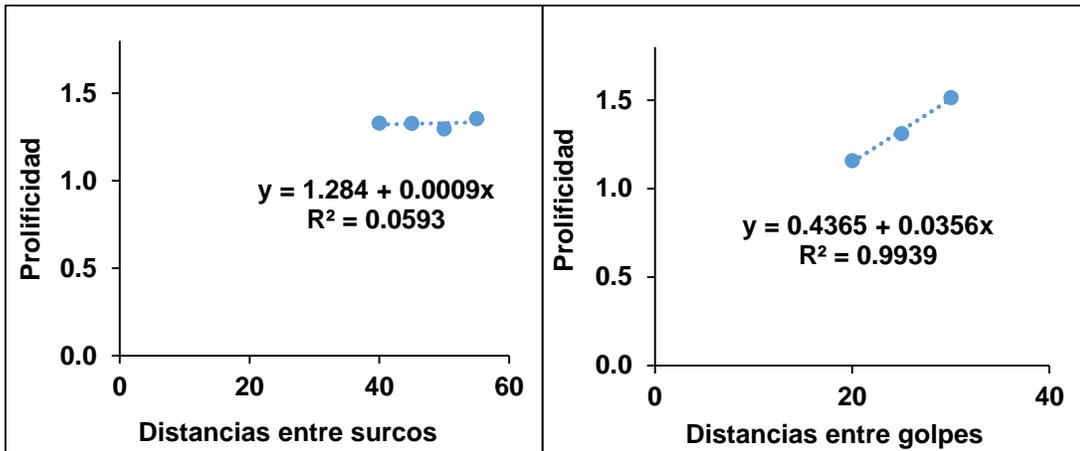


Figura 40. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el factor de prolificidad.

Figura 41. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el factor de prolificidad.

Las combinaciones Surcos x Golpes que presentaron mayores valores de prolificidad, fueron S40xG30, S55xG30 con 1.57 y 1.54 mazorcas por planta, mientras que la combinación S45xG20 tuvo 1.12 mazorcas por planta (Figura 42).

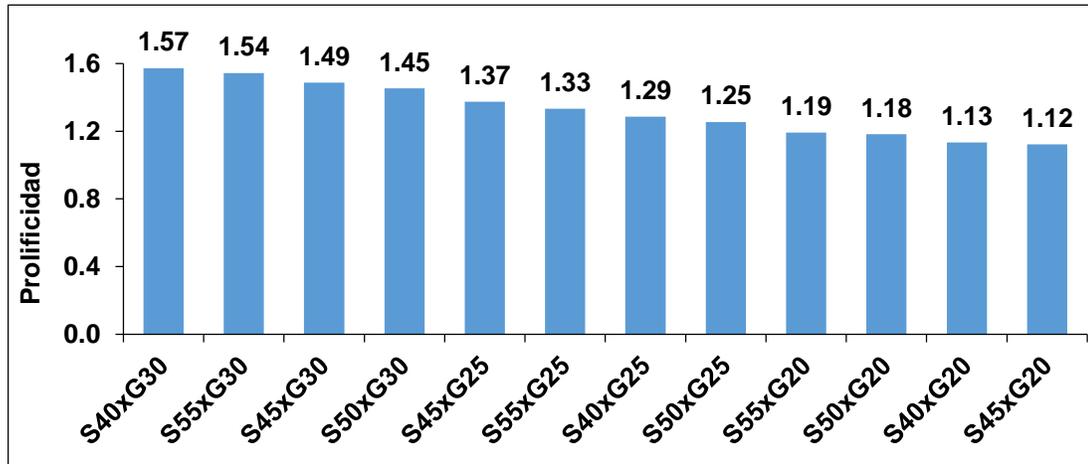


Figura 42. Prolificidad de las combinaciones en estudio.

4.8 Perímetro de mazorca

Los resultados del análisis de varianza para el perímetro de mazorca demostraron que solo hubo diferencia significativa al 95% entre los promedios de los distanciamientos entre surcos, más no para las distancias entre golpes (Tabla 1A, Anexo). El coeficiente de variabilidad del experimento para esta característica fue 4.09%. El mayor perímetro de mazorca se obtuvo con Surcos a 40 cm con 11.99 cm seguido por el distanciamiento a 45 cm con 11.85 cm, sin que existan diferencias estadísticas entre ambos promedios.

El distanciamiento de 55 cm ocupó el tercer lugar con un perímetro de 11.60 cm sin diferencia estadística con el alcanzado con los surcos a 45 cm. El más bajo valor fue para el distanciamiento a 50 cm, con 11.39 cm similar estadísticamente al distanciamiento a 55 cm, (Figura 43) El coeficiente de variabilidad para este factor en estudio fue 3.02%.

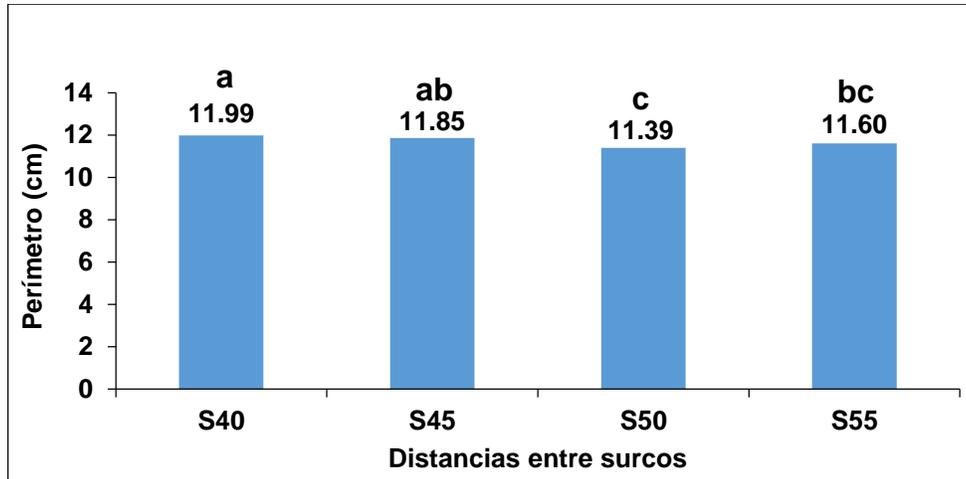


Figura 43. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el perímetro de mazorca de maíz (cm).

Para las distancias entre Golpes, el mayor perímetro de mazorca fue logrado por las distancias de 30 cm con un promedio de 11.76 cm, seguido por los golpes a 25 cm y 20 cm que obtuvieron 11.71 cm y 11.65 cm, sin diferencia estadística entre ellos (Figura 44). El coeficiente de variabilidad para el factor Golpes fue 3.26%.

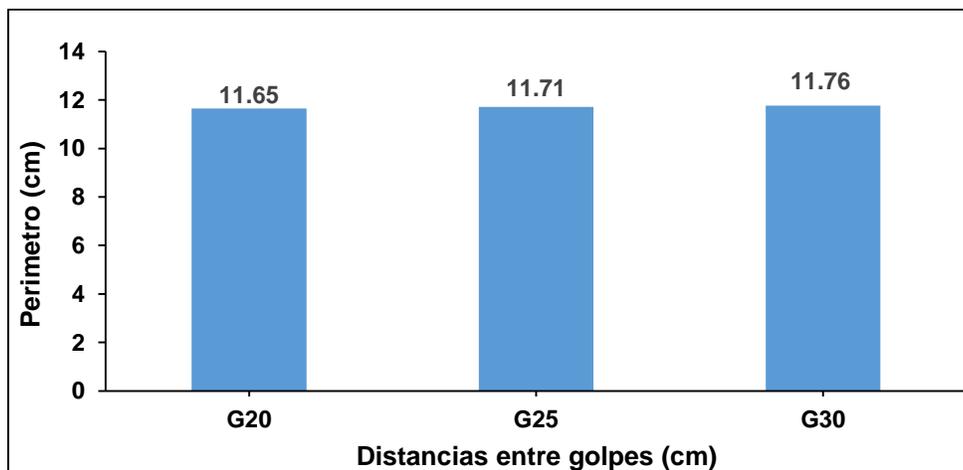


Figura 44. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el perímetro de mazorca de maíz (cm).

La interacción Surcos x Golpes no fue significativa, lo que indica que las distancias entre Surcos respondieron de manera similar, en promedio, a los diferentes Golpes en estudio, tal como se observa en la Figura 45. Descompuesta la suma de

cuadrados de la interacción, solo se encontró significación estadística (95%) a la interacción Surcos cúbico x Golpes cuadrático (Tabla 1A, Anexo).

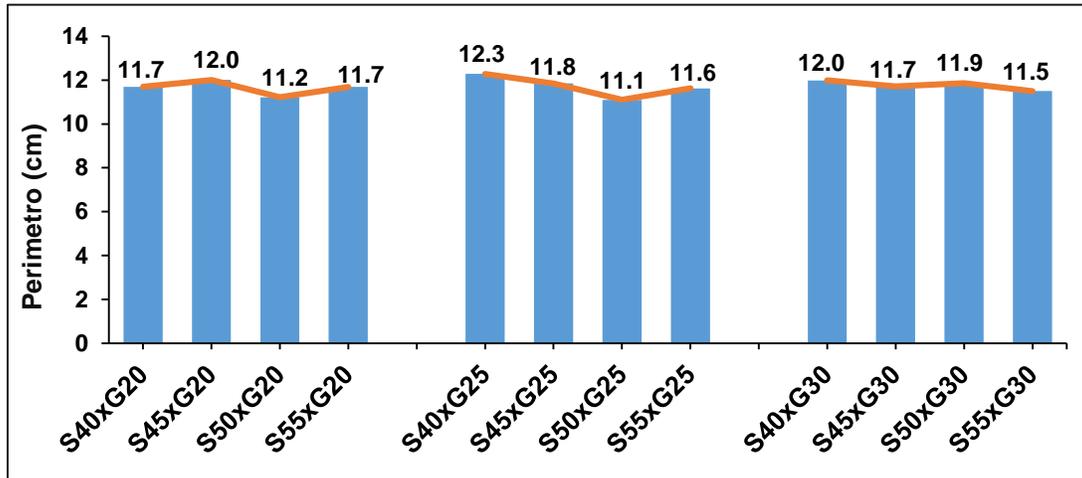


Figura 45. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el perímetro de mazorca.

Descompuesta la suma de cuadrados para las distancias entre Surcos, el ANOVA detectó una respuesta de tendencia lineal altamente significativa. La relación entre las distancias entre surcos con el perímetro de la mazorca fue negativa, tal como lo mide el coeficiente de correlación $r = -0.7873$, sin embargo, no fue estadísticamente significativo. El coeficiente de regresión fue negativo, $b = -0.032$, también sin significación estadística (Figura 46).

La relación entre las distancias entre golpes y el perímetro de mazorca sí fue positiva y significativa, con un coeficiente de correlación, $r = -0.997$. El coeficiente de regresión también fue significativo con un valor de $b = -0.0112$ cm, lo que sugiere que por cada 5 cm de incremento en la distancia entre golpes se reduce el perímetro de la mazorca en 0.1 mm (Figura 47).

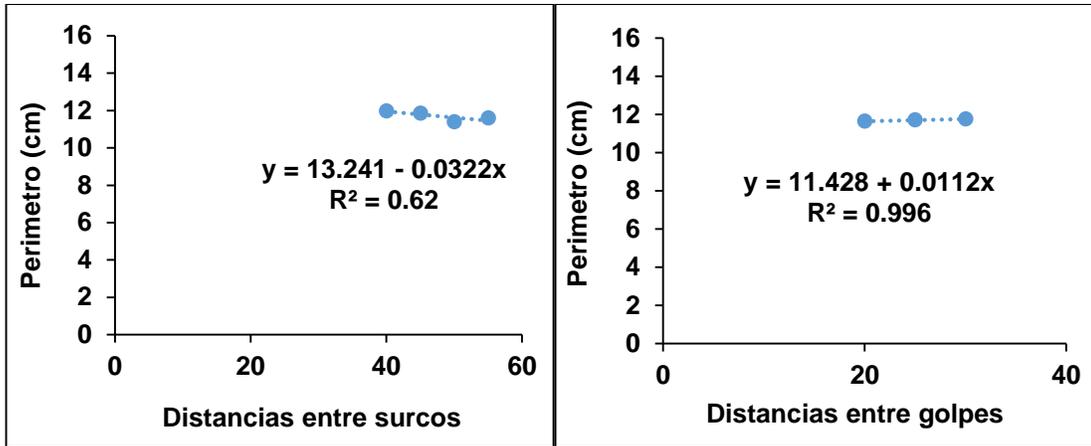


Figura 46. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el perímetro de mazorca.

Figura 47. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el perímetro de mazorca.

Entre las combinaciones estudiadas, el mayor perímetro de mazorca se alcanzó con la combinación S40 x G25 con 12.28 cm, seguida de S45 x G20 que tuvo 12.01 cm y S40 x G30 con 11.98 cm. Los menores perímetros de mazorca fueron para las combinaciones S50 x G20 y S50 x G25 que tuvieron 11.22 cm y 11.10 cm, respectivamente (Figura 48).

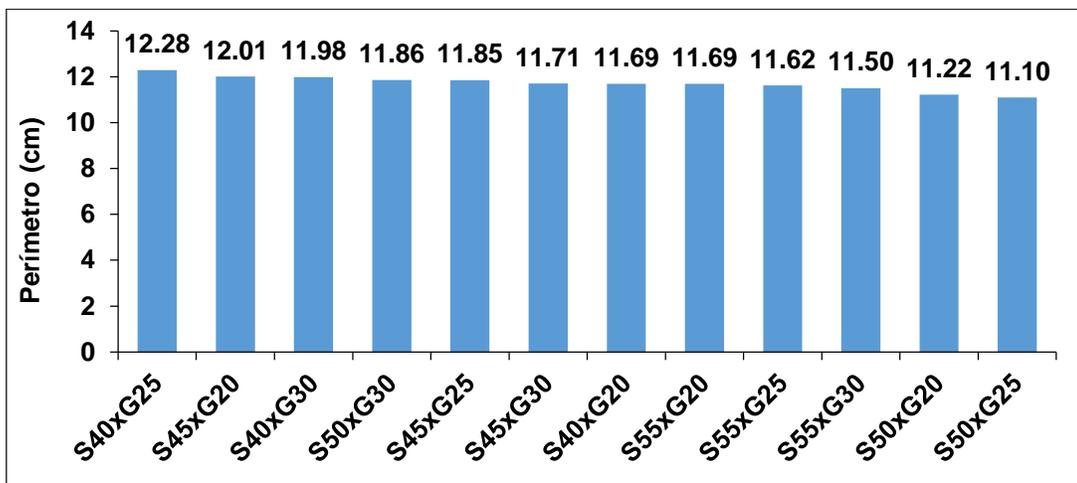


Figura 48. Perímetro de mazorca (cm) de las combinaciones en estudio.

4.9 Longitud de mazorca

Los resultados del análisis de varianza muestran que para la longitud de mazorca no hubo diferencia significativa para las distancias entre Surcos, mientras que las diferencias entre los promedios de las distancias entre Golpes si fueron altamente significativos. El coeficiente de variabilidad del experimento para esta variable fue 6.66%.

Los distanciamientos entre surcos a 45 cm (15.11 cm) son los que alcanzaron la mayor longitud de mazorca seguido por los surcos de 40, 50 y 55 cm que obtuvieron 15.08 cm, 14.78 cm y 14.58 cm sin mostrar diferencias estadísticas (Figura 49). El coeficiente de variabilidad para este factor fue 4.47%.

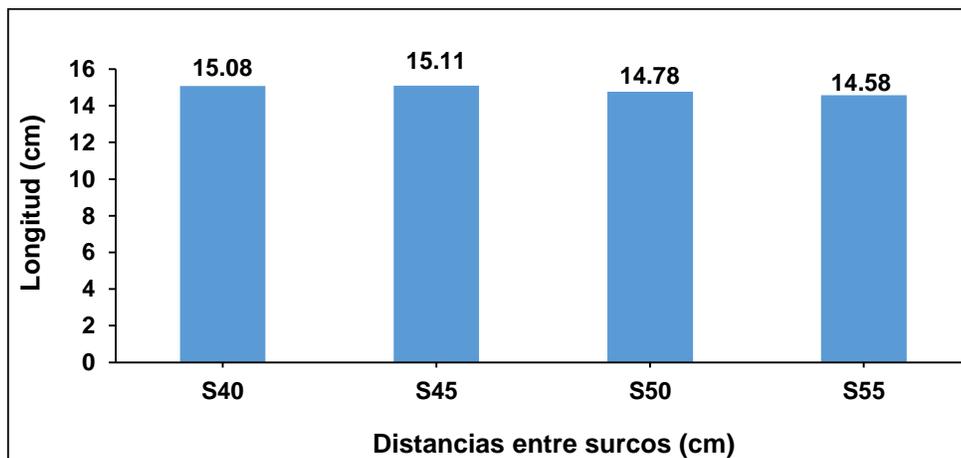


Figura 49. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la longitud de mazorca (cm).

En los distanciamientos entre Golpes, la mayor longitud de mazorca fue alcanzado por las distancias de 30 cm con 15.1 cm, en promedio, y que fue superior estadísticamente a los valores alcanzados por las distancias de 25 cm y 20 cm que obtuvieron 14.8 cm y 14.7 cm respectivamente, entre las cuales, no hubo diferencia estadística en las dos últimas distancias (Figura 50). Descompuesta la suma de cuadrados de Golpes, se encontró una tendencia de respuesta lineal altamente significativa. El coeficiente de variabilidad de los golpes fue 1.33%.

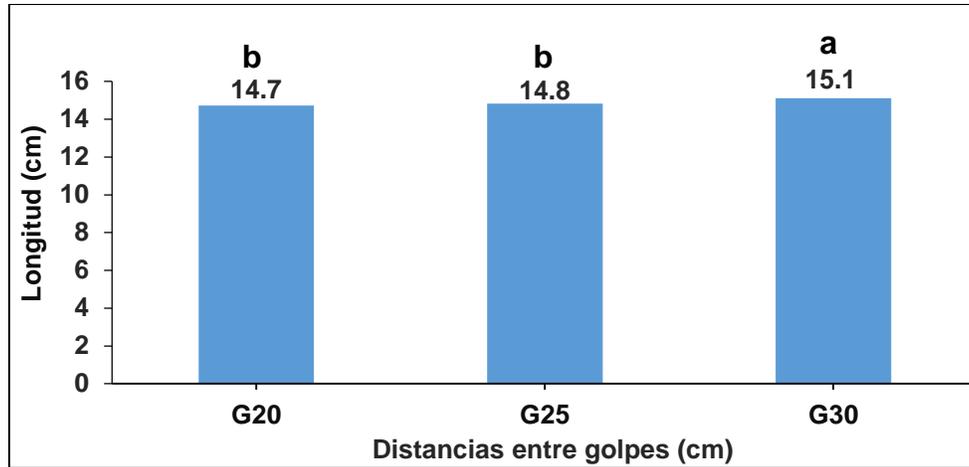


Figura 50. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la longitud de mazorca.

La interacción Surcos x Golpes tampoco fue significativa, lo que se interpreta como que la respuesta de las distancias entre surcos para cada nivel del factor Golpes respondieron, en promedio, de manera similar (Figura 51). Descompuesta la suma de cuadrados de la interacción, el análisis detectó significación estadística para la interacción Surcos cúbico x Golpes cuadrático.

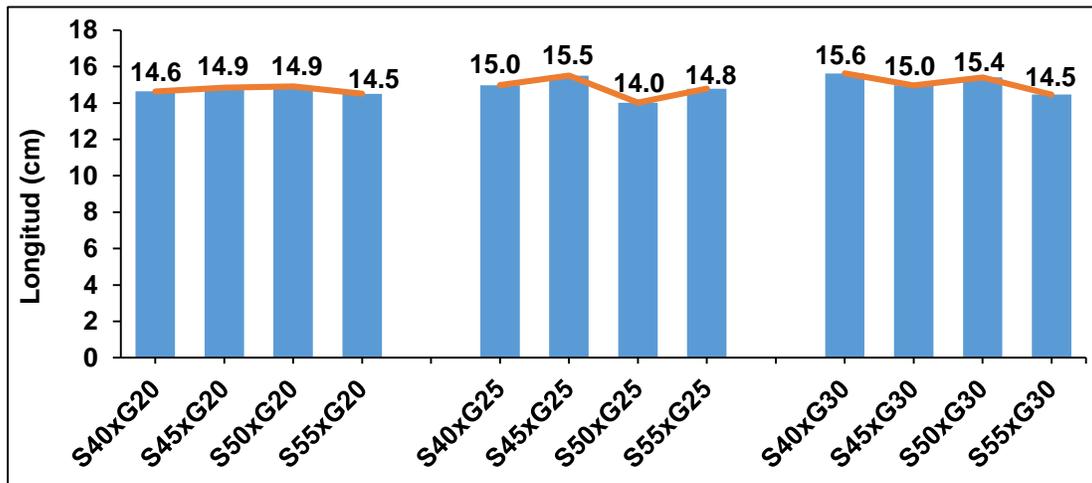


Figura 51. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la longitud de mazorca.

La relación entre las distancias entre surcos con la longitud de mazorca fue negativa y significativa a un nivel de probabilidad mayor a 90%, medido por el coeficiente de correlación $r = -0.934$; y el coeficiente de regresión $b = -0.036$ no fue significativo (Figura 52).

Con respecto a la relación entre las distancias entre golpes con la longitud de mazorca, los valores de los coeficientes de correlación y de regresión, fueron positivos, pero no significativos estadísticamente con valores de $r = 0.96$ y $b = 0.038$. (Figura 53).

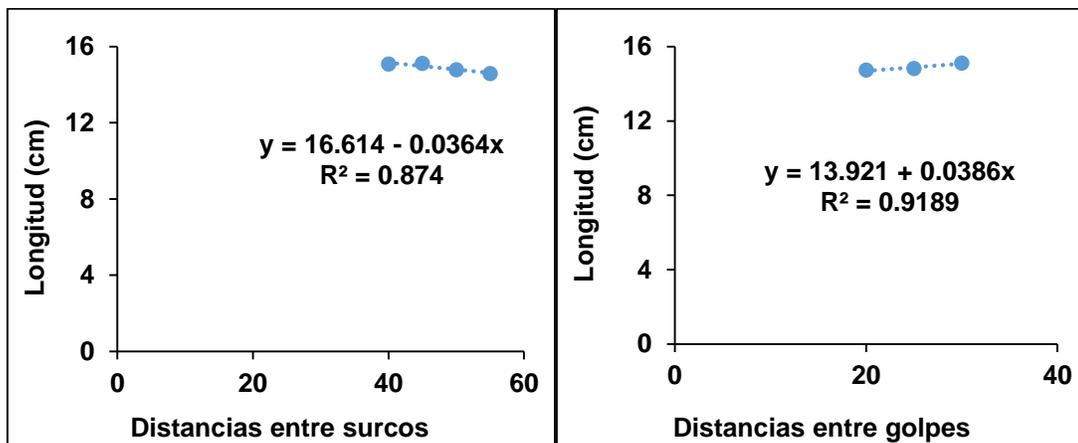


Figura 52. Regresión lineal de las distancias entre surcos y la longitud de mazorca.

Figura 53. Regresión lineal de las distancias entre golpes y la longitud de mazorca.

Las combinaciones Surcos x Golpes que presentan la mayor longitud de mazorca son S40 xG30 con 15.62 cm seguida por S45xG25 con 15.50 cm y S50xG30 con 15.41 cm. Por otro lado, las combinaciones S55 x G25 y S55 x G30 son los que obtuvieron las menores longitudes de mazorca con 14.02 cm y 14.46 cm cada una (Figura 54).

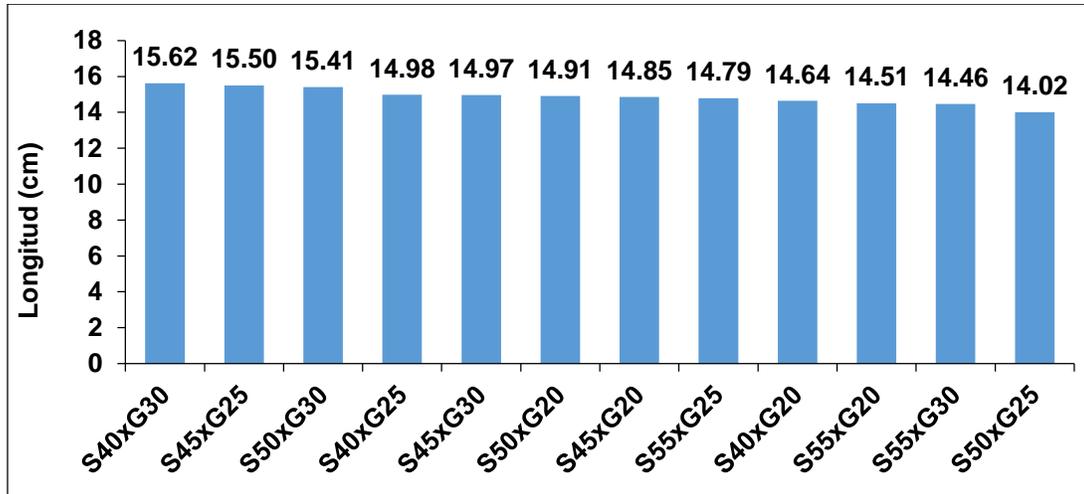


Figura 54. Longitud de mazorca (cm) de las combinaciones en estudio.

4.10 Número de hileras por mazorcas

El análisis de varianza para el número de hileras por mazorca no mostró diferencias significativas entre los promedios alcanzados por ambos factores de estudio, es decir tanto para las distancias entre surcos como para las distancias entre golpes. Tampoco fue significativa estadísticamente la interacción Surcos por Golpes. El coeficiente de variabilidad del experimento fue 5.11%.

El mayor número de hileras por mazorca fue para los surcos distanciados a 40 cm con 10.62 en promedio, seguido de las distancias a 55 cm, 50cm, y 45 que lograron 10.60, 10.53 y 10.33 respectivamente (Figura 55). Entre Golpes, el mayor número de hileras por mazorca fue para la distancia de 25 cm, con 10.7 hileras y luego las distancias a 30 cm y 20 cm con 10.6 y 10.3 hileras en promedio (Figura 56). El coeficiente de variabilidad para las distancias entre surcos fue 4.12%, y entre golpes fue 5.39%.

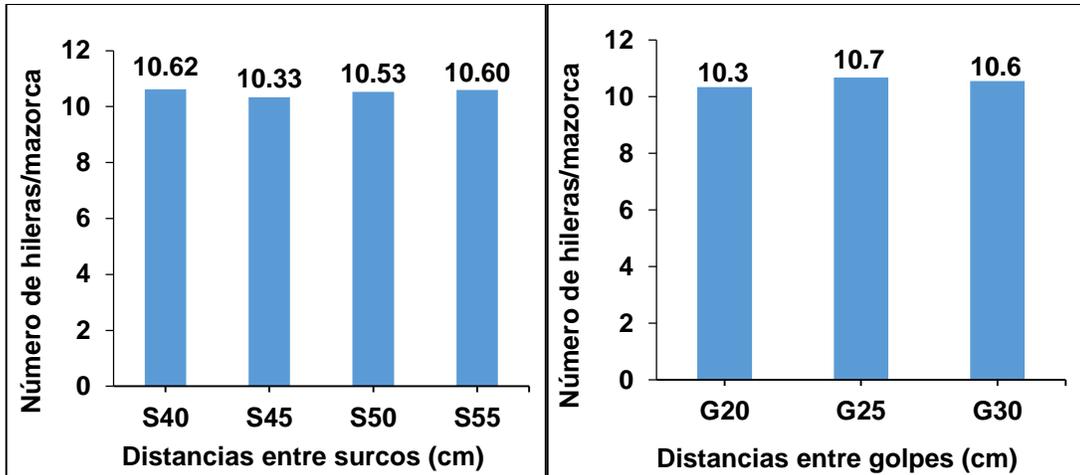


Figura 55. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el número de hileras por mazorca.

Figura 56. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el número de hileras por mazorca.

La interacción Surcos x Golpes no fue significativa, lo que indicaría que las distancias entre surcos respondieron, en promedio, de manera similar para cada distancia entre golpes para el número de hileras por mazorca, lo que se puede observar en la Figura 57, principalmente para la distancia entre golpes a 25 cm y 30 cm.

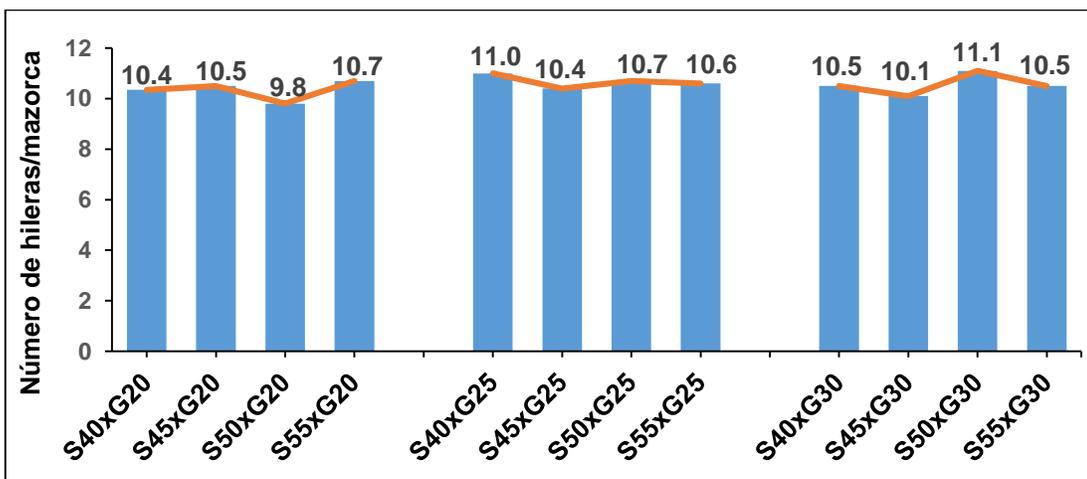


Figura 57. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el número de hileras por mazorca.

El coeficiente de correlación entre las distancias entre surcos y el número de hileras por mazorca fue positivo, pero no significativo estadísticamente, con un valor de $r = 0.15$; el coeficiente de regresión fue $b = 0.003$ hileras (Figura 58).

Entre las distancias entre golpes y el número de hileras por mazorca, los valores de los coeficientes de correlación y de regresión fueron positivos, pero no significativos, $r = 0.62$, y $b = 0.021$ hileras (Figura 59).

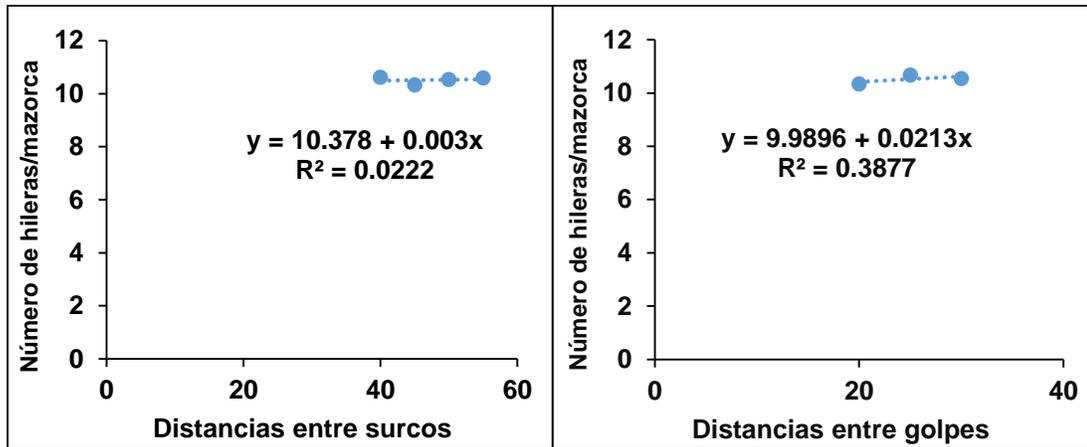


Figura 58. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el número de hileras por mazorca.

Figura 59. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el número de hileras por mazorca.

Los resultados de las combinaciones Surcos x Golpes indican que los mayores valores fueron para S50 x G30 (11.1 hileras), y S40 x G25 (11.0 hileras). Mientras que las combinaciones S50 x G20 y S45 x G30 con 9.8 y 10.1 fueron los que obtuvieron el menor número de hileras por mazorca (Figura 60).

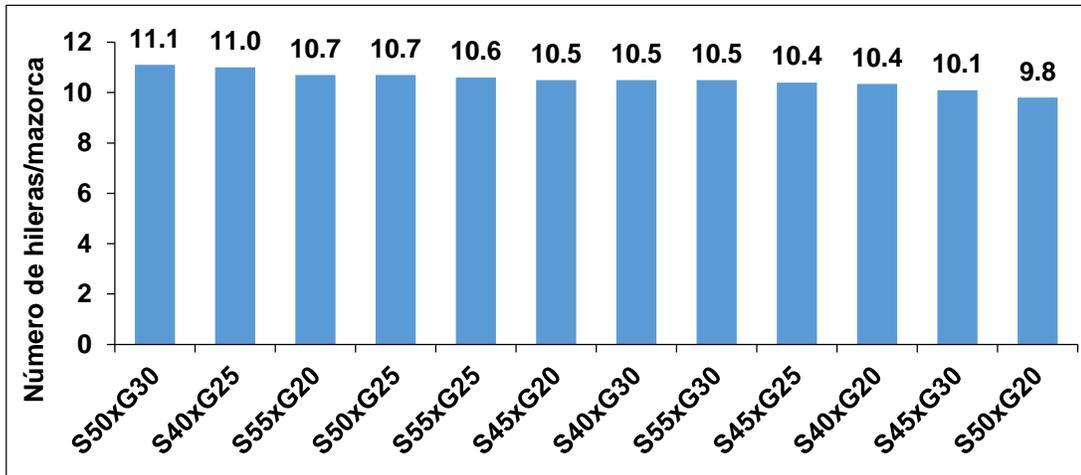


Figura 60. Número de hileras por mazorca de las combinaciones en estudio.

4.11 Número de granos por hilera

Para el número de granos por hilera el análisis de varianza reveló que no existió diferencia significativa entre los promedios de los factores Surcos y Golpes. La interacción Surcos x Golpes tampoco fue significativa. El coeficiente de variabilidad del experimento fue 13.35%. Los valores promedio alcanzados por las distancias entre surcos a 40 cm, 45 cm, 50 cm y 55 cm, fueron 29.43, 28.42, 28.18 y 27.27 granos por hileras, respectivamente (Figura 61).

Entre Golpes, la distancia a 30 cm obtuvo 28.9 granos por hilera, seguido por las distancias de 25 cm y 20 cm que obtuvieron 28.3 y 27.9 granos por hilera, cada una (Figura 62). Por otro lado, a pesar de no haber diferencias estadísticas entre tales promedios, se observa una tendencia lineal hacia un menor número de granos por hilera al incrementarse las distancias entre surcos; lo mismo, al aumentar la distancia entre golpes se tiende a incrementar el número de granos por hilera. El coeficiente de variabilidad para Surcos fue 10.83%, y para Golpes alcanzó 9.11%.

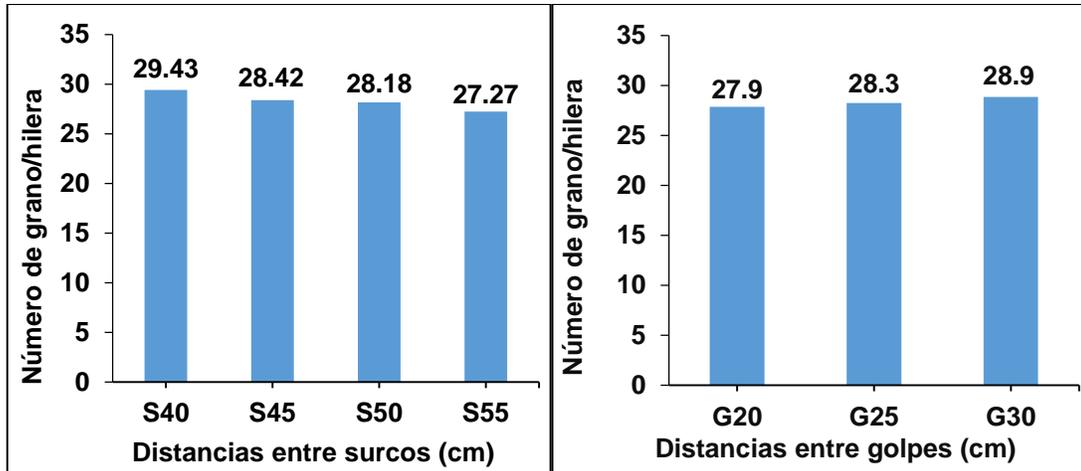


Figura 61. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el número de granos por hileras.

Figura 62. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el número de granos por hileras.

La interacción Surcos x Golpes no fue significativa lo que indica que las distancias entre surcos respondieron de forma similar para cada distanciamiento entre golpes para esta variable, tal como se muestra en la Figura 63.

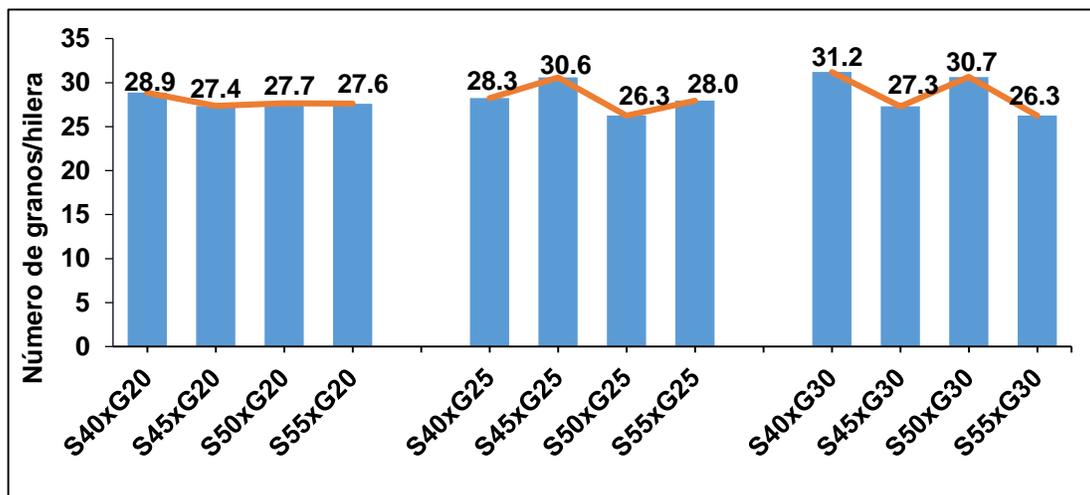


Figura 63. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el número de granos por hileras.

El coeficiente de correlación $r = -0.98^*$ fue significativo (95%) mostrando una relación negativa entre las distancias entre surcos y el número de granos por hilera. La regresión para esta relación también fue significativo y negativo, $b = -0.1347^*$, lo que sugiere que, por cada 5 cm de aumento en la distancia entre surcos, el número de granos por hilera se reduce en 0.13 en promedio (Figura 64).

Por otro lado, la relación entre las distancias entre golpes y esta variable, fue positiva y significativa al 90% de probabilidad siendo $r = 0.994$, mientras que el coeficiente de regresión fue $b = 0.0988$, sin significación estadística (Figura 65).

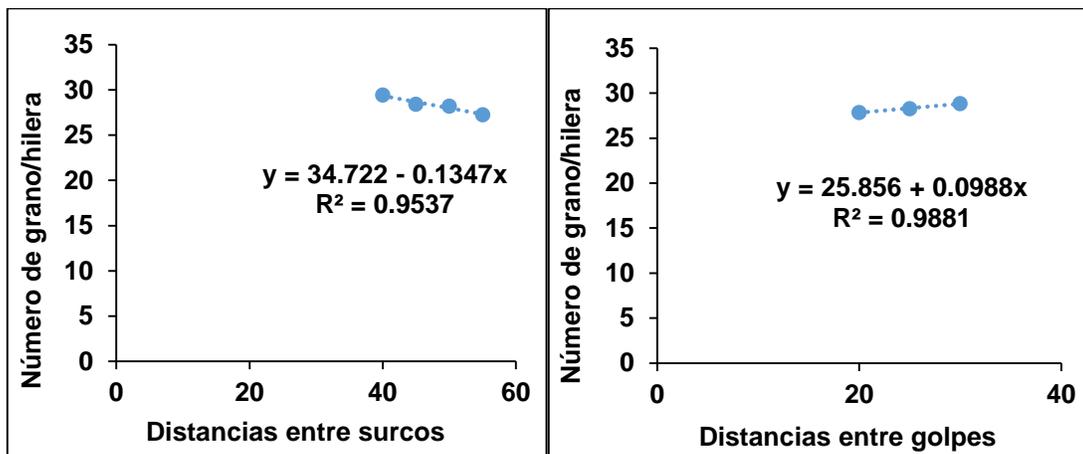


Figura 64. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el número de grano por hileras.

Figura 65. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el número de grano por hileras.

Los valores más altos fueron para las combinaciones S40xG30, S50xG30, y S45xG25 que tuvieron en promedio 31.2, 30.7 y 30.6 granos por hilera. Los valores más bajos fueron para S50xG25 y S55 xG30, ambas con 26.3 granos por hilera, y que represento una reducción de 15.7% (Figura 66).

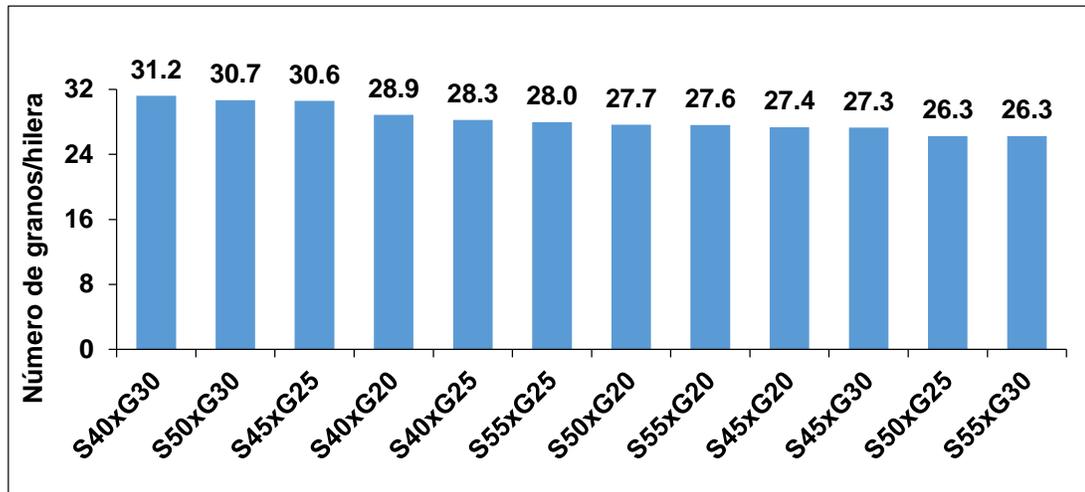


Figura 66. Número de granos por hilera de las combinaciones en estudio.

4.12 Longitud de grano

Los resultados del análisis de varianza para la longitud de grano indicaron significación estadística (95%) entre los promedios de las distancias entre surcos estudiados. Para el factor Golpes, estas diferencias no fueron significativas. La interacción Surcos x Golpes tampoco fue significativa. El coeficiente de variabilidad del experimento para esta variable fue 6.79%, (Tabla 1A, Anexo). Las distancias entre surcos que lograron en promedio la mayor longitud de grano fueron los de 40 cm con 8.17 mm, seguido de las distancias a 45 cm y a 55 cm, con 8.03 mm y 7.73 mm, cada una, sin que haya diferencia estadística entre ellas, sin embargo, las dos primeras sí fueron estadísticamente diferentes a la longitud alcanzada con la distancia a 50 cm que tuvo un valor de 7.48 mm, sin diferencia estadística con el valor de la distancia a 55 cm entre surcos (Figura 67).

El análisis de la suma de cuadrados de Surcos, mostró una respuesta lineal significativa, con una reducción en la longitud de grano al aumentar la distancia entre surcos de 40 cm a 50 cm, sin embargo, el valor se incrementa a la distancia a 55 cm, lo que indica una respuesta cúbica que fue significativa a 90%. El coeficiente de variabilidad entre surcos es de 5.84%.

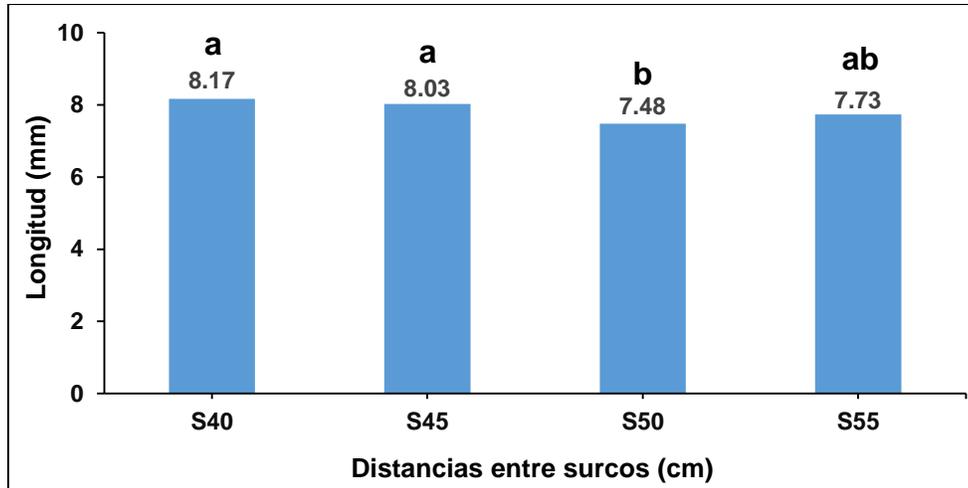


Figura 67. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre la longitud de grano.

Entre Golpes, los valores para longitud de grano fueron 8.0 mm, 7.8 mm y 7.7 mm, para las distancias a 25 cm, 30 cm y 20 cm. El coeficiente de variabilidad para el factor Golpes fue 6.60% (Figura 68).

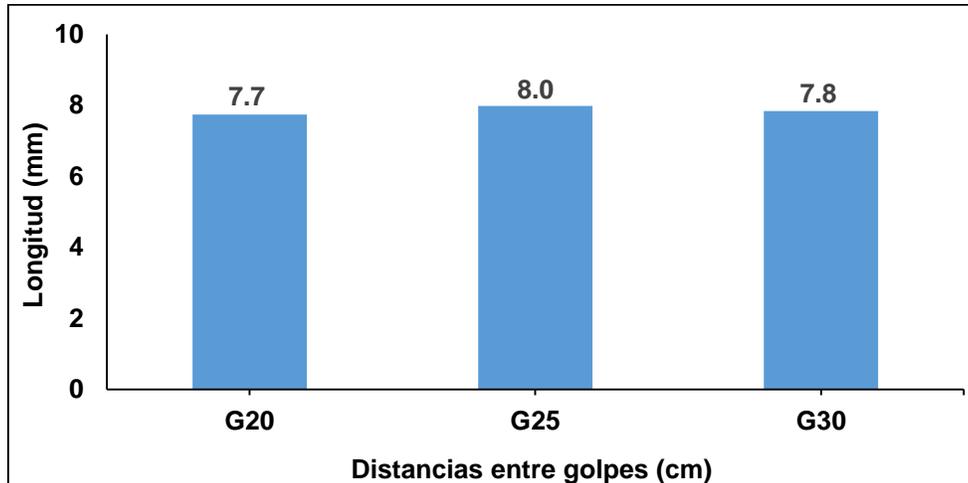


Figura 68. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre la longitud de grano.

La no significación estadística de la interacción Surcos x Golpes, indicaría una respuesta promedio similar de las distancias entre surcos a cada una de las distancias entre golpes estudiadas (Figura 69).

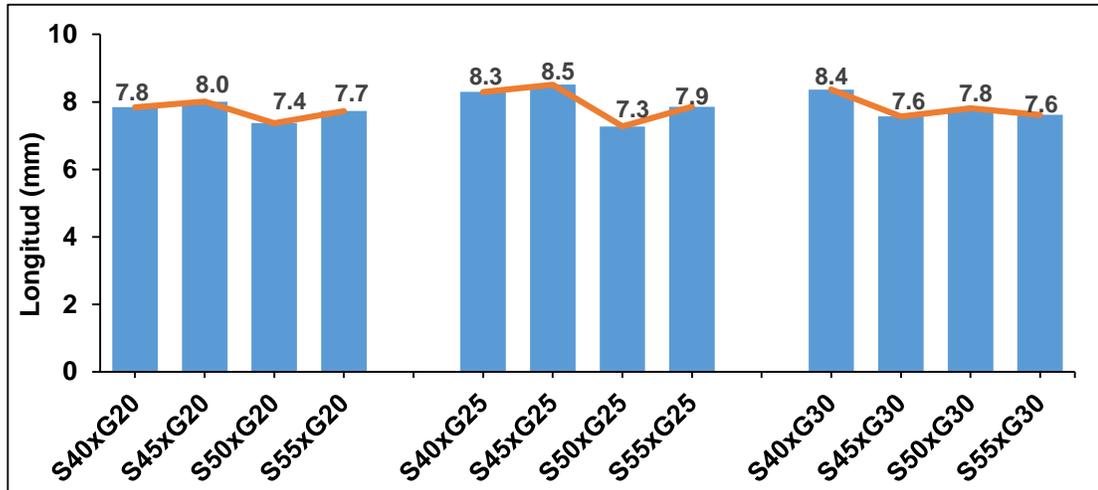


Figura 69. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre la longitud de grano.

La relación entre las distancias entre surcos con la longitud del grano fue negativa pero no significativa, con un coeficiente de correlación de $r = -0.7791$. El coeficiente de regresión fue negativo y no significativo, con un valor de $b = -0.0369$ (Figura 70). Por otro lado, para las distancias entre golpes los coeficientes de correlación y regresión fueron positivos y cuyos valores son $r = 0.4197$ y $b = 0.0104$, que tampoco tuvieron significación estadística (Figura 71).

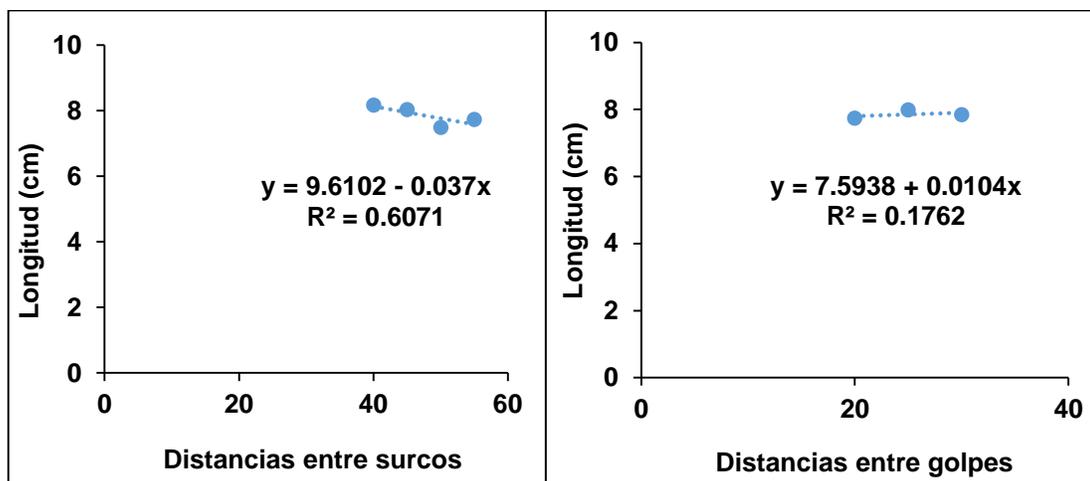


Figura 70. Regresión lineal de las distancias entre surcos y la longitud de grano.

Figura 71. Regresión lineal de las distancias entre golpes y la longitud de grano.

Las combinaciones Surcos x Golpes que lograron la mayor longitud de grano fueron S45xG25, S40xG30 y S40xG25 con 8.51 mm, 8.37 mm y 8.30 mm. Los valores más bajos fueron para las combinaciones S50 xG20 y S50 xG25 con 7.37 mm y 7.27 mm (Figura 72).

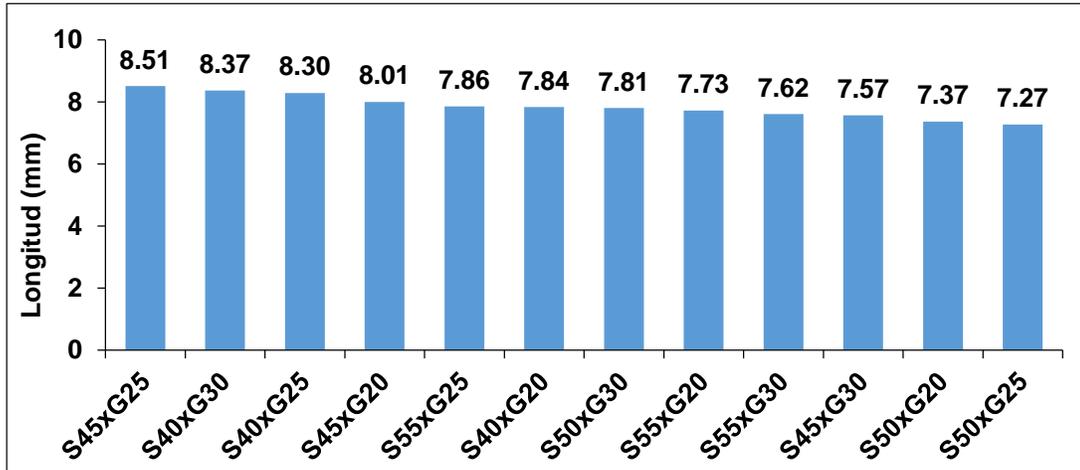


Figura 72. Longitud de grano (mm) de las combinaciones en estudio.

4.13 Grosor de grano

Los resultados del análisis de varianza no encontraron diferencias significativas tanto para los factores de Surcos y Golpes del grosor del grano. La interacción Surcos x Golpes tampoco fue significativa (Tabla 1A, Anexo). El coeficiente de variabilidad para esta característica fue 7.97%.

Los promedios alcanzados por las distancias entre surcos a 40 cm, 45 cm, 50 cm, y 55 cm del grosor de grano fueron 4.53 mm, 4.73 mm, 4.67 mm, y 4.72 mm respectivamente. (Figura 73). Los promedios para las distancias entre Golpes a 20 cm, 25 cm y 30 cm fueron 4.72 mm, 4.62 mm y 4.65 mm (Figura 74). Los coeficientes de variabilidad de ambos factores (Surcos y Golpes) fueron 8.40% y 5.52%.

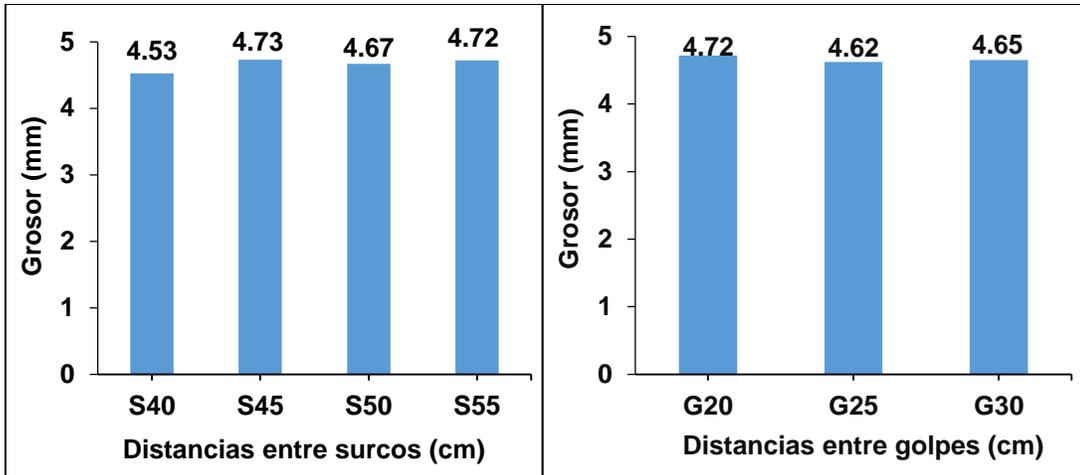


Figura 73. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el grosor del grano.

Figura 74. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el grosor del grano.

En la Figura 75 se muestran las respuestas de las distancias entre surcos a cada distancia entre golpes, en la que se puede notar una tendencia similar hacia un mayor grosor del grano de maíz, al incrementar la distancias entre surcos, en las tres distancias entre golpes estudiadas.

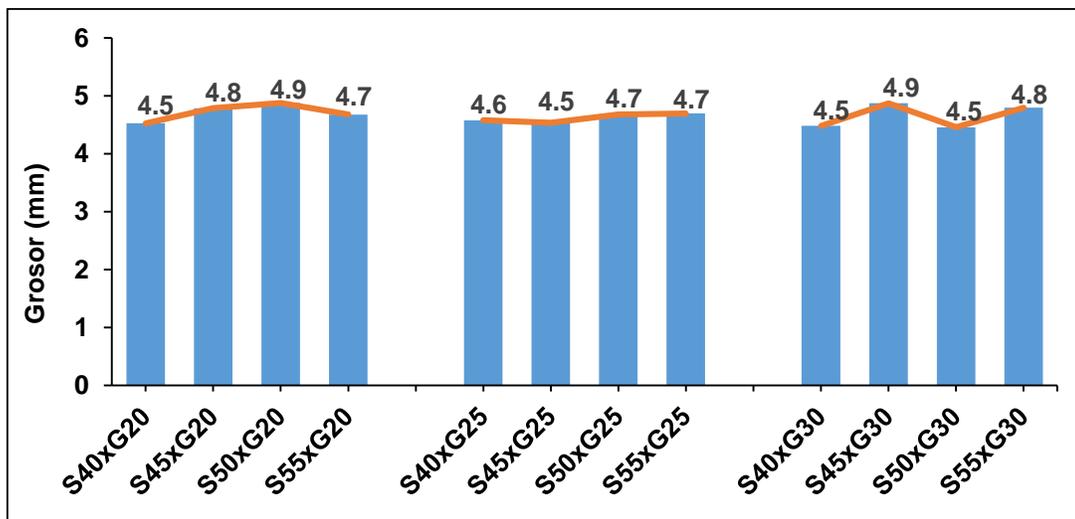


Figura 75. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el grosor del grano.

Los coeficientes de correlación y de regresión fueron positivos, pero no significativos para la relación entre las distancias entre surcos y el grosor de grano, con valores de $r = 0.7198$ y $b = 0.0105$ (Figura 76). La relación entre las distancias entre golpes y grosor de grano fue negativa y no significativa; los coeficientes de correlación y de regresión fueron $r = -0.68$ y $b = -0.0064$ (Figura 77).

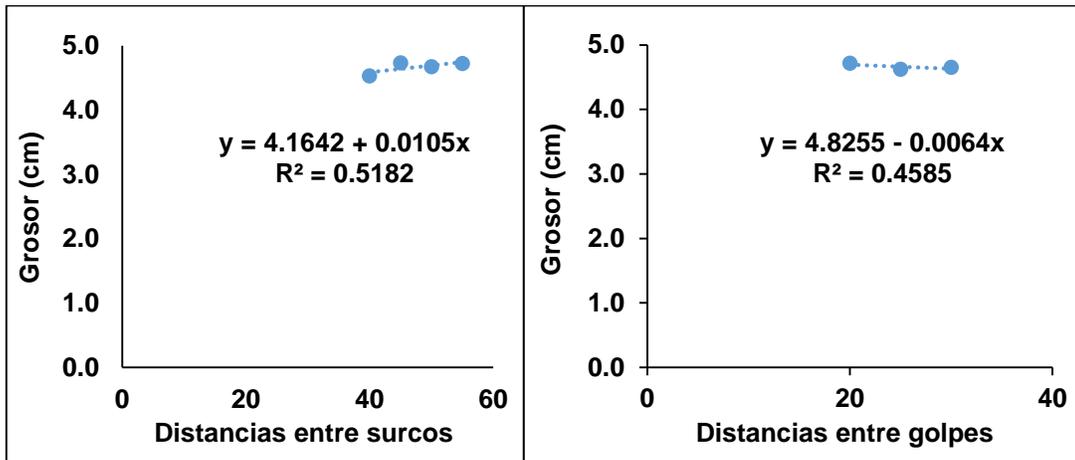


Figura 76. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el grosor del grano.

Figura 77. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el grosor del grano.

Las combinaciones entre Surcos x Golpes con mayor grosor de grano fueron S50xG20 con 4.88 mm, S45xG30 con 4.87 mm y S55xG30 con 4.80 mm, mientras que los valores más bajos fueron para las combinaciones S40xG30 y S50xG30 con 4.48 mm y 4.46 mm, cada una (Figura 78).

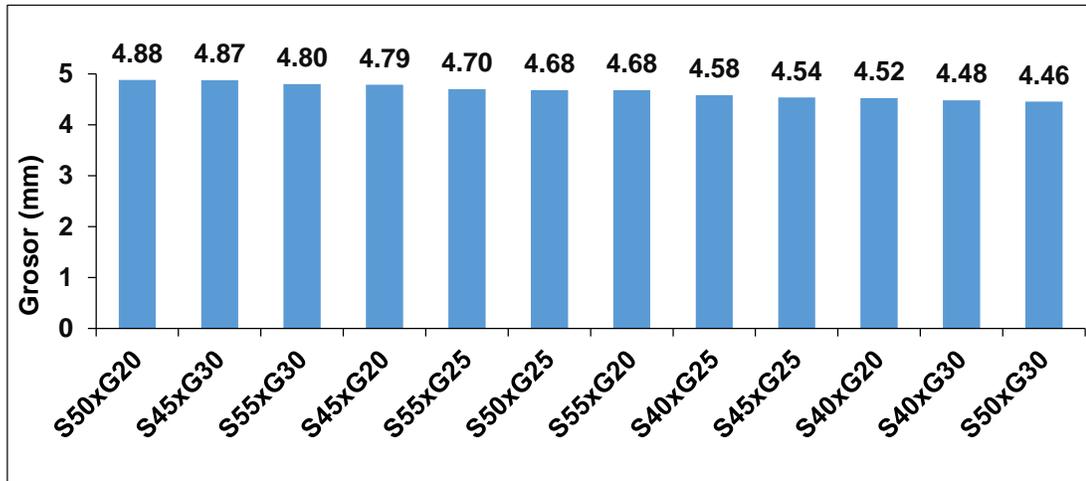


Figura 78. Grosor del grano (mm) de las combinaciones en estudio.

4.14 Ancho de grano

El análisis de varianza para el ancho de grano (mm), no encontró diferencias estadísticas significativas entre los promedios para las distancias entre surcos ni para las distancias entre golpes. La interacción Surcos x Golpes tampoco fue significativa. El coeficiente de variabilidad para el ancho del grano fue 6.08% (Tabla 1A, Anexo).

El mayor ancho de grano fue para la distancia entre surcos a 45 cm con 11.48mm, seguido de las distancias a 40 cm, 55 cm y 50 cm que lograron 11.32 mm, 10.97 mm y 10.85 mm (Figura 79). Entre golpes, el mayor ancho de grano fue para la distancia de 20 cm con 11.3 mm seguido por las distancias de 30 cm con 11.2 mm y 25 cm con 11.0 mm (Figura 80). Por otro lado, el coeficiente de variabilidad entre surcos fue de 6.05%. y entre golpes fue 5.89%.

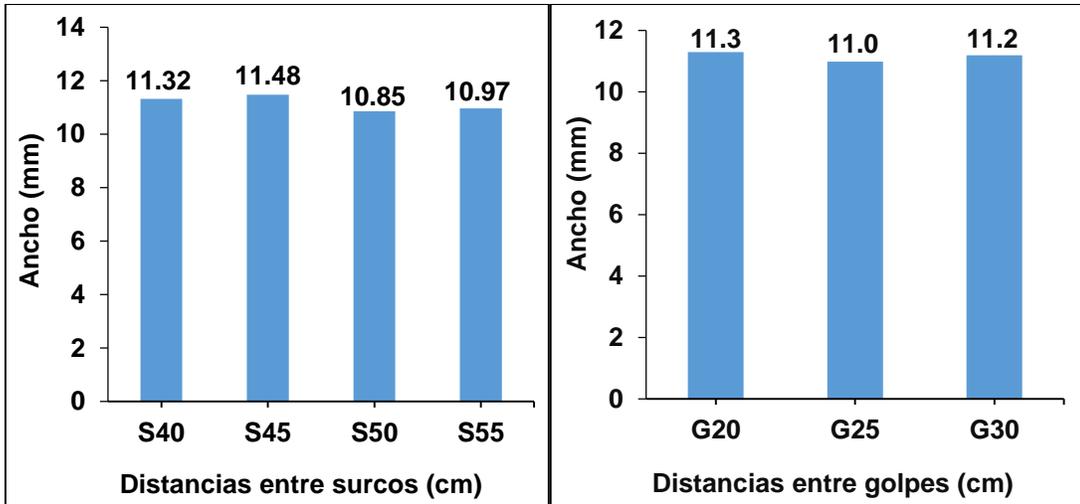


Figura 79. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el ancho del grano.

Figura 80. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el ancho del grano.

La no significación estadística de la interacción Surcos x Golpes sugiere que las distancias entre surcos respondieron de forma similar para cada distancia entre golpes para el ancho de grano (Figura 81).

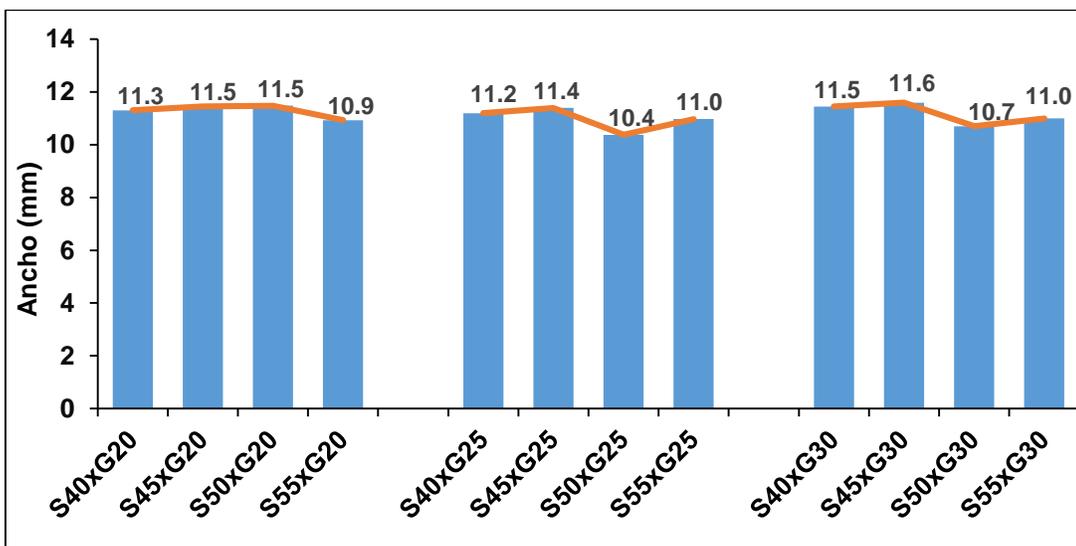


Figura 81. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el ancho de grano.

Los valores de los coeficientes de correlación y regresión fueron negativos y no significativos matemáticamente, $r = -0.7374$, y $b = -0.033$, para la relación entre las distancias entre surcos y el ancho del grano (Figura 82). Para la relación entre las distancias ente golpes y ancho de grano los coeficientes de correlación y de regresión también fueron negativos y no significativos con un valor de $r = -0.3367$ y $b = -0.0104$ (Figura 83).

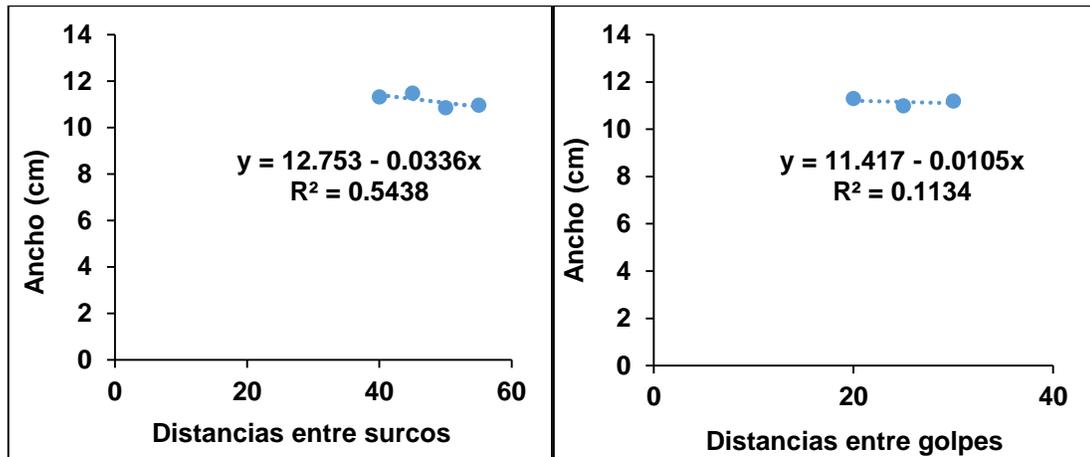


Figura 82. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el ancho del grano.

Figura 83. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el ancho del grano.

Los resultados que muestran las combinaciones Surcos x Golpes con mayor ancho de grano fueron S45xG30 con 11.60 mm seguidos de S50xG20 y S40 xG30 que obtuvieron 11.48 mm y 11.45 mm respectivamente, mientras que las combinaciones S50xG30 y S50xG25 tuvieron el menor ancho de grano con 10.70 mm y 10.38 mm (Figura 84).

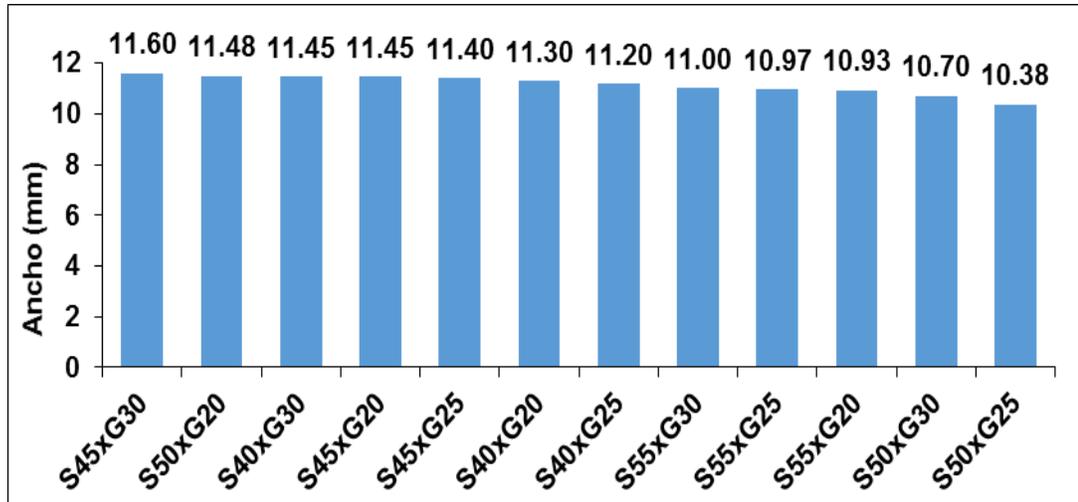


Figura 84. Ancho del grano (mm) de las combinaciones en estudio.

4.15 Peso de 100 granos

Para el peso de 100 granos, el análisis de varianza mostró diferencias significativas para las distancias entre surcos, mientras que para las distancias entre golpes no hubo significación estadística. La interacción Surcos por Golpes tampoco mostró significación estadística. El coeficiente de variabilidad del experimento fue 7.02%. (Tabla 1A, Anexo). Los mayores pesos de 100 granos fueron para las distancias a 45 cm con 34.00 g, seguido de las distancias a 40 cm con 33.56 g, y a 55 cm con 32.22 g, sin diferencias estadísticas entre tales valores, sin embargo, el promedio de surcos a 55 cm tampoco fue diferente estadísticamente al promedio logrado por surcos a 50 cm que con 30.23 gramos fue el más bajo (Figura 85), El análisis de la varianza también detectó una tendencia de respuesta cúbica a las distancias entre surcos, tal como se observa en la Figura 85. El coeficiente de variabilidad para el factor Surcos fue 8.80%.

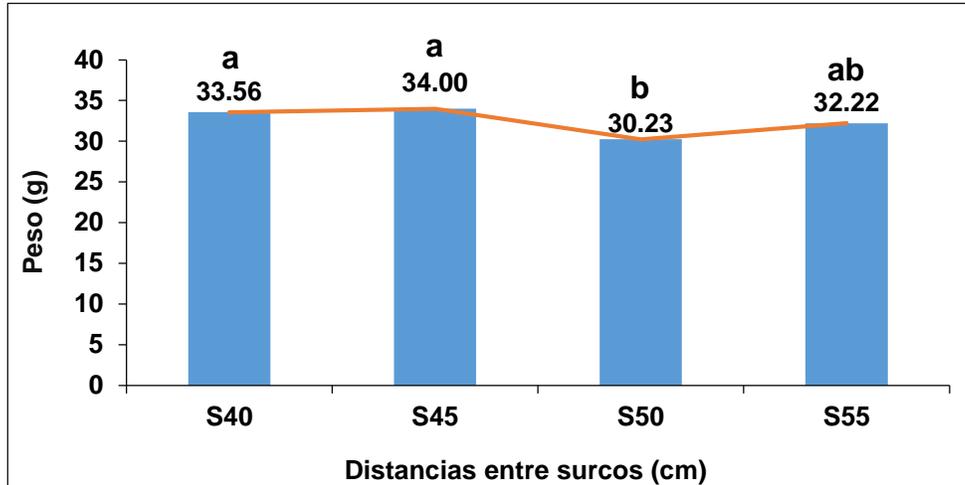


Figura 85. Efecto de 4 distancias entre surcos sobre el peso de 100 granos.

Los resultados de los distanciamientos entre golpes indicaron que el mayor peso de 100 granos fue para la distancia a 30 cm que alcanzo 33.4 gramos, seguido por las distancias a 20 cm y a 25 cm, con 32.9 g y 31.2 g cada una, sin diferencias estadísticas para tales distanciamientos. El ANOVA también detecto una tendencia de respuesta cuadrática a las distancias entre golpes, tal como se observa en la Figura 86. El coeficiente de variabilidad entre golpes fue 8.47%.

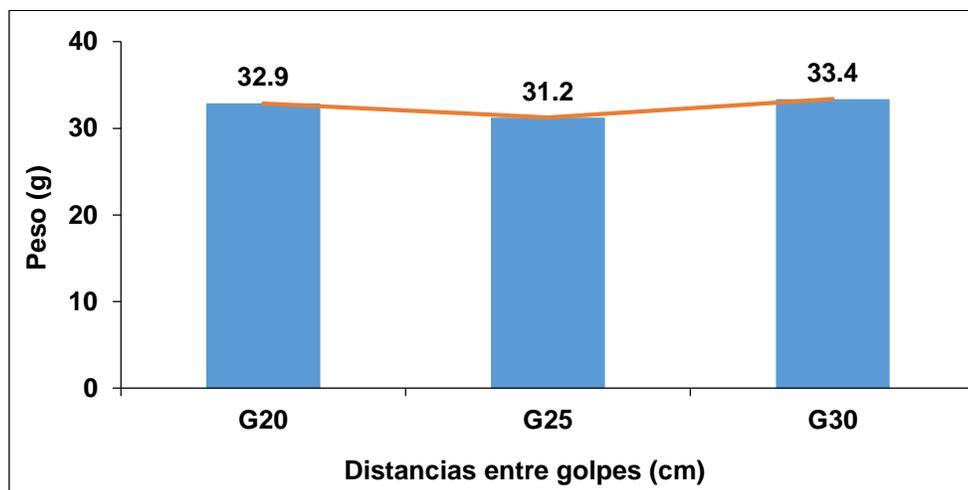


Figura 86. Efecto de 3 distancias entre golpes sobre el peso de 100 granos.

La respuesta de las distancias entre surcos a cada una de las tres distancias entre golpes estudiadas fue en promedio similar, y tal como se observa en la Figura 87, hay una tendencia a hacia un menor peso de los 100 granos al pasar de la separación de 40 cm a 50 cm, para luego incrementarse a la distancia a 55 cm, dentro de las 3 distancias entre golpes estudiadas.

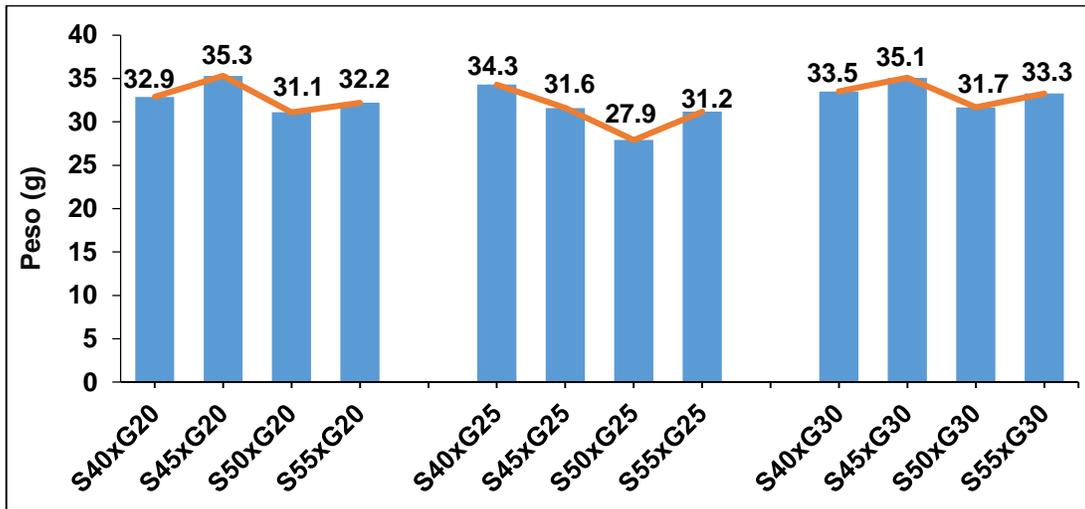


Figura 87. Respuesta de 3 distancias entre golpes a 4 distancias entre surcos sobre el peso de 100 granos.

El coeficiente de correlación entre las distancias entre surcos con el peso de 100 granos fue negativo y tuvo un valor de, $r = -0.5950$, pero no mostró significación estadística. El coeficiente de regresión también fue negativo, e igualmente sin significación estadística, con un valor de $b = -0.1559$ (Figura 88).

Por el contrario, la relación entre las distancias entre golpes y el peso de 100 granos fue positiva, pero también sin significación estadística; los valores de los coeficientes de correlación y de regresión fueron $r = 0.2271$ y $b = 0.0507$ (Figura 89).

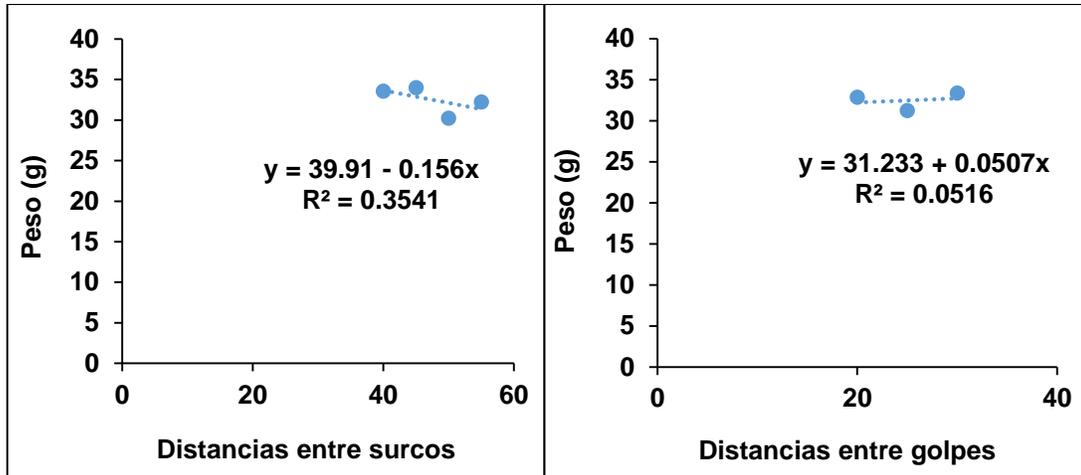


Figura 88. Regresión lineal de las distancias entre surcos y el peso de 100 granos.

Figura 89. Regresión lineal de las distancias entre golpes y el peso de 100 granos.

Las combinaciones Surcos x Golpes con mayor peso de grano fueron S45xG20 cm con 35.3 g seguidos de S45xG30 y S45xG25 que obtuvieron 35.1 g y 34.3 g respectivamente. Y las combinaciones S50xG20 y S50xG25 tuvieron el menor peso de 100 granos con 31.1 g y 27.9 g, respectivamente (Figura 90).

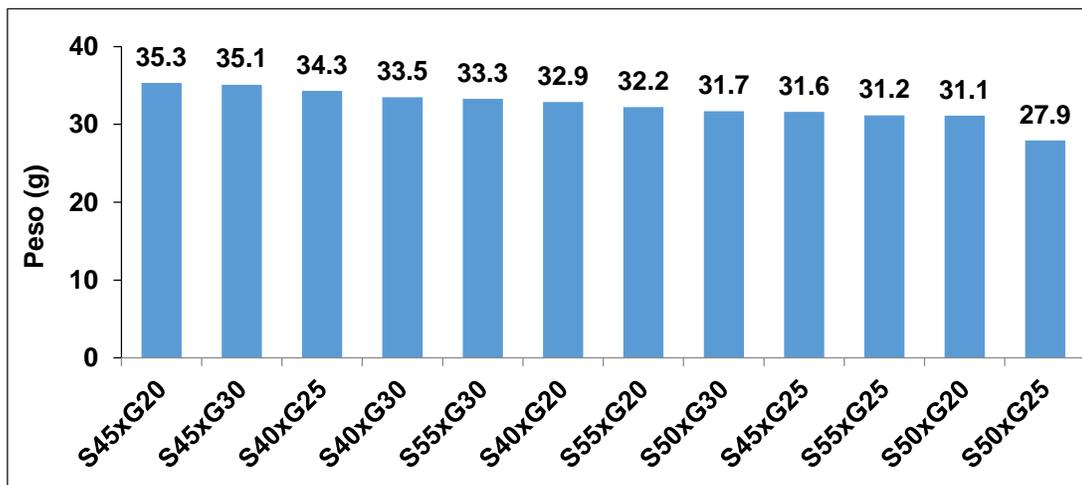


Figura 90. Peso de 100 granos de las combinaciones en estudio.

5 DISCUSIÓN

Definir una adecuada población de plantas por hectárea es un factor muy importante para la expresión del potencial productivo de la variedad o de la línea endogámica. Y tal potencial productivo está determinado por las características morfológicas de la planta (menor altura), sus características arquitectónicas (hojas erectas), y su mayor eficiencia fisiológica (alta competencia). El distanciamiento entre surcos y golpes depende de tales factores. Los resultados de los análisis de variancia de las variables registradas mostraron que para el factor Surcos, hubo una respuesta significativa al 99% para la diferencia entre los promedios de rendimiento de grano por hectárea (ajustado al 14% de humedad), altura de planta y mazorca; para las variables número de plantas, perímetro de mazorca, longitud de grano y peso de 100 granos, la significación fue al 95%; y para diámetro basal, hubo un nivel de probabilidades mayor a 90% de cometer error tipo I, lo que significa rechazar la hipótesis nula siendo verdadera.

Para el factor Golpes, se encontró alta significación estadística (99%) para rendimiento de grano, número de plantas, prolificidad y longitud de mazorca; y para el número de mazorcas la significación fue al 95% de dar por cierta la hipótesis alternativa. La interacción Surcos por Golpes no fue estadísticamente significativa para ninguna de las variables. Para rendimiento de grano hubo una respuesta lineal altamente significativa hacia la obtención de mayores rendimientos a medida que se redujo la distancia entre surcos, incrementándose el rendimiento de 3.95 t/ha (surcos a 55 cm) a 7.13 t/ha (surcos a 40 cm), esto es, 80.5% más. El rendimiento de 7.13 t/ha logrado a una distancia de 40 cm entre surcos y 20 cm entre golpes corresponde a una población de 125,000 plantas por hectárea. Los resultados alcanzados por las distancias entre golpes tuvieron la misma tendencia de respuesta, donde la mayor producción correspondió a las distancias de 20 y 25 cm, aunque la diferencia entre el mayor y menor rendimiento, esto es 5.40 t/ha (golpes a 20 cm) y 4.58 t/ha (golpes a 30 cm) solo representó un incremento de 17.9 % del número de mazorcas cosechadas.

El alto rendimiento de la línea CML-297, supera los reportados por Virgen y otros (2014), que reportaron una producción de 4.29 t/ha lograda con la línea CML-239 a con una densidad de 82,500 plantas/ha, y que representó un incremento del 13% a comparación del rendimiento alcanzado por una densidad de 62,500 plantas/ha. En México, Cervantes-Ortiz y otros (2013), obtuvieron un rendimiento de grano de 2.92 t/ha para la línea CML-176 (progenitor femenino del híbrido H-469C) sembrada a una densidad de 100,000 plantas/ha, y que fue superior en 19.1% al logrado a la densidad de 60,000 plantas/ha. Por otro lado, el alto rendimiento de la línea en este estudio se debe al mayor número de mazorcas cosechadas por hectárea que se logró con el distanciamiento entre golpes a 20 cm y también a la distancia entre surcos a 40 cm; el coeficiente de correlación entre ambos factores y el número de mazorcas cosechadas por hectárea fue significativo y negativo, lo mismo para los correspondientes coeficientes de regresión. La respuesta de tendencia a ambos factores tuvo una alta significación estadística (99%), indicando un mayor número de mazorcas cosechadas para los menores distanciamientos.

Otro de las variables que explican los altos rendimientos de la línea fue el alto valor de la prolificidad logrado en el ensayo. La prolificidad de la línea CML-297 en estudio respondió positivamente a las distancias entre golpes más no a las distancias entre surcos. Las plantas aumentaron linealmente el número promedio de mazorcas por planta de 1.16 a 1.31 y luego a 1.51 con las distancias entre golpes a 20 cm, 25 cm y 30 cm, respectivamente (Figura 38). Esta respuesta tuvo tendencia negativa, esto es, a menor número de plantas (G30 cm) mayor prolificidad. Estos resultados concuerdan con lo sostenido por Jugenheiner (1990) quien afirmó que la prolificidad disminuye a medida que se incrementa las densidades de siembra lo que ocasiona la existencia de muchas plantas sin mazorca. Este efecto también fue señalado por Cervantes y otros (2013), quienes determinaron que una densidad de 60,000 plantas/ha puede generar un valor de prolificidad de 1.25 a comparación de 1.04 que se obtiene de 90,000 plantas/ha. Por otro lado, López (1991) sostiene que los cultivares más prolíficos toleran las altas densidades de siembras debido a su adaptación a diferentes ambientes y el sombreado ocasionados por las hojas.

La altura de planta (AP) y de mazorca (AM) de la línea CML-297, se redujo linealmente al incrementar las distancias entre surcos de 40 cm (203 cm AP y 127 cm AM), a 50 cm (164 cm AP y 99 cm AM), para luego subir con la distancia a 55 cm entre surcos (180 cm AP y 109 cm AM). Esta respuesta de la línea es la que se espera al reducir el número de plantas/ha ya que a mayor densidad las plantas tienden a crecer más de su tamaño normal por efecto de la mayor competencia por luz (Oyervides y otros, 1990). Cervantes y otros (2013), reportaron que el aumento de la densidad de plantas de 60,000 a 80,000 plantas/ha generaron una mayor altura de planta y mazorca, señalando que las plantas tienden a crecer más de su tamaño normal cuando solo son sometidas a densidades de siembra superiores de lo que puede tolerar y a una alta dosis de fertilización de nitrógeno. Las líneas de alta endogamia, que son de porte más pequeño, sembradas a altas densidades son más vulnerables a que sufran un cambio a su altura normal (Sámano y otros, 2009).

El mayor efecto sobre el diámetro basal del tallo, que está relacionado con la capacidad de la planta para resistir a la caída o acame de raíz, lo tuvo la distancia entre golpes. El menor diámetro basal, 2.26 cm, fue para la distancia entre golpes a 20 cm entre plantas, (esto es, 500 plantas en 100 metros) mostrando un aumento lineal, aunque no significativo, a las distancias de 25 cm, 2.34 cm (400 plantas/100 m) y 30 cm, 2.40 cm (333 plantas/100 m), lo que representó un aumento de 6.1%. Según López (1991) una densidad de 140,000 plantas/ha puede ocasionar una mayor altura que afecta el diámetro del tallo. Con respecto al diámetro medio del tallo, relacionado al acame de tallo, la respuesta fue similar, aunque no significativa.

En relación a las mediciones de las mazorcas, las distancias entre surcos tuvieron un efecto significativo en el perímetro de la mazorca con una respuesta lineal hacia un mayor perímetro a menor distancia entre surcos, sin embargo, la tendencia fue hacia un menor perímetro a mayor distancia entre golpes (Figuras 46 y 47). La longitud de mazorca no fue afectada significativamente por las distancias entre surcos, pero si respondió para los golpes a 30 cm que generaron una mayor longitud de mazorca, con tendencia a reducirse a mayor número de plantas por metro lineal; resultados similares los reportó Cervantes y otros (2013), que encontraron una

disminución sostenida en la longitud de mazorca de las líneas CML-176 y CML-142, cuando la densidad cambió de 80,000 a 100,000 plantas/ha. El número de hileras por mazorca, el número de granos por hilera, el grosor de grano y el ancho de grano no respondieron a las distancias entre surcos y entre golpes del estudio. Sin embargo, la longitud del grano si fue estadísticamente significativa a las distancias entre surcos, observando una respuesta lineal y cúbica significativa; la mayor longitud de grano fue para la distancia entre surcos a 40 cm con 8.17 mm, cayendo a 8.03 mm y 7.48 mm para los surcos a 45 cm y 50 cm, para luego incrementar la longitud a 7.73 mm en los surcos a 55 cm

El peso de 100 granos fue estadísticamente significativo para distancias entre surcos, con una tendencia de respuesta lineal y también cúbica, ambas con significación estadística. Esta variable no respondió significativamente a las distancias entre golpes. El peso a las distancias de 40 cm y 45 cm entre surcos fue el más alto, con 34 gramos en promedio, para caer a 30.23 a la distancia de 50 cm entre surcos para luego incrementarse a 32.22 g en surcos a 55 cm. Virgen y otros (2014) reportaron una reducción de 2.5% en el peso de 1000 granos de la línea CML-239, y citaron reducciones similares para las líneas CML-354, CML-246 y CML-241.

6 CONCLUSIONES

1. El rendimiento de grano por hectárea, ajustado al 14 % de humedad, se incrementó linealmente al reducir las distancias entre surcos, alcanzando 7.13 t/ha en surcos a 40 cm entre ellos, superior en 80.5% al rendimiento logrado en surcos a 55 cm.
2. El mayor rendimiento promedio para las distancias entre golpes fue 5.40 t/ha en golpes a 20 cm, y que fue 820 kg/ha más alto que el logrado por golpes a 30 cm.
3. El rendimiento de grano más alto fue para la combinación S40 x G20 cm (125,000 plantas/ha) con 7.46 t/ha, superior en 102.2% al rendimiento de la combinación S55 x G25 cm que obtuvo 3.68 t/ha.
4. Los altos rendimientos logrados por la línea CML-297 en este estudio se deben al mayor número de mazorcas cosechadas por hectárea, y a la alta prolificidad de la línea.
5. Las alturas de planta y de mazorca tuvieron una respuesta lineal y cuadrática significativa, reduciendo respectivamente sus valores, de 203 cm y 127 cm para surcos a 40 cm, hasta 164 cm y 99 cm para surcos a 50 cm, esto es, una reducción de 39 cm y 28 cm, al pasar de una población de 250 plantas/surco a 200 plantas/surco.
6. La prolificidad de la línea se redujo significativamente al reducir la distancia entre golpes, al pasar de 30 cm entre golpes (1.51 mazorcas/golpe) a 20 cm entre golpes (1.16 mazorcas/planta).
7. Las distancias entre surcos y entre golpes no causaron diferencias en el diámetro basal y medio del tallo, en el número de hileras por mazorca, el número de granos por hilera, y el grosor y ancho del grano.

7 RECOMENDACIONES

1. La respuesta altamente significativa lineal al número de mazorcas cosechadas y a la prolificidad, permite suponer que existe aún espacio para planear estudio para determinar la respuesta de la línea CML 297 a mayores densidades, acercando las distancias entre surcos y golpes.
2. Extender este tipo de estudio a otras líneas parentales, y también a los híbridos comerciales que resultan de combinaciones de líneas de alta habilidad combinatoria específica.

8 BIBLIOGRAFÍA

Acosta R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. *Cultivos tropicales*, 30(2): 113-120.

Aguila C. A., Violic M. A., Gebauer B. J. E. (1970). Efecto de la población y distancia de siembra entre hileras, sobre el rendimiento y otras características de dos híbridos de maíz (*Zea mays* L.). *Agricultura Técnica*. 31(4): 198-203.

Andrés M. P., Sierra M. M., Palafox C. A., Rodríguez M. F. A., Espinosa C. A. (2013). Líneas de maíz convertidas al carácter de alta calidad de proteína. *Universidad y ciencia*. 29(3): 317 -323.

Arellano V. J. L., Virgen V. J., Rojas M. I. (2018). Venado H74: híbrido de maíz precoz para áreas de temporal y riego del altiplano central de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7): 1539 – 1546.

Cervantes O. F., Covarrubias P. J., Rangel L. J. A., Terrón I. A. D., Mendoza E. M., Preciado O. R. E. (2013). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1): 101 – 110.

Cervantes O. F., Hernández E. I., García R. G., Rangel L. J. A., Andrio E. E., Mendoza E. M., Rodríguez P.G., Rodríguez M. D. (2018). Aptitud combinatoria general y específica de caracteres agronómicos en líneas de maíz (*Zea mays* L.) de baja endogamia. *Agrociencia*, 34(1): 33 – 42.

Cirilo A. G. (2004). Manejo de la densidad y distancia entre los surcos en maíz. Rendimiento del cultivo de maíz. *Idia XXI, Revista de información sobre investigación y desarrollo agropecuario*, 4(6): 128 – 133.

De la Cruz L. E., Gutiérrez R. E., Palomo G. A., Rodríguez H. S. (2003). Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la comarca lagunera. *Revista fitotecnia mexicana*, 26(4): 279 – 284.

Escorsia G. N., Molina G. J. D., Castillo G. F. y Mejía C. J. A. (2010). Rendimiento, heterosis y depresión endogámica de cruza simples de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(3): 271 - 279.

Espinosa C. A., Ortiz C. I., Ramírez F. A., Gómez M. N. O., Martínez G. A. (1998). Estabilidad y comportamiento de líneas per se y cruza de maíz en la producción de semilla. *Agricultura técnica en México*, 24(1): 27 – 36.

Grobman, A. 2004. En Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz – El Origen del Maíz. Universidad Nacional Agraria La Molina, pp 426-471. Lima, Perú.

INEGI (1997). El maíz en el estado de México. Recuperado de:

<https://books.google.com.pe/books?id=T4SwDgAAQBAJ&pg=PA12&dq=morfologia+y+fisiologia+del+maiz&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiowZHs9onVAhUFNiYKHes7CDcQ6AEILjAD#v=onepage&q=morfologia%20y%20fisiologia%20del%20maiz&f=false>

consultado: 05/09/17.

Yzarra T. W., Trebejo V. I. y Noriega N. V. (2010). Evaluación del efecto del clima en la producción y productividad del maíz amarillo duro en la costa central del Perú. Universidad Nacional Agraria de la Molina–Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología. Lima, Perú. 84p.

Jones, D.F. 1918. The effects of inbreeding and cross-breeding upon development. *Conn. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 207: 5-100.

Jugenheimer W. R. (1990). Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivos y producción de semillas. Editorial limusa. Cuarta reimpression. México. 841p.

MacRobert J. F., Setimela P., Gethi J., y Worku R. M. (2015). Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F. CIMMYT. 36p.

Lesur L. (2005). Una guía pasó a paso. Manual del cultivo del maíz. Editorial Trillas. 80p.

López B. L. (1991). Cereales. Cultivos herbáceos Vol. 1. Ediciones mundi prensa. 539 p.

Ortas L. (2008). El cultivo del maíz: Fisiología y aspectos generales. Comercial de servicios AGRIGAN S. A., 7: 1- 4.

Oyervides A., Ortiz J., González V. y Carvallo A. (1990). El número de mazorcas por plantas y la formación de arquetipos de maíz. Serie fitotecnia 1(4): 103 – 118.

Paliwal R. L. (2001). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Colección FAO: producción y protección vegetal N° 28. Roma. 350 p.

Pérez L. F. J., Lobato O. R., García Z. J. J., Molina G. J. D., López, R. J. J., Cervantes S. T. (2014). Líneas homocigotas de maíz de alto rendimiento como progenitoras de híbridos de cruce simple. Agrociencia, 48(4): 425 – 437.

Pioneer (2001). Respuesta de híbridos de maíz a la densidad de plantas según ambientes. Boletín Técnico Pioneer. 4p.

Sámano G. D., Rincón S. F., Ruiz T. N. A., Espinoza V. J. y De león C. H. (2009). Efectos genéticos en cruces directas y recíprocas formadas a partir de líneas de dos grupos germoplásmicos de maíz. Revista fitotecnia mexicana. 32(1): 67- 74.

Sánchez R. F. J., Mendoza C. M. C., Mendoza R. M., Castillo G. F., Cruz I. S., Castro N. S., Molina G. I. D. (2017). Aptitud combinatoria de líneas endogámicas para la producción de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) de cruza simple en condiciones de riego. *Agrociencia*, 51(4): 393 – 404.

Sevilla P. R. (2010). Historia del mejoramiento genético de plantas en el Perú. Primer congreso peruano de mejoramiento genético y biotecnología agrícola. La molina, Lima Perú. 167p.

SIEA MIDAGRI (2019): INFORME SEMESTRAL DE GESTIÓN – 2019.

https://siea.midagri.gob.pe/portal/phocadownload/DSEP/PNA/1_2_Informes_Anuales/Eje_12_-_2019_Desarrollo_institucional.pdf consultado 08/05/ 2019.

Virgen V. J., Zepeda B. R., Arellano V. J. L., Avila P. M. A., Rojas M. I. (2013). Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de Valles altos en dos fechas de siembra. *Ciencia y tecnología agropecuaria de México*, 1(1): 26 – 32.

Virgen V. J., Zepeda B. R., Avila P. M. A., Espinosa C. A., Arellano V. J. L., Gómez V. A. J. (2014). Producción de semilla de líneas progenitoras de maíz: densidad de población e interacción. *Agronomía mesoamericana*, 25(2): 323 – 335.

Zamudio G. B., Espinosa C. A., Tadeo R. M., Encastin D. J. J., Martínez R. J. N., Feliz R. A., Cárdenas M. A. L., Turren F. A. (2015). Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a dobles hilera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 6(7): 1491 – 1505.

9 ANEXOS

ANEXO N°1

Tabla 1A. Cuadrados Medios y significacion estadistica de las variables estudiadas

| Cuadrados medios | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|----|----------------|-----------------|--------------------|-------------------|---------|-------------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|--------------------|----------------|-----------|--------------------|----------|----------|--------------------|
| FV | gl | Rdto | Alt Plats | Alt Maz | DiamBas | DiamMed | N° Plats | N° Maz | Prolif | MazCos/ha | PeriMaz | LongMaz | N° HilMaz | N° GranHI | LongGran | GrosGran | AnchGran | 100 gran |
| | | (t/ha) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | | | | (x 1000) | (cm) | (cm) | | | (mm) | (mm) | (mm) | (g) |
| Total | 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PP | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rep | 3 | 2.94 | 1330.5 | 1045.7 | 0.14 | 0.01 | 0.81 | 66.33 | 0.02 | 159.3 | 0.44 | 1.06 | 0.28 | 18.60 | 1.33 | 0.80 | 0.62 | 21.10 |
| Surco | 3 | 24.82** | 3099.8** | 1608.2** | 0.09>90 | 0.02 | 3.14 * | 52.28 | 0.01 | 2917.9** | 0.84 * | 0.76 | 0.20 | 9.51 | 1.13 * | 0.11 | 1.04 | 34.35* |
| Lineal | 1 | 65.81** | 4942.2** | 2415.5** | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 12.15 | 0.00 | 8249.2** | 1.56 ** | 1.98 >90 | 0.01 | 27.20 | 2.05 * | 0.17 | 1.69 | 36.48* |
| Cuadratico | 1 | 8.55 | 3659.3** | 2279.8** | 0.24* | 0.05 | 1.33 | 65.33 | 0.01 | 315.4 | 0.35 | 0.14 | 0.37 | 0.03 | 0.46 | 0.07 | 0.01 | 7.17 |
| Cubico | 1 | 0.12 | 698.0 | 129.4 | 0.03 | 0.00 | 8.07 ** | 79.35 | 0.01 | 189.4 | 0.60 | 0.14 | 0.23 | 1.29 | 0.87 >90 | 0.09 | 1.42 | 59.39* |
| Error (a) | 9 | 2.03 | 342.0 | 140.8 | 0.02 | 0.02 | 0.75 | 22.09 | 0.01 | 79.1 | 0.13 | 0.44 | 0.19 | 9.42 | 0.21 | 0.15 | 0.46 | 8.19 |
| Golpes | 2 | 3.53** | 96.2 | 191.6 | 0.07 | 0.03 | 1056.25 ** | 131.27 * | 0.51** | 796.8* | 0.05 | 0.65 ** | 0.47 | 3.95 | 0.25 | 0.04 | 0.39 | 19.96 |
| Lineal | 1 | 5.38** | 2.4 | 105.5 | 0.14 | 0.04 | 2112.50 ** | 258.78 * | 1.01** | 1585.7** | 0.10 | 1.19 ** | 0.36 | 7.80 | 0.09 | 0.03 | 0.09 | 2.06 |
| Cuadratico | 1 | 1.69 | 190.1 | 277.8>90 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 3.76 | 0.01 | 7.9 | 0.00 | 0.11 | 0.57 | 0.09 | 0.41 | 0.04 | 0.69 | 37.86>90 |
| S x G | 6 | 0.67 | 93.7 | 20.2 | 0.03 | 0.01 | 1.97 | 24.05 | 0.01 | 40.2 | 0.36 | 0.98 | 0.66 | 14.51 | 0.45 | 0.10 | 0.34 | 6.74 |
| S lin x G lin | 1 | 0.12 | 144.2 | 37.5 | 0.00 | 0.00 | 0.90 | 23.26 | 0.01 | 40.0 | 0.02 | 0.73 | 0.04 | 6.48 | 0.11 | 0.00 | 0.14 | 0.44 |
| S lin x G cuad | 1 | 1.12 | 34.0 | 77.5 | 0.00 | 0.00 | 2.13 | 65.27 | 0.00 | 32.2 | 0.38 | 0.02 | 0.33 | 0.66 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 8.35 |
| S cuad x G lin | 1 | 0.01 | 30.6 | 1.5 | 0.02 | 0.00 | 0.50 | 13.78 | 0.01 | 53.6 | 0.03 | 0.05 | 0.45 | 1.90 | 0.08 | 0.08 | 0.36 | 0.88 |
| S cuad x G cuad | 1 | 2.10 | 131.8 | 0.5 | 0.09>90 | 0.01 | 0.67 | 5.51 | 0.01 | 56.6 | 0.56 | 0.33 | 0.03 | 0.84 | 0.00 | 0.07 | 0.30 | 29.17* |
| S cub x G lin | 1 | 0.34 | 215.5 | 1.3 | 0.02 | 0.01 | 3.60 | 33.31 | 0.00 | 0.1 | 1.09 * | 0.47 | 2.97 ** | 16.51 | 1.07 | 0.28 | 0.73 | 0.37 |
| S Cub x G cuad | 1 | 0.36 | 6.3 | 2.9 | 0.04 | 0.06 * | 4.03 | 3.17 | 0.02 | 58.4 | 0.10 | 4.27 | 0.14 | 60.63 | 1.31 * | 0.14 | 0.51 | 1.22 |
| Error (b) | 6 | 0.26 | 439.8 | 69.6 | 0.04 | 0.02 | 1.81 | 20.94 | 0.01 | 96.2 | 0.15 | 0.04 | 0.32 | 6.67 | 0.27 | 0.07 | 0.43 | 7.59 |
| Error (c) | 18 | 1.22 | 475.4 | 172.5 | 0.02 | 0.01 | 1.86 | 38.20 | 0.01 | 122.2 | 0.23 | 0.98 | 0.29 | 14.30 | 0.28 | 0.14 | 0.46 | 5.21 |
| CV Exper(%) | | 21.6 | 11.9 | 11.8 | 6.2 | 5.9 | 3.3 | 11.6 | 8.5 | 9.7 | 4.1 | 6.7 | 5.1 | 13.4 | 6.8 | 8.0 | 6.1 | 7.0 |
| CV surcos (%) | | 27.8 | 10.1 | 10.7 | 6.7 | 8.3 | 2.1 | 8.8 | 7.3 | 7.8 | 3.0 | 4.5 | 4.1 | 10.8 | 5.8 | 8.4 | 6.0 | 8.8 |
| CV golpes (%) | | 10.0 | 11.5 | 7.5 | 8.3 | 8.6 | 3.3 | 8.6 | 7.5 | 8.6 | 3.3 | 1.3 | 5.4 | 9.1 | 6.6 | 5.5 | 5.9 | 8.5 |

*. Significativo a 95%

** Significativo a 5%

Significacion >90

Rdto: Rendimiento de grano
Alt Plats: Altura de planta
Alt Maz: Altura de mazorca
DiamBas: Diametro basal de tallo

DiamMed: Diametro medio de tallo
N° Plats: Numero de plantas
N° Maz: Numero de mazorcas
Prolif: Prolificidad

MazCos/ha: Mazorcas cosechadas por ha (x 1000)
PeriMaz: Perimetro de mazorca
LongMaz: Longitud de mazorca
N° HilMaz: Numero de hileras por mazorca
N° GranHil: Numero de granos por hilera

LongGran: Longitud de grano
GrosGran: Grosor de grano
AnchGran: Ancho de grano
100 gran: Peso de 100 granos

ANEXO N° 2

Tabla 2A. Valores promedio de los niveles para cada factor estudiado

| Factor | Nivel | Rdto | Alt Plats | Alt Maz | DiamBas | DiamMed | N° Plats | N° Maz | Prolif | MazCos/ha | PeriMaz | LongMaz | N° HilMaz | N° GranHil | LongGran | GrosGran | AnchGran | 100 gran |
|-----------------|-------|-------------|---------------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| | | (t/ha) | (cm) | (cm) | (cm) | (cm) | | | | (x 1000) | (cm) | (cm) | | | (mm) | (mm) | (mm) | (g) |
| Surcos | 40 | 7.13 | 203 | 127 | 2.41 | 1.60 | 41.1 | 53.3 | 1.330 | 133.850 | 11.99 | 15.08 | 10.62 | 29.43 | 8.2 | 4.5 | 11.3 | 33.6 |
| | 45 | 5.15 | 184 | 110 | 2.23 | 1.53 | 41.5 | 53.7 | 1.328 | 120.560 | 11.85 | 15.11 | 10.33 | 28.42 | 8.0 | 4.7 | 11.5 | 34.0 |
| | 50 | 4.24 | 164 | 99 | 2.30 | 1.53 | 40.4 | 50.7 | 1.296 | 103.500 | 11.39 | 14.78 | 10.53 | 28.18 | 7.5 | 4.7 | 10.9 | 30.2 |
| | 55 | 3.95 | 180 | 109 | 2.40 | 1.60 | 41.5 | 55.8 | 1.356 | 100.450 | 11.60 | 14.58 | 10.60 | 27.27 | 7.7 | 4.7 | 11.0 | 32.2 |
| Golpes | 20 | 5.40 | 182 | 111 | 2.26 | 1.54 | 49.3 | 56.4 | 1.16 | 121.34 | 11.65 | 14.73 | 10.34 | 27.86 | 7.7 | 4.7 | 11.3 | 32.9 |
| | 25 | 5.38 | 186 | 115 | 2.34 | 1.54 | 41.1 | 52.9 | 1.31 | 115.17 | 11.71 | 14.82 | 10.68 | 28.26 | 8.0 | 4.6 | 11.0 | 31.2 |
| | 30 | 4.58 | 181 | 108 | 2.40 | 1.61 | 33.0 | 50.7 | 1.51 | 107.26 | 11.76 | 15.11 | 10.55 | 28.85 | 7.8 | 4.7 | 11.2 | 33.4 |
| Promedio | | 5.12 | 182.84 | 111.14 | 2.33 | 1.57 | 41.13 | 53.33 | 1.33 | 114.59 | 11.71 | 14.89 | 10.52 | 28.33 | 7.85 | 4.66 | 11.16 | 32.50 |
| DMS surcos (5%) | | 1.32 | 17.08 | 10.96 | 0.14 | 0.12 | 0.80 | 4.34 | 0.09 | 8.21 | 0.33 | 0.62 | 0.40 | 2.83 | 0.42 | 0.36 | 0.62 | 2.64 |
| DMS golpes (5%) | | 0.44 | 18.14 | 7.22 | 0.17 | 0.12 | 1.16 | 3.96 | 0.09 | 8.48 | 0.33 | 0.17 | 0.49 | 2.23 | 0.45 | 0.22 | 0.57 | 2.38 |
| DMS SXG (5%) | | 1.49 | 33.33 | 18.35 | 0.25 | 0.17 | 2.10 | 8.87 | 0.17 | 16.52 | 0.70 | 1.29 | 0.85 | 5.35 | 0.82 | 0.53 | 1.04 | 3.77 |

Rdto: Rendimiento de grano
 Alt Plats: Altura de planta
 Alt Maz: Altura de mazorca
 DiamBas: Diametro basal de tallo

DiamMed: Diametro medio de tallo
 N° Plats: Numero de plantas
 N° Maz: Numero de mazorcas
 Prolif: Prolificidad

MazCos/ha Mazorcas cosechadas por ha (x 1000)
 PeriMaz: Perimetro de mazorca
 LongMaz: Longitud de mazorca
 N° HilMaz: Numero de hileras por mazorca
 N° GranHil: Numero de granos por hilera

LongGran: Longitud de grano
 GrosGran: Grosor de grano
 AnchGran: Ancho de grano
 100 gran: Peso de 100 granos

ANEXO N°3

Tabla 3A. Valores de los coeficientes de correlacion y de regresion.

Relacion entre las DISTANCIAS ENTRE SURCOS con las variables estudiadas

| | Rdto | Alt Plats | Alt Maz | DiamBas | DiamMed | Prolif | MazCos/ha | PeriMaz | LongMaz | N° HilMaz | N° GranHil | LongGran | GrosGran | AnchGran | 100 gran |
|-------------|-------------|-----------|---------|---------|---------|--------|----------------|---------|-------------|-----------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| Correlacion | -0.94 | -0.73 | -0.707 | 0.0418 | 0.070 | 0.243 | -0.970* | -0.787 | -0.934 >90% | 0.148 | -0.977* | -0.779 | 0.719 | -0.737 | -0.595 |
| Regresion | -0.209 >90% | -1.815 | -1.269 | 0.0005 | 0.0004 | 0.0009 | -2.345* | -0.032 | -0.036 | 0.003 | -0.134* | -0.036 | 0.010 | -0.033 | -0.156 |

Relacion entre las DISTANCIAS ENTRE GOLPES con las variables estudiadas

| | Rdto | Alt Plats | Alt Maz | DiamBas | DiamMed | Prolif | MazCos/ha | PeriMaz | LongMaz | N° HilMaz | N° GranHil | LongGran | GrosGran | AnchGran | 100 gran |
|-------------|--------|-----------|---------|---------------|---------|----------------|----------------|---------------|---------|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|
| Correlacion | -0.872 | -0.1108 | -0.524 | 0.997* | 0.8504 | 0.996* | -0.997* | 0.998* | 0.959 | 0.6226 | 0.994 >90% | 0.419 | -0.677 | -0.336 | 0.227 |
| Regresion | -0.082 | -0.054 | -0.363 | 0.013* | 0.007 | 0.0356* | -1.407* | 0.011* | 0.038 | 0.021 | 0.098 | 0.010 | -0.006 | -0.0104 | 0.0507 |

Rdto: Rendimiento de grano
 Alt Plats: Altura de planta
 Alt Maz: Altura de mazorca
 DiamBas: Diametro basal de tallo

DiamMed: Diametro medio de tallo
 N° Plats: Numero de plantas
 N° Maz: Numero de mazorcas
 Prolif: Prolifidad

MazCos/ha Mazorcas cosechadas por ha (x 1000)
 PeriMaz: Perimetro de mazorca
 LongMaz: Longitud de mazorca
 N° HilMaz: Numero de hileras por mazorca
 N° GranHil: Numero de granos por hilera

LongGran: Longitud de grano
 GrosGran: Grosor de grano
 AnchGran: Ancho de grano
 100 gran: Peso de 100 granos

Figura 4A del ANEXO: Croquis del experimento

