

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“NIVELES NUTRICIONALES Y DENSIDAD DE SIEMBRA
EN EL RENDIMIENTO DEL HÍBRIDO DK 7088
(*Zea mays* L.), BAJO RIEGO POR GOTEO”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE

INGENIERA AGRÓNOMA

CLAUDIA SOFÍA ALEGRÍA EGÚSQUIZA

LIMA – PERÚ

2021

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**NIVELES NUTRICIONALES Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL
RENDIMIENTO DEL HÍBRIDO DK 7088 (*Zea mays* L.) BAJO**

RIEGO POR GOTEO

CLAUDIA SOFÍA ALEGRÍA EGÚZQUIZA

Tesis para optar el Título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Mg Sc Julián Chura Chuquiya
PRESIDENTE

Mg. Sc Lorenzo Hurtado Leo
ASESOR

Mg. Sc. Hugo Huanuqueño Coca
MIEMBRO

Mg. Sc. Julio Nazario Ríos
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2021

A Dios, por ser mi fuerza y sustento en todo momento.

A mi familia, por animarme a perseverar.

Al Ing. Hurtado, mi asesor, por su paciencia y apoyo.

A mis amigos, por celebrar junto a mí este logro.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Agronomía del maíz amarillo duro.....	3
2.2. La nutrición mineral del maíz amarillo	5
2.3. Densidad de plantas en maíz amarillo duro.....	11
III. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 MATERIALES.....	14
3.1.1. Ubicación del experimento	14
3.1.2. Características del suelo.....	14
3.1.3. Características del agua de riego.....	15
3.1.4. Características climatológicas del área experimental	15
3.1.5. Cultivo de maíz amarillo duro híbrido DK 7088	16
3.1.6. Módulo de riego por goteo.....	16
3.1.7. Fuentes de fertilizantes.....	19
3.2.METODOLOGÍA.....	20
3.2.1. Conducción del experimento	21
3.2.2. Factor en estudio	24
3.2.3. Diseño experimental	24
3.2.4. Características del campo experimental.....	26
3.2.5. Variables evaluadas	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. RESPUESTA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y EL NIVEL NUTRICIONAL	34
4.2. RENDIMIENTO TOTAL Y COMERCIAL DE MAÍZ AMARILLO (kg/ha).....	40
4.2.1. Rendimiento total (kg/ha)	40
4.2.2. Rendimiento comercial (kg/ha- 14 % humedad)	41
4.3. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	46
4.3.1. Número de plantas por metro cuadrado	46

4.3.2. Número de mazorcas por planta.....	47
4.3.3. Peso de mazorca a 14 % de humedad (g).....	48
4.3.4. Porcentaje de desgrane (%).....	49
4.3.5. Peso de 100 semillas (g)	49
4.3.6. Longitud de mazorca (cm)	50
4.3.7. Diámetro de mazorca (cm).....	51
4.4. VARIABLES DE CRECIMIENTO	60
4.4.1. Altura de planta (cm)	60
4.4.2. Altura de la mazorca principal (cm)	60
4.4.3. Área foliar (cm ² /planta)	61
4.4.4. Número de hojas	62
4.4.5. Diámetro de tallo (cm)	63
4.5. MATERIA SECA TOTAL Y SUS COMPONENTES.....	76
4.5.1. Materia seca total de la parte aérea (g/planta).....	77
4.5.2. Materia seca de hojas (g/planta).....	78
4.5.3. Materia seca de tallos (g/planta)	78
4.5.4. Materia seca de mazorcas (g/planta).....	78
4.5.5. Materia seca de panca (g/planta).....	79
4.5.6. Materia seca de panoja (g/planta)	79
V. ANÁLISIS AGROECONÓMICO	87
VI. CONCLUSIONES	89
VII. RECOMENDACIONES	90
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	91
IX. ANEXOS	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Análisis físico - químico del Suelo.....	18
Tabla 2: Análisis de agua de riego.....	18
Tabla 3: Datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo. Enero a Junio 2018	19
Tabla 4: Fuentes de fertilizantes y su contenido en nutrientes	20
Tabla 5: Fenología de maíz amarillo duro y requerimientos de riego.	23
Tabla 6: Densidades de siembra	24
Tabla 7: Niveles nutricionales	24
Tabla 8: Análisis de varianza para diseño de parcelas divididas.....	26
Tabla 9: Programación de actividades de fertilización.....	33
Tabla 10: Resultados de cuatro niveles nutricionales en D1: 70,000 plantas/ha.....	37
Tabla 11: Resultados de cuatro niveles nutricionales en D2: 90,000 plantas/ha.....	37
Tabla 12: Resultados de cuatro niveles nutricionales en D3: 110,000 plantas/ha.....	38
Tabla 13: Rendimiento Total y Comercial de maíz amarillo duro DK 7088.	43
Tabla 14: Componentes del rendimiento de maíz amarillo duro DK 7088.....	52
Tabla 15: Variables de crecimiento de maíz amarillo duro DK 7088	65
Tabla 16: Análisis de efectos simples para la interacción Densidad x Niveles, Altura de la mazorca principal (cm).....	67
Tabla 17: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 70000 plantas/ha, Altura de mazorca principal (cm).....	68
Tabla 18: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 90000 plantas/ha, Altura de mazorca principal (cm).....	68
Tabla 19: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 110000 plantas/ha, Altura de mazorca principal (cm).....	68
Tabla 20: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Testigo (T0), Altura de mazorca principal (cm).....	69
Tabla 21: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK (T1), Altura de mazorca principal (cm).....	69

Tabla 22: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca (T2), Altura de mazorca principal (cm).....	69
Tabla 23: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca + Micro (T3), Altura de mazorca principal (cm).....	69
Tabla 24: Análisis de efectos simples para la interacción Densidad x Niveles, Diámetro del tallo (cm)	73
Tabla 25: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 70000 plantas/ha, Diámetro de tallo (cm).....	74
Tabla 26: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 90000 plantas/ha, Diámetro de tallo (cm).....	74
Tabla 27: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 110000 plantas/ha, Diámetro de tallo (cm).....	74
Tabla 28: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Testigo (T0), Diámetro de tallo (cm).....	75
Tabla 29: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK (T1), Diámetro de tallo (cm).....	75
Tabla 30: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca (T2), Diámetro de tallo (cm).....	75
Tabla 31: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca + Micro (T3), Diámetro de tallo (cm).....	76
Tabla 32: Materia seca total y sus componentes de maíz amarillo duro DK 7088	80
Tabla 33: Análisis Agroeconómico de ensayo en maíz amarillo duro DK 7088	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de aleatorización de cuatro niveles nutricionales bajo tres densidades de siembra.	28
Figura 2: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional de rendimiento total de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	44
Figura 3: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el rendimiento comercial de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	45
Figura 4: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el número de plantas por metro cuadrado de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	53
Figura 5: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el número de mazorcas por planta de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	54
Figura 6: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca a 14 % de humedad (g) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	55
Figura 7: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el porcentaje de desgrane (%) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	56
Figura 8: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el peso de 100 semillas (g) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	57
Figura 9: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en longitud de mazorca (cm) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	58
Figura 10: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en diámetro de mazorca (cm) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	59
Figura 11: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en la altura de planta (cm) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	66
Figura 12: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en la altura de la mazorca principal (cm) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	67
Figura 13: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en área foliar (cm ² /planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	71
Figura 14: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el número de hojas por planta de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	72

Figura 15: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el diámetro de tallo de la planta de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	73
Figura 16: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca total de la parte aérea (g/planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	81
Figura 17: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de hojas (g/planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.).....	82
Figura 18: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de tallos (g/planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	83
Figura 19: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de mazorca (g/planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.).....	84
Figura 20: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de panca (g/planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.).....	85
Figura 21: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de panoja (g/planta) de maíz amarillo duro (<i>Zea mays</i> L.)	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Rendimiento comercial (kg/ha).....	104
Anexo 2: Rendimiento total (kg/Ha)	105
Anexo 3: Número de plantas/m ²	106
Anexo 4: Número de mazorcas/planta.....	107
Anexo 5: Peso promedio mazorca (gramos).....	108
Anexo 6: Porcentaje de desgrane (%).....	109
Anexo 7: Peso de 100 semillas (g)	110
Anexo 8: Longitud de mazorca (cm).....	111
Anexo 9: Diámetro de mazorca (cm).....	112
Anexo 10: Área foliar (cm ² /planta).....	113
Anexo 11: Altura de planta (cm)	114
Anexo 12: Altura de mazorca principal (cm)	115
Anexo 13: Número de hojas/planta	116
Anexo 14: Diámetro de tallo (cm)	117
Anexo 15: Materia seca total (gramos/planta).....	118
Anexo 16: Materia seca de mazorca (gramos/planta).....	119
Anexo 17: Materia seca de hojas (gramos/planta).....	120
Anexo 18: Materia seca de tallo (gramos/planta)	121
Anexo 19: Materia seca de panoja (gramos/planta)	122
Anexo 20: Materia seca de panca (gramos/planta).....	123

RESUMEN

Se estudió la respuesta en el rendimiento y sus variables en maíz amarillo Híbrido DK 7088 de cuatro niveles nutricionales; el control sin fertilizar, el nivel nutricional estándar: NPK, el estándar con calcio: NPK + Ca y el estándar con calcio más microelementos: NPK + Ca + hierro + manganeso + zinc, en tres poblaciones de plantas: 110,000, 90,000 y 70,000 plantas/ha, y riego por goteo. El ensayo se llevó a cabo en la UNALM de enero a junio de 2018. Las condiciones edáficas fueron de salinidad moderada, baja fertilidad y relaciones catiónicas de no equilibrio. La respuesta al diferenciado nivel nutricional fue altamente significativo. El mayor rendimiento con 9187 kg/ha y el mayor número de mazorcas/planta se presenta a nivel de NPK+Ca + Fe-Mn-Zn, similar estadísticamente a NPK+Ca, pero diferente en 17% respecto del testigo. También, en la materia seca total las diferencias son del 23%, en la eficiencia de uso del agua (EUA) de 17% en el índice de área foliar en 16%, respecto del testigo. A este nivel nutricional se presenta el menor coeficiente de transpiración. En general hubo respuesta positiva a la fertilización NPK, también en menor grado a la aplicación de calcio y no se presentó respuesta a la aplicación de microelementos. Respecto a la respuesta a la densidad de plantas, las diferencias son altamente significativas para el rendimiento de maíz, el mayor valor se presenta a nivel de 90000 plantas/ha, superior en 14% a 70000 y 110000 plantas/ha similares entre sí. El mayor número de mazorcas/planta caracteriza a 90000 plantas/ha superior en 42% y 14% respectivamente. No existen diferencias en el peso de mazorca. La mayor EUA caracteriza a 90000 plantas/ha, el mayor coeficiente de transpiración con 70000 plantas/ha y el mayor índice de área foliar con 110000 plantas/ha.

Palabras clave: Maíz amarillo duro, densidad de siembra, niveles nutricionales.

ABSTRACT

The response in yield and its variables in yellow corn Hybrid DK 7088 of four nutritional levels were studied; the unfertilized control, the standard nutritional level: NPK, the standard with calcium: NPK + Ca and the standard with calcium plus microelements: NPK + Ca + iron + manganese + zinc, in three plant populations: 110,000, 90,000 and 70,000 plants/ha, and drip irrigation. The trial was conducted at UNALM from January to June 2018. Edaphic conditions were moderate salinity, low fertility and non-equilibrium cation ratios. The response to the differentiated nutritional level was highly significant. The highest yield with 9187 kg/ha and the highest number of ears/plant is presented at NPK+Ca + Fe-Mn-Zn level, statistically similar to NPK+Ca, but different in 17% with respect to the control. Also, in total dry matter the differences are 23%, in water use efficiency (WUE) 17% and in leaf area index 16%, with respect to the control. At this nutritional level, the lowest transpiration coefficient was observed. In general, there was a positive response to NPK fertilization, also to a lesser degree to the application of calcium and there was no response to the application of microelements. Regarding the response to plant density, the differences are highly significant for corn yield, with the highest value at 90000 plants/ha, 14% higher than 70000 and 110,000 plants/ha, similar to each other. The highest number of ears/plant characterizes 90000 plants/ha higher by 42% and 14% respectively. There are no differences in ear weight. The highest WUE characterizes 90000 plants/ha, the highest transpiration coefficient with 70000 plants/ha and the highest leaf area index with 110,000 plants/ha.

Key words: Hard yellow corn, planting density, nutritional levels.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz amarillo, se usa como materia prima en la elaboración de alimentos para aves y porcinos (MINAGRI, 2011). En el año 2019, las estadísticas ubicaron a este cultivo en el tercer lugar por superficie cosechada del total nacional, con un 11.3%, ubicándose detrás del arroz, con 18.4% y la papa, con 14.7% (Aranda et al, 2020); también aporta a la generación de empleo, originando 79, 000 puestos de trabajo estable en el Perú (INEI, 2014).

A pesar de que nuestro país cuenta con más de 263 200 mil hectáreas de maíz amarillo, las cuales alcanzan una producción aproximada de 1.5 millones de toneladas al año, la demanda interna sólo logra satisfacerse en un 30 % - 40%, lo que nos obliga a importar de países como por ejemplo, EE.UU (La República, 2018).

Sevilla (2000), afirma que para asegurar el autoabastecimiento de maíz amarillo es necesario emplear métodos que apunten al aumento de productividad (Sevilla, 2000). Las causas más importantes que reducen los rendimientos son; El uso de variedades criollas de escaso rendimiento sensibles a plagas y enfermedades, el uso de densidades inadecuadas según el tipo de maíz, deficiente fertilización y baja tecnología en el manejo del agua de riego.

Aldrich y Leng (1974) afirman que los rendimientos que se puedan obtener varían en función a factores como la densidad de siembra, la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte; entre otros.

Conocer el nivel de fertilidad natural del suelo y establecer los niveles nutricionales adecuados en su fertilización es determinante para generar cambios en el potencial productivo del maíz. Se sabe que el maíz es altamente exigente cuando se habla de nutrientes y es necesario determinar la óptima fertilización. De otro lado, elegir acertadamente la densidad de siembra es una decisión agronómica fundamental para obtener mejoras en la productividad del cultivo, debido a que hace posible la obtención de coberturas vegetales apropiadas para altos rendimientos (Almeida y Villalba, 2003). Subedi et al. (2006) menciona que “la densidad óptima en maíz para altos rendimientos de grano depende del genotipo, fertilidad y manejo agronómico del cultivo”

En base a la estrategia de incrementar la productividad para lograr una mayor rentabilidad del cultivo y así también, cubrir la demanda nacional; el presente estudio busca probar, con la fertilización, niveles nutricionales en el suelo con poblaciones diferentes de plantas por unidad de área, a fin de conocer su influencia en el rendimiento del maíz amarillo duro.

OBJETIVOS

- Evaluar la respuesta al diferenciado nivel nutricional en el crecimiento y el rendimiento del maíz amarillo duro híbrido DK 7088.
- Determinar los efectos de la interacción de distintos niveles nutricionales en tres densidades de siembra en maíz amarillo duro híbrido DK 7088.
- Evaluar los parámetros agronómicos del maíz amarillo duro híbrido DK 7088 conducido bajo un sistema de riego por goteo.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Agronomía del maíz amarillo duro

GBIF (2013), ubica al maíz en la División. Tracheophyta, Clase. Lilipsida, Orden. Poales, Familia. Poaceae, Género. *Zea* L. y Especie. *Zea mays* L.

Según Jugenheimer (1988): el maíz es una planta de porte robusto y de hábito anual; posee un tallo simple y erecto, con una longitud que puede alcanzar alturas de 2 a 6 m. Sus hojas se encuentran abrazadas al tallo y dispuestas de manera alterna a lo largo de éste. Su sistema radicular está conformado por raíces primarias, las cuales son fibrosas, y raíces adventicias, que inician en los primeros nudos de la planta y se encuentran sobre la superficie, ambas tienen como misión sostener a la planta.

Es una planta monoica. La inflorescencia masculina es terminal, también es llamada panícula, constituida de un eje central o raquis y ramas laterales. La inflorescencia femenina o espiga, se ubica en las yemas axilares de las hojas y se encuentra cubierta por las hojas de la mazorca tierna, son espigas de forma cilíndrica que constan de un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva. La inflorescencia femenina puede formar hasta 1000 granos arreglados en promedio de 8 a 24 hileras por mazorca. Estas características hacen que el maíz sea una planta de polinización abierta, lo que hace que este cultivo sea propenso al cruzamiento, como dato, se sabe que los granos de polen viajan de 100 m a 1000m (Reyes, 1990; Jugenheimer, 1988).

Autores como Chang (1968) mencionan que el maíz es una planta de día corto (<10 hrs), sin embargo, muchos cultivares son indiferentes a este factor. (Chang, 1968; Doorenbos y Kassam, 1979).

Jugenheimer (1981) informa que la humedad, temperatura y la fertilidad del suelo influyen en la producción de maíz sobre todo para los maíces híbridos en que solamente puede alcanzar su máxima expresión cuando la planta presenta condiciones favorables. Según Purseglove (1985) el maíz germina de forma óptima con temperaturas entre 18°C y 21°C, presenta problemas con la germinación por debajo de los 13°C y no germina con temperaturas menores a 10°C. Cuando hablamos de crecimiento y desarrollo en maíz, los procesos se ven influenciados por temperaturas entre 10°C y 28°C (Warrington y Kanemasu, 1983). En el caso de la fotosíntesis y el desarrollo de maíz, se alentan a 10°C y se optimizan a temperaturas de 30 a 33°C (Duncan, 1975).

Así mismo, Baradas (1994) menciona que sumar temperaturas superiores de 38°C más estrés hídrico durante la formación de mazorca y el espigamiento imposibilitan la formación de grano. Temperaturas menores a 15.6°C retardan considerablemente la floración y la maduración. El maíz puede germinar en la oscuridad, pero necesita sol para su crecimiento. Su floración se acelera en los días cortos, y se retrasa en los días largos, no obstante, se afirma que alcanza mayores rendimientos cuando la floración es tardía (Gonzales, 1995).

En su período vegetativo, los requerimientos hídricos son de 500 – 800 mm bien distribuidos durante el ciclo del cultivo, sujeto a la variedad y el clima. Durante las primeras etapas del cultivo (15 a 30 días), el estrés hídrico puede influir negativamente al crecimiento de las plantas jóvenes o reducir la densidad poblacional debido a la pérdida de éstas. No obstante, este problema se puede remediar sin afectar gravemente el rendimiento. Finalmente, se afirma que el maíz es altamente sensible al estrés hídrico cuando se encuentra próximo a la floración, esto es, un par de semanas antes de la emisión de estigmas, hasta un par de semanas después; del mismo modo, el rendimiento de grano puede verse afectado si se presenta sequía durante este estadio (Díaz *et al.*, 2007).

El maíz prefiere los suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillo-limosos (Benacchio, S., 1982). Se desarrolla de forma óptima en suelos sueltos, de textura media y bien drenados (Villar, 1995). Mayormente, crece bien en suelos que presentan un pH entre 5.5 y 7.8. Fuera de este rango la disponibilidad de algunos elementos varía lo que puede causar toxicidad o carencia.

El sistema radicular ramificado del maíz se ubica en la capa superior del suelo, de 0.8 a 1 m, es aquí donde se producirá el 80% de absorción del agua. El 100% del agua absorbida se logrará en la primera capa de suelo, situada a la profundidad de 1 a 1.7 m (Doorenbos y Kassam, 1979).

Las necesidades nutricionales del maíz son relativamente elevadas, sobre todo cuando se tiene como propósito la producción de grano, en algunos casos, los requerimientos pueden llegar hasta 200 kg N/ha, 50 a 80 kg P₂O₅/ha y 60 a 100 kg K₂O/ha. Este cultivo puede producirse de forma continua, siempre y cuando se garantice la correcta disponibilidad de nutrientes (Convenio INAF-INIPA, 1985).

2.2. La nutrición mineral del maíz amarillo

Uno de los parámetros principales que determinan el rendimiento de maíz es el número final de granos obtenidos por unidad de superficie, el cual depende de la tasa de crecimiento del cultivo en la etapa de floración (Andrade et al., 1996). Esto significa, que para lograr rendimientos superiores, es necesario que el maíz alcance un óptimo estado fisiológico durante la floración.

Una buena disponibilidad de nutrientes permitirá que el cultivo tenga un buen crecimiento foliar y una alta eficiencia de conversión de la radiación interceptada. Es importante conocer el momento en que el requerimiento nutricional aumenta, por lo general esto es cuando el maíz posee alrededor de 5-6 hojas desarrolladas.

Para tener un crecimiento y desarrollo normal, este cultivo necesita por lo menos de 13 elementos esenciales; de los cuales, los que se necesitan en mayor cantidad son el N, P y K, si uno de estos se encuentra en cantidades menores a las requeridas, pueden ocasionar síntomas de deficiencia en la planta. Los nutrientes secundarios son los que se absorben en cantidades moderadas, dentro de este grupo tenemos al Ca, Mg y S. Los nutrientes como Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo y Cl conforman el grupo de micronutrientes, debido a que se necesitan en pequeñas cantidades (Olson y Sander, 1988).

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial, limita el rendimiento de maíz e influye en la calidad de las cosechas (Guerrero, 1996). Además, colabora en la síntesis de proteínas, por lo que es de gran importancia en toda la actividad metabólica de la planta (Torres, 2016). Su papel en el metabolismo de los carbohidratos, crecimiento radicular y desarrollo de las plantas así como la asimilación de otros nutrimentos es esencial (Brady, 1990).

El 90-95% del nitrógeno total del suelo se halla en forma orgánica, de modo que no es directamente asimilable por las plantas, sino que debe pasar por un proceso denominado mineralización. El nitrógeno mineral del suelo se encuentra como amonio, NH_4^+ , y nitrato, NO_3^- . Si bien ambas formas son asimilables por la planta, la mayor parte del N será absorbida como nitrato (Beltrán, 2010). La razón de esto es debido a que el nitrato del suelo se encuentra disuelto en la solución del suelo; mientras que el ión NH_4^+ en suelos con gran contenido de arcilla y humus, se encontrará como catión intercambiable y no disponible en solución (Marschner, 1995).

La absorción de nitrógeno por la planta de maíz se realiza de forma muy variable según las diferentes fases del desarrollo en la que se encuentre. En los primeros momentos, tras la germinación, la absorción de nitrógeno es muy lenta y relativamente escasa. A partir de la nascencia y hasta un mes aproximadamente antes de la floración, el consumo de nitrógeno no es muy importante (15% del total) y se hace de forma gradual. A partir de este momento y hasta la floración (alargamiento de las sedas) el consumo de nitrógeno crece de manera importante y en poco más de un mes, se consume del orden del 45% del nitrógeno total que necesita la planta. El 35% restante se consume de forma gradual hasta que se completa la madurez del grano. En esta última fase existe una importante emigración de nitrógeno hacia la mazorca y el grano, alcanzándose en ellos la máxima concentración de nitrógeno. Se estima que el maíz utiliza el

75% aproximadamente del total del nitrógeno absorbido desde el suelo en la formación de sus órganos reproductores. Si en la etapa comprendida entre una a tres semanas antes de la aparición de los estilos y una a dos semanas después de dicho período, la planta no cuenta con la cantidad adecuada de nitrógeno disponible, la producción de grano se verá afectada de forma grave e irreversible.

Arnon (1972), expone que los principales síntomas producidos por la deficiencia de este elemento serán el retraso del crecimiento de la planta en sus etapas iniciales, cambio de color de las hojas a un verde amarillento y senescencia prematura de las hojas más cercanas a la base.

Zirena y de la Peña (1977), informan que ante la deficiencia de nitrógeno el rendimiento de maíz decrece de forma considerable, las plantas se quedan pequeñas y cloróticas por la disminución de la clorofila. Además, la planta sufre la inhibición de su capacidad de asimilación y formación de carbohidratos y proteínas, lo cual conduce a una deficiencia y prematura formación floral y fructificación. En general, se sabe que la deficiencia de nitrógeno provocará una disminución en el vigor de la planta, presencia de hojas pequeñas y con puntas amarillas, las cuales se extenderán por la nervadura central formando una V (Guerrero, 1996).

De otro lado, el fósforo (P) se encuentra en las plantas en menor cantidad que el nitrógeno (10 veces menos), sin embargo, su presencia en el suelo en forma asimilable es muy necesaria ya que influye en el crecimiento vegetativo del cultivo (Fuentes, 2002).

El fósforo interviene en procesos como la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular, entre otros. También, impulsa la formación y crecimiento de las raíces (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Las plantas absorben en mayor cantidad el fósforo como ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-), no obstante, absorben también el fósforo como ión ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}), pero en menores cantidades. El pH del suelo influye en la absorción de fósforo por la planta (Potash & Phosphate Institute, 1997).

En los primeros 50 días el maíz absorbe el 30 % del requerimiento de fósforo, además el fósforo es importante para el desarrollo radicular y de las plántulas. Se requiere 78.4 kg de P_2O_5 para el desarrollo de los granos. Después de 60 días de crecimiento la tasa de absorción llega a niveles de máximos de 1.7 kg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}/\text{día}$.

El fósforo acumulado en las partes vegetativas es removido hacia los granos en crecimiento. Cuando este elemento se encuentra en cantidades insuficientes, la tasa de crecimiento del cultivo decrece cuando se encuentra cerca a la floración; el número de granos y el rendimiento también se ven reducidos (Uhart y Echevarría, 2019).

La deficiencia de P en las etapas iniciales del cultivo dará lugar a la formación deficiente de órganos reproductores. Con la ayuda de este elemento, las plantas jóvenes presentan una mejora en su metabolismo contribuyendo a la eficiencia en la utilización del N. La deficiencia de fósforo provoca en la planta el enrojecimiento de hojas, producción de mazorcas pequeñas y torcidas, presencia de granos pocos desarrollados, debido a que la deficiencia de este elemento interfiere con la polinización (Fuentes, 2002).

El potasio (K) cumple su rol en el mantenimiento del estado hídrico de la planta, la presión de turgencia de sus células y el proceso de apertura y cierre estomático. También es requerido para la acumulación y translocación de los carbohidratos recién formados (Jones, 1998).

El potasio en las plantas brinda resistencia en las sequías, ya que disminuye la transpiración por su efecto osmótico, regula la apertura y cierre de las estomas. Cuando se une al fósforo le confiere más rigidez a los tejidos, además de favorecer al desarrollo radicular. Este elemento estimula la actividad de la invertasa, peptasa y catalasa, de esta forma promueve la formación y translocación de azúcares y da resistencia a enfermedades” (Gros, 1996).

El potasio es absorbido como ion K^+ y se encuentra en los suelos en cantidades variables. En general la fracción cambiante y la forma asimilable por las plantas generalmente son pequeñas comparadas con el total de potasio en el suelo (Tisdale et al., 1985).

En la planta, el K tiene una absorción más veloz en relación con el N. La mayor cantidad de K que requiere el maíz es tomado aproximadamente durante los primeros 80 días del ciclo del cultivo. Sin embargo, este elemento se absorbe lentamente durante el primer mes de la planta (Fuentes, 2002).

La deficiencia de K reduce entre 13 y 25% del índice de área foliar verde (Arias, 2006). El número y peso de granos se afectan en magnitudes similares (Vega, 2001).

Según Bartoni (1990), el calcio (Ca) es un componente indispensable del tallo y de las hojas. Su acumulación es menor en el grano. En el suelo, el calcio se encarga de mantener una estructura óptima y un pH balanceado. En la materia seca de las plantas, la concentración de este elemento oscilará entre 0.1 a 10.0%, esto dependerá de su ubicación en la planta y la especie vegetal.

La absorción de calcio por la planta es mayor si la fuente de nitrógeno predominante en el suelo es el nitrato (Chapman y Prat, 1979).

El calcio también cumple un papel importante en la formación y permeabilidad de membranas, así mismo, es un agente cementante, es decir, ayuda a conservar las células unidas (Navarro y Navarro, 2003). Actúa como regulador de la absorción de cationes. Participa en la elongación y división celular, translocación de carbohidratos y nutrientes (Havlin et al., 2005). Los primeros síntomas de carencia de este elemento se presentan en los meristemas y tejidos jóvenes, como raíces, tallos y hojas (Kirkby y Pilbeam, 1984; Salisbury y Ross, 2000). Tanto brotes terminales de yemas apicales así como las puntas de las raíces presentarán una reducción en su desarrollo. En el caso de las hojas, sus puntas y márgenes manifestarán clorosis o necrosis.

Respecto a la nutrición de los microelementos, el hierro (Fe) es un micronutriente esencial cuya disponibilidad en el suelo se ve influenciada por diversos factores. El pH, tiene una relación inversamente proporcional con el Fe. A un pH de 6,5 la disponibilidad de hierro es óptima; sin embargo, a un pH de 7,8, su disponibilidad es mínima. Otro factor importante es la materia orgánica del suelo, la cual mejora la disponibilidad del Fe, debido a la formación de quelatos, los cuales son complejos orgánicos que hacen de este elemento más disponible.

La textura del suelo también interviene en la disponibilidad de este elemento, donde los suelos arcillosos son los que presentan mayor Fe disponible frente a los arenosos que tienen menor cantidad (Sierra, 2017).

Las plantas absorben el hierro como Fe^{+2} en mayor concentración, y Fe^{+3} en menor concentración (Havlin et al., 1999). Está aceptado que la planta toma preferentemente el

Fe^{+2} , para ello se ve obligada a reducir la forma predominante de Fe en los suelos aerobios (Fe^{+3}) (Bienfait, 1985; Romheld, 1987).

Tiene función estructural al ser parte de varios sistemas enzimáticos como catalasas, peroxidasas y varios citocromos, en donde el grupo prostético será la hemina (Sierra, 2017). Estos promueven la respiración celular. Enzimas como la ferredoxina intervienen en las reacciones óxido-reductoras de la planta. Si bien el hierro no es componente de la clorofila, se estima que es necesaria para su biosíntesis (Nutrición y Fisiología vegetal, 2016). Dentro de la planta el hierro es un elemento poco móvil, por lo que ante su deficiencia los primeros síntomas aparecerán en las hojas jóvenes en la parte superior de la planta. Las hojas presentarán clorosis, pero las nervaduras conservarán su color, manifestándose un contraste. Sin embargo, su deficiencia no afectará las dimensiones de las hojas. Una deficiencia severa es capaz de ocasionar la muerte de la planta (Ferreya y Ruiz, 2008).

El manganeso (Mn) es un micronutriente esencial que permite el buen crecimiento y desarrollo de la planta. Si bien este elemento se requiere en cantidades pequeñas, su papel en la planta es tan importante como el de los elementos primarios (INTAGRI, 2018).

El manganeso puede ser absorbido de forma activa por la raíz de la planta como Mn^{2+} o quelato. Su movilidad dentro de la planta es vía el xilema en forma de Mn^{2+} y se caracteriza por ser baja, se almacena como óxido manganeso. Cumple su función en procesos como la síntesis de clorofila, vitaminas, aminoácidos, ATP, lignina; asimilación de nitratos, activación hormonal y división celular. Así mismo, tiene un rol fundamental en procesos como la fotosíntesis, respiración, metabolismo de lípidos, entre otros; además, tiene gran influencia en la germinación y madurez fisiológica del grano, por lo que se debe garantizar un buen contenido de este elemento en el grano (Mousavi *et al.*, 2011; Millaleo *et al.*, 2010).

Es más común encontrar síntomas de deficiencia de manganeso cuando la planta está establecida en suelos calcáreos, con mala aireación o pH muy alto. Ante la falta de

manganeso se tendrá clorosis intervenal en las plantas, pérdidas en el rendimiento y disminución de la calidad de la producción (Wallace, 1970).

INTAGRI (2018), concluye que el principal síntoma de deficiencia de Mn en la planta será la reducción general de la productividad, debido a que la fotosíntesis ante la escasez de este elemento será deficiente y por lo tanto, la planta acumulará menor contenido de materia seca.

El zinc (Zn) participa en la síntesis de proteínas, en la formación de hormonas de crecimiento y en los procesos reproductivos de algunas plantas (Brady, 1990). El zinc es un constituyente común en los tejidos vegetales, en concentraciones que oscilan desde 1 hasta 50 ppm. Es bien conocido el hecho de que la presencia y la utilización de este elemento es un requisito importante para el desarrollo satisfactorio de las gramíneas (Teuscher y Adler, 1980). Es un micronutriente esencial para el crecimiento y reproducción de las plantas ya que participa en numerosos procesos metabólicos (síntesis de proteínas, carbohidratos, hormonas, entre otros). El maíz es uno de los cultivos extensivos más susceptibles a la deficiencia de Zn. El síntoma de deficiencia se presenta como una clorosis internerval en la lámina de las hojas más jóvenes, ya que es relativamente inmóvil dentro de la planta (Sainz, 2018).

El zinc existe en la solución del suelo como catión Zn^{2+} , como zinc intercambiable y como componente de compuestos orgánico (Jones, 1998). La solubilidad del zinc del suelo y de los minerales de zinc es máxima a pH 4 y mucho menor en condiciones neutras y sobre todo alcalinas (Loué, 1998). La nutrición con zinc es afectada por muchos factores, los principales son: “el pH del suelo, el contenido de materia orgánica en el suelo, el fósforo disponible y la temperatura” (Lindsay 1972, citado por Carsky y Reid, 1990).

2.3. Densidad de plantas en maíz amarillo duro

Una de las decisiones más difíciles que se toman al momento de instalar un cultivo es la cantidad de plantas que se sembrará y la cantidad de semillas que se necesita comprar para establecer la correcta densidad de población (INTAGRI, 2018).

La densidad óptima es la cantidad oportuna de plantas que permitirá obtener el mayor rendimiento posible, ya que da lugar a un buen desarrollo de plantas, aprovechando al máximo el área de siembra. Elegir mal la densidad puede afectar al rendimiento potencial del cultivo en un 10 a 40%. Si se usan densidades por encima de lo requerido, la competencia entre plantas aumenta, así como el aborto de granos y la cantidad de adultos estériles (Delgado, 2016; Cirilo, 2004).

Vega y Andrade (2000), informan que una población de plantas adecuada permite maximizar la interceptación de radiación fotosintéticamente activa, garantizando buenos rendimientos y un mayor índice de cosecha.

El maíz crece hasta un máximo (densidad óptima) y a partir de ahí el rendimiento disminuye con mayores densidades. En muy altas densidades el rendimiento también puede verse afectado ya que la planta de maíz prioriza el crecimiento de órganos distales (panoja) en detrimento de las mazorcas o espigas (Boletín Técnico Pioneer, 2001). Cultivares precoces de menor porte de planta (hasta 2,2 m) pueden sembrarse a densidades altas como 80 mil plantas/hectárea, los cultivares de porte medio (hasta 2,5 m) de periodo vegetativo medio, se siembran a densidad intermedia, 70 mil plantas/hectárea; mientras que los cultivares de porte alto (mayor de 2,5 m) y tardíos, se siembran a densidades bajas, 60 mil plantas/hectárea (Manrique, 1997).

Ducanes (1984), reporta que al aumenta la población de maíz de 53 000 a 89 000 plantas por hectárea, se obtendrá una menor cantidad de mazorcas comerciales, aunque el rendimiento total será mayor con la densidad más alta.

Chaviguri (1984) en su investigación con maíz híbrido PM-101 obtuvo que la relación rendimiento y densidad era directamente proporcional, en donde con una población de 85 mil pltas/ha obtuvo una producción de 6650 kg, en contraste a la densidad de 40 mil pltas/ha que alcanzó un rendimiento de 4780 kg. Así mismo, el autor menciona que otros de los parámetros afectados de manera positiva por el aumento de densidad fueron la altura de planta y de mazorca, mientras que el diámetro del tallo, largo y ancho de mazorcas se ven afectados de forma negativa por un incremento en la población de plantas sembradas.

Tejada (2015), trabajó con densidades de 100 000, 75 000, 60 000, 50 000 y 42 857 plantas por hectárea, donde afirma que la densidad de plantas sembradas afectó significativamente parámetros como el peso de mazorca y grano, y el rendimiento.

Córdova (1996) realizó el estudio del comportamiento de híbridos en dos localidades: Cañete y Chancay, en donde trabajó con 125000, 93750, 75000 y 62500 plantas/hectárea y 111 111, 83 333, 66 666 y 55 555 plantas por hectárea respectivamente. Los resultados de la investigación variaron entre híbridos, densidad y localidad.

Chumpitaz (2018), realizó su estudio con dos híbridos de maíz con abono foliar y tres densidades de siembra: 62 500 plantas/hectárea lograda con un distanciamiento entre golpes de 0.4 metros; 69444 plantas/hectárea con 0.36 metros en golpes de siembra y 83333 plantas/hectárea con 0.30 metros entre golpes. Reporta que el mejor rendimiento se logró con la densidad más alta.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1. Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Investigación de Riego del Departamento Académico de Suelos perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ubicación geográfica: Latitud: 12° 05' 01", Longitud: 76° 57 W, Altitud: 238 msnm.

3.1.2. Características del suelo

Fisiográficamente, La Molina se encuentra situada en una terraza media de origen aluvial. Se realizó el análisis de caracterización fisicoquímica del suelo del área donde fue conducido el experimento en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF – UNALM), se muestreó aleatoriamente para obtener una muestra lo más representativa posible.

En la Tabla 2 se encuentran los resultados del análisis, se observa que el suelo pertenece a la clase textural franco-arenoso. Su pH es ligeramente básico (7.74), lo cual está relacionado directamente con el porcentaje de carbonato de calcio, cuyo nivel es medio. La conductividad eléctrica (5.60 dS/m) lo clasifica como moderadamente salino. Porta et al. (2003), reportan que el maíz puede tolerar hasta 8 dS/m de salinidad del suelo.

El contenido de materia orgánica es bajo, un nivel medio de CaCO_3 , lo cual, para el caso del maíz no representa un peligro. La cantidad de fósforo disponible (18.8 ppm) presente es alta; mientras que el potasio disponible (187 ppm) se encuentra en un nivel medio. La CIC (12.48 cmol (+)/kg), es bajo, mostrando una fertilidad potencial pobre del suelo. Las relaciones catiónicas $\text{Ca/Mg}=2.53$, $\text{Ca/K}=19.79$ y $\text{Mg/K}=7.82$ muestran que el Mg está por encima del nivel de equilibrio, se espera que el cultivo responda positivamente a la aplicación de calcio y potasio.

3.1.3. Características del agua de riego

Se utilizó el agua proveniente de la red de la UNALM. En la Tabla 3, se observan los datos obtenidos del análisis efectuado en LASPAF – UNALM. Se aprecia que el agua usada tiene una salinidad alta (3.1 dS/m), se clasifica como C4, este tipo de agua se puede usar bajo ciertas condiciones, una de ellas es que el suelo tenga buena permeabilidad y drenaje, el cultivo a instalar debe ser resistente a la salinidad (como el maíz) y se debe trabajar con sistema de riego localizado para que se produzca la microlixiviación alrededor de la zona radicular. De otro lado su relación de adsorción de sodio es baja (3.8), por lo que no afectará a la infiltración del agua en el suelo. El pH se encuentra en los rangos normales de aguas de riego. Los niveles de boro y bicarbonato en el agua no representarían ningún problema para los cultivos, pero la elevada concentración del ión cloruro, restringiría el uso de esta agua sólo a cultivos tolerantes a niveles altos de este anión. En última instancia, el agua se clasifica como muy dura (123.2 grados hidrométricos franceses) esto influirá en la obturación potencial de los emisores del sistema de riego por goteo.

3.1.4. Características climatológicas del área experimental

En la tabla 4 se detallan los valores climáticos registrados durante el ciclo vegetativo del cultivo que fue desde enero del 2018 hasta junio del 2018.

3.1.5. Cultivo de maíz amarillo duro híbrido DK 7088

El maíz híbrido DK 7088 es un híbrido simple, rústico y de alto potencial de rendimiento desarrollado por Monsanto. Tiene una arquitectura de planta de hojas semi erectas, permitiendo una mayor entrada de luz y aire. Posee además una excelente calidad de grano y cobertura de mazorca. Es un material muy estable, que se adapta a diferentes valles y zonas agroclimáticas. La densidad de siembra óptima recomendada para grano es de 70,000 plantas por hectárea; para producción de forraje es de 90,000 plantas por hectárea.

Ensayos de registro y agronómicos del híbrido DEKALB 7088 realizados en la costa peruana indican las siguientes características promedio; Híbrido simple, con un tipo de grano semicristalino, con una altura de planta de 2.25 -2.45 m, altura de mazorca de 1.30 – 1.40 m, posición de hojas semi erectas, días a la siembra en verano de 130 – 140 días y en invierno de 155 – 175 días, 45 días a la floración en verano. Asimismo, número de hileras por mazorca de 16 – 18, excelente resistencia a la tumbada, peso medio de 1000 granos; 322.9 gramos, excelente rendimiento potencial y muy buena estabilidad de producción (HORTUS, 2017).

3.1.6. Módulo de riego por goteo

a. Matriz

- 2 válvulas de 1 pulgada (para apertura y cierre).
- 1 válvula de ½ pulgada.
- 24 metros de tubería principal de PVC de 1 pulgada.
- 1 filtro de anillos de ¾ pulgada.
- Un contómetro de agua tipo reloj.
- 12 microválvulas de 16 mm de diámetro.

b. Laterales

- 150 metros de laterales de goteo de 16 mm (PE).
- 490 goteros autocompensados Kalif de 2.1 L/h.
- 12 conectores de salida.
- 12 terminales de línea.

Otros

Fase de campo: Mochila de aplicación (Jacto de 20 L), cámara digital, cuaderno de campo, agroquímicos (insecticidas y fungicidas), bolsas de papel y plástico, lápiz, plumón de tinta indeleble, cartulina, tijeras, lampas rectas, pico, rastrillo, wincha de 5 metros, cinta métrica, hilo pabilo, letreros, guantes, baldes y jarras medidoras para fertilizar, traje de aplicación.

Fase de laboratorio: Bolsas de papel kraff, estufa, balanza digital sensible al 0.01 g, vernier, cámara digital, cinta métrica, tijera.

Tabla 1: Análisis físico - químico del Suelo

Determinación	Valor	Unidad	Método de Análisis
Conductividad Eléctrica	5.6	dS/m	Lectura del extracto de saturación
Análisis mecánico			
Arena	55	%	Hidrómetro de Bouyucos
Limo	29	%	Hidrómetro de Bouyucos
Arcilla	16	%	Hidrómetro de Bouyucos
Clase Textural	Franco Arenoso		Triángulo Textural
pH	7.74		Potenciómetro 1:1 Agua/Suelo
Calcáreo total	3.40	%	Gas Volumétrico
Materia orgánica	1.15	%	Walkley y Black
Fósforo disponible (ppm)	18.8	ppm	Olsen modificado
Potasio disponible (ppm)	187	ppm	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)	12.48	meq/100g	Acetato de Amonio 1N/pH 7
Cationes cambiables			
Ca ⁺⁺	7.52	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
Mg ⁺⁺	2.97	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
K ⁺	0.38	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica
Na ⁺	1.61	meq/100g	Espectrofotometría de absorción atómica

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes. UNALM

Tabla 2: Análisis de agua de riego

Determinación	Valor	Unidad
Conductividad eléctrica	3.1	dS/m
pH	7.4	
Calcio	19.3	meq/L
Magnesio	5.41	meq/L
Sodio	13.48	meq/L
Potasio	0.26	meq/L
Suma de cationes	38.45	
Nitratos	0.65	meq/L
Carbonatos	0	meq/L
Bicarbonatos	1.52	meq/L
Sulfatos	13.13	meq/L
Cloruros	23.2	meq/L
Suma de aniones	38.5	
RAS	3.8	
Boro	0.75	ppm
Clasificación	C4-S1	

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, plantas, agua y fertilizantes de la UNALM.

Tabla 3: Datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo. Enero a Junio 2018

Mes	Temperatura (°C)			Precipitación (mm)	Humedad Relativa media (%)
	Máxima	Mínima	Media		
Enero	29.7	16.8	22.53	1.2	71.28
Febrero	30.1	18.3	23.8	3.1	69
Marzo	30.2	16.6	22.86	0.4	70.4
Abril	29	16	21.84	2.5	70.67
Mayo	27.4	12.6	18.59	0.6	78.56
Junio	21.3	13.3	15.75	5.7	85.81

Fuente: SENAMHI

3.1.7. Fuentes de fertilizantes

Tabla 4: Fuentes de fertilizantes y su contenido en nutrientes

Elemento	Fuente de nutrientes	Contenido de nutrientes (%)						
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe	Mn	Zn
N	Nitrato de amonio	34						
P	Fosfato monoamónico	12	61					
K	Sulfato de potasio			50				
Ca	Nitrato de calcio	16			26			
Fe	Sulfato ferroso pentahidratado					20		
Mn	Sulfato de Mn						32	
Zn	Sulfato de Zinc							22

FUENTE: Elaboración propia

3.2. METODOLOGÍA

Se trabajó con tres densidades de siembra en maíz amarillo duro híbrido DK 7088, D₁:70,000, D₂:90,000, D₃:110,000 plantas por hectárea, bajo por goteo, siendo el distanciamientos entre plantas de 11.4 cm, 8.8 cm y 7.2 cm respectivamente. Se realizó siembra directa, depositando 2 semillas por golpe, de las cuales quedó solo una planta luego del desahíje.

Se evaluaron cuatro niveles nutricionales: testigo no fertilizado (T), NPK (T1), NPK + Ca (T2) y NPK + Ca + Microelementos (T3); el nivel de NPK empleado fue el estándar (160-80-160 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O), se aplicaron 60 kg/ha de CaO y 12, 8 y 6 kg/ha de Fe, Mn y Zn respectivamente.

Se dividió el área experimental en 12 camas distanciadas entre sí a 1.25 m. entre laterales de riego. Cada cama fue irrigada con un lateral de riego, los goteros se encuentran insertados a 30 cm entre sí. Las camas de producción fueron divididas en 4 sub parcelas cada una, por lo que se tuvo 48 sub parcelas en estudio.

3.2.1. Conducción del experimento

Antes de la siembra, se inundó el suelo del área experimental para reducir la salinidad y el efecto residual de experimentos pasados en la zona de trabajo. La preparación del terreno consistió en un desterronado y arado a 40 cm de profundidad, se levantaron camas con 15 cm de altura, para esta labor se hizo uso del rastrillo. Para la delimitación de sub parcelas y calles se hizo uso de wincha, estacas y pavilo.

El 13 de enero del 2018 se realizó la siembra de maíz, la cual fue directa. Se depositaron 2 semillas por golpe a 5 cm de profundidad, el distanciamiento entre plantas, previamente calculado en relación a las densidades en estudio.

La fertilización se llevó a cabo de forma fraccionada, en la tabla 9 se detallan las aplicaciones realizadas por cada nutriente.

Las aplicaciones de calcio, fósforo y Microelementos se realizaron en días distintos. La programación de aplicaciones fue a una frecuencia semanal.

El riego de las parcelas experimentales se realizó uniformemente durante todo el estudio. Se registró el gasto de agua mediante caudalímetro instalado al inicio del módulo de riego (Tabla 5).

El deshahije, el primer deshierbo y la aplicación de cebo tóxico, se realizaron de forma manual a los 15 DDS, se trabajó con una planta por golpe. Durante el estudio se aporcó 3 veces, el primer aporque fue a los 19 DDS, el segundo a los 40 DDS, y el tercero a los 70 DDS.

Se realizaron 5 aplicaciones para controlar las plagas que podían presentarse en el cultivo, entre los agroquímicos utilizados tenemos: Contrino (Benzoato de emamectina) a una dosis de 0.15 kg/Ha y Granolate Plus (Diazinon) a una dosis de 8 kg/Ha para el control de cogollero (*Spodoptera frugiperda*), Vydate (Oxamyl) a dosis de 3 lt/Ha para el control de mosca minadora y Lannate (Methomyl) a dosis de 0.55 kg/Ha para trips y mazorquero (*Helicoverpa zea*). Cabe aclarar que el número de aplicaciones realizadas fue bajo debido a la baja incidencia de plagas y enfermedades, en todos los casos se hicieron de manera preventiva controlando con éxito el buen estado sanitario de la planta. Para evitar el daño por el ataque de aves, se colocaron bolsas de papel en la etapa de llenado y maduración de grano.

La medición de altura de planta, diámetro de tallo, evaluación de peso seco, área foliar y número de hojas se hizo a los 90 DDS. El último riego se realizó a los 130 DDS. A los 137 DDS se realizó la cosecha en forma manual, además se efectuó el conteo de plantas al momento de la cosecha.

Tabla 5: Fenología de maíz amarillo duro y requerimientos de riego.

Fecha	Estado Fenológico	DDS	Fenología (estados)	Eo (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	ETc (mm/estado)	Requerimiento de riego (m3/ha)
13-Ene	SIEMBRA	0	-	-	-	-		
18-Ene	0. Germinación	5	5	4.82	0.4	1.93	9.64	107.11
1-Feb	1. Crecimiento lento- 5 hojas	19	14	5.36	0.61	3.27	45.774	508.6
21-Feb	2. Desarrollo de hojas- 8 hojas	39	20	5.48	0.72	3.95	78.912	876.8
7-Mar	3. Elongación del tallo	53	14	4.4	0.78	3.43	48.048	533.87
14-Mar	4. Aparición del órgano floral	60	7	4.4	0.91	4	28.028	311.42
19-Mar	5. Plena floración- 14 hojas	65	5	4.4	1.01	4.44	22.22	246.89
2-Abr	6. Polinización	79	14	3.48	1.14	3.97	55.541	617.12
20-Abr	7. Formación de la mazorca	97	18	3.25	1.18	3.84	69.03	767
11-May	8.Desarrollo de la mazorca	118	21	2.05	0.94	1.93	40.467	449.63
20-May	9. Maduración de la mazorca	127	9	2.02	0.78	1.58	14.18	157.56
30-May	Cosecha	137	10					
Total							411.84	4576

FUENTE: Elaboración propia

3.2.2. Factor en estudio

Tabla 6: Densidades de siembra

Poblaciones de plantas		
Número de plantas/Ha	Clave	Espaciamiento entre plantas (cm)
70,000	D1	11.4
90,000	D2	8.8
110,000	D3	7.2

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 7: Niveles nutricionales

Tratamiento	Clave	Macroelementos kg/Ha				Microelementos kg/Ha		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Fe	Mn	Zn
Testigo	T0	0	0	0	0	0	0	0
NPK	T1	160	80	160	0	0	0	0
NPK + Ca	T2	160	80	160	60	0	0	0
NPK + Ca + Micro	T3	160	80	160	60	12	8	6

FUENTE: Elaboración propia

3.2.3. Diseño experimental

El diseño empleado en este estudio es el de parcelas divididas. Dentro de cada parcela, los niveles nutricionales fueron asignados de forma aleatoria a nivel de sub parcelas. Así mismo, dentro de cada bloque, se asignó aleatoriamente las densidades de siembra a nivel de parcelas, se trabajó con 4 repeticiones. El análisis estadístico del estudio se realizó a través del software estadístico InfoStat (Versión 2018), se empleó la prueba de comparaciones de DUNCAN al 5% para la diferencia de medias.

Modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \beta_j + (T\beta)_{ij} + \gamma_{jk} + (T\gamma)_{ik} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es el rendimiento obtenido con el K-ésimo nivel nutricional, i-ésima densidad de siembra en el j-ésimo bloque.

μ = Es el efecto de la media en general.

T_i = Es el efecto de la i – ésima densidad de siembra.

β_j = Es el efecto de la j – ésimo bloque.

$(T\beta)_{ij}$ = Es el efecto del error experimental de la i-ésima densidad de siembra en el j-ésimo bloque.

γ_{jk} = Es el efecto de la interacción del k-ésimo nivel nutricional, i-ésima densidad de siembra en el j-ésimo bloque.

$(T\gamma)_{ik}$ = Es el efecto de la interacción de la i-ésima densidad de siembra y k-ésimo nivel nutricional.

ϵ_{ijk} = Es el efecto del error experimental del k-ésimo nivel nutricional, i-ésima densidad de siembra en el j-ésimo bloque.

Tabla 8: Análisis de varianza para diseño de parcelas divididas

Fuentes de variabilidad	G.L	E.C.M
Bloque	$(r-1)=3$	
Densidad (A)	$(a-1)=2$	SC_A/gl_A
Error (a)	$(r-1)(a-1)=6$	$SCE_{(a)}/glE_{(a)}$
Niveles nutricionales (B)	$(b-1)=3$	SC_B/gl_B
Interacción A x B	$(a-1)(b-1)=6$	SC_{AB}/gl_{AB}
Error (b)	$a(r-1)(b-1)=27$	$SCE_{(b)}/gl_{(b)}$
Total	$(abr-1)=47$	

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Características del campo experimental

a. Del Campo Experimental

Largo: 13 metros.

Ancho: 12.5 metros.

Área efectiva: 162.0 m².

b. De la subparcela

D₁:

Largo: 2.7 metros.

Ancho: 1.25 metros.

Área efectiva: 3.375 m².

Número de surcos: 4

Distanciamiento entre surcos: 0.75 metros

Número de golpes/surco: 24

Distanciamiento entre golpes: 11.4 cm

Número de plantas por golpe: 2

Total de subparcelas: 12

D₂:

Largo: 2.7 metros.

Ancho: 1.25 metros.

Área efectiva: 3.375 m².

Número de surcos: 4

Número de golpes/surco: 31

Distanciamiento entre golpes: 8.8 cm

Número de plantas por golpe: 2

Distanciamiento entre surcos: 0.75 metros.

Total de subparcelas: 12

D₃:

Largo: 2.7 metros.

Ancho: 1.25 metros.

Área efectiva: 3.375 m².

Número de surcos: 4

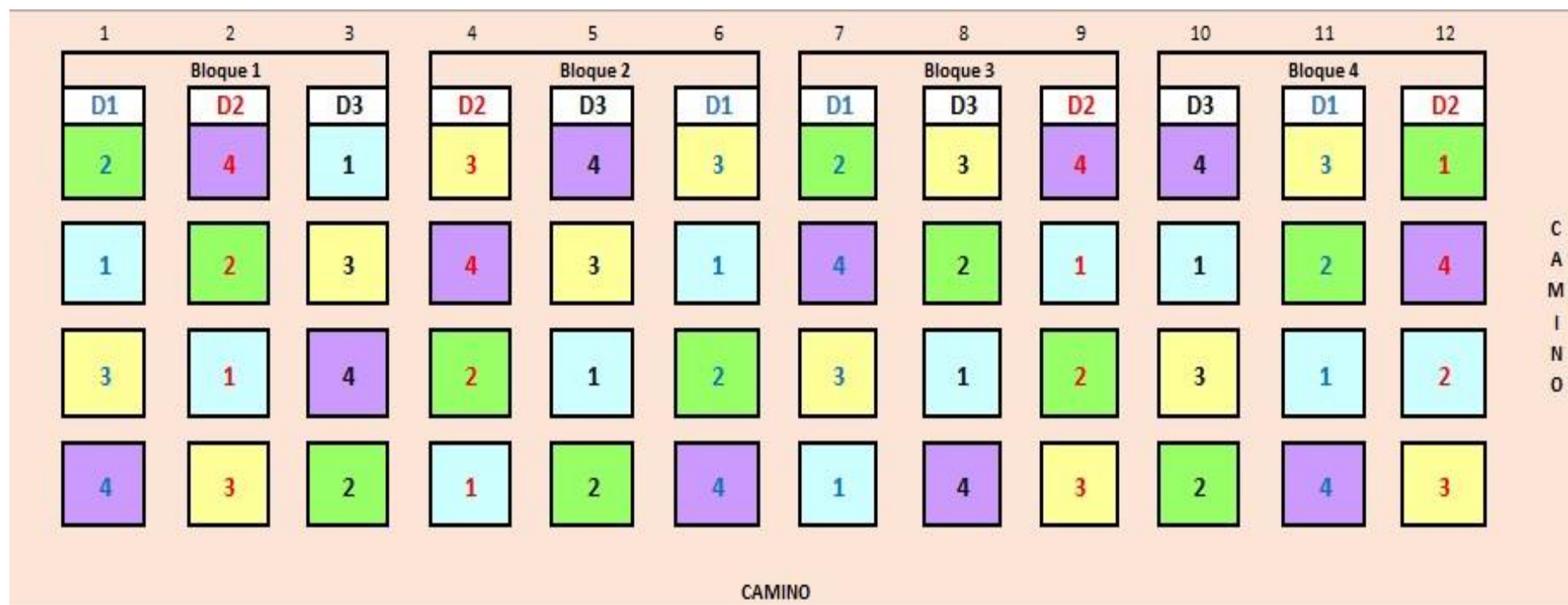
Número de golpes/surco: 38

Distanciamiento entre golpes: 7.2 cm

Número de plantas por golpe: 2

Distanciamiento entre surcos: 0.75 metros

Total de subparcelas: 12



1	Testigo	D1: 70,000 pl/Ha	11.4
2	NPK	D2: 90,000 pl/Ha	8.8
3	NPK + Ca	D3: 110,000 pl/Ha	7.2
4	NPK + Ca + Microelementos		

Figura 1: Esquema de aleatorización de cuatro niveles nutricionales bajo tres densidades de siembra.

3.2.5. Variables evaluadas

Las plantas evaluadas fueron seleccionadas al azar de cada subparcela.

a. Variables de crecimiento

Se realizaron las evaluaciones morfológicas a los 15 días de la aparición de la flor femenina.

i. Altura de planta (m).

Se midieron desde el cuello de planta hasta el último nudo del tallo donde se sostiene o emerge la panoja, estas muestras fueron tomadas al azar por subparcela.

ii. Área foliar (cm²/planta).

Se obtiene por la relación de: peso seco total de la masa foliar entre peso seco de una muestra de hoja cuya área es conocida.

iii. Materia seca total de la parte aérea (g/planta)

Es la suma del peso seco de hojas, tallos, mazorcas y panca, los cuales son secados en la estufa hasta alcanzar peso constante.

iv. Altura de la mazorca principal (cm).

Referida a la mazorca más grande de la planta, medida desde el cuello hasta el nudo que sostiene dicha mazorca. Fueron evaluadas y promediadas diez plantas al azar por subparcela expresada en centímetros.

v. Número de hojas por planta.

Se contará el total de hojas que posee la planta. Se realizó el conteo en diez plantas seleccionadas al azar por subparcela.

vi. Número de hojas por encima de la mazorca principal.

Se cuentan las hojas que se encuentran sobre la mazorca principal, incluyendo la hoja de la mazorca.

vii. Diámetro del tallo (cm).

Con ayuda de un vernier se mide el diámetro del primer nudo que emerge del suelo.

viii. Longitud de mazorca (cm).

Se seleccionan aleatoriamente 5 mazorcas por subparcela. Se medirán con ayuda de una cinta métrica.

ix. Diámetro de mazorca (cm).

Se evalúan las 5 mazorcas utilizadas previamente para medir la longitud.

b. Rendimiento del maíz amarillo duro (kg/ha)

Evaluación del rendimiento del maíz grano llevado a 14 % de humedad expresado en kg/ha.

c. Componentes del rendimiento

Número de mazorcas por planta.

Número de plantas por unidad de área.

Peso promedio de mazorca (al 14% de humedad).

3.2.6. Cosecha

Se realizó la cosecha aprox. a los 140 DDS, cuando la mazorca alcanza su máximo desarrollo morfológico y fisiológico. Se realizó el conteo del número de plantas a la cosecha por subparcela, con el fin de precisar las fallas respecto a la densidad de siembra fijada para el estudio. Así mismo, se contó el total de mazorcas obtenidas por cada parcela experimental, estas a su vez fueron pesadas. Se tomaron 5 mazorcas al azar del total de mazorcas cosechas por parcela para determinar:

a. Porcentaje de humedad de la mazorca

Para evaluar este parámetro se tomó una muestra por cada sub-parcela para que sea desecada en estufa a una temperatura aproximada a 65°C por 72 h.

b. Peso seco de 100 semillas.

Se realiza el conteo de 100 semillas las cuales serán pesadas, este procedimiento se repetirá 5 veces por subparcela.

Por último, para ajustar los rendimientos se utilizará una adaptación para riego por goteo de la corrección por “fallas” de la fórmula de Jenkins:

Peso corregido por fallas = Peso de campo x $M - 0.3 N / M - N$

M = número de plantas cuando la población es perfecta (0 fallas)

N = número de fallas; una falla cuando no hay plantas en el golpe.

Se utilizará la siguiente relación para realizar la corrección por humedad y expresar el peso a 14% de humedad:

Factor de corrección (FC) = $100 - \% \text{ de humedad a la cosecha} / 86$

Peso corregido a 14% de humedad (PCH)

PCH = FC x Peso de campo corregido por fallas

Para expresar el rendimiento de mazorca de maíz en kg/ha, se empleará la siguiente fórmula:

Factor de Producción (FP):

FP = $10\,000 \times 0.971 \times \% D / A$

0.971 = coeficiente de contorno.

A = Área de la parcela en m^2

D = Porcentaje de desgrane.

Finalmente:

c. Rendimiento (kg/ha) = FP x Rendimiento por parcela corregido por fallas y humedad.

3.2.7. Parámetros agronómicos del cultivo de maíz amarillo duro.

a. Eficiencia de uso del agua (EUA-kg/m³)

Kilogramos de maíz producidos por m³ de agua aplicada en el riego.

$$EUA \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Rendimiento comercial (kg/ha)}}{\text{Requerimiento de riego aplicado (m}^3\text{/Ha)}}$$

b. Evapotranspiración del cultivo (ETc mm/campaña)

Cantidad de agua evapotranspirada durante el ciclo vegetativo del cultivo de maíz.

c. Índice de cosecha (IC-%)

Materia seca de grano por planta respecto a la materia seca total expresado en porcentaje.

$$IC (\%) = \frac{\text{Materia seca de mazorca (kg)}}{\text{Materia seca total (kg)}}$$

d. Índice de área foliar (IAF)

Superficie foliar (m²) respecto a los m² de superficie de terreno.

$$IAF = \frac{N^{\circ} \text{ plantas/ha} \times \text{área foliar (m}^2 \text{ /planta)}}{10000 \text{ m}^2 \text{ /ha}}$$

3.2.8. Programación

Tabla 9: Programación de actividades de fertilización

DDE	Fecha de Siembra: 13/01/2018	Apl. De N	Apl. De P	Apl. De K	Apl. De Ca	Apl. de Micr. elementos
2	20/01/2018		1° de P2O5	de		
	27/01/2018	1° de N	2° de P2O5	de		
	30/01/2018				1° de CaO	
	1/02/2018					1° de Micro
16	3/02/2018	2° de N	3° de P2O5	de		
	6/02/2018				2° de CaO	
	8/02/2018					2° de Micro
23	10/02/2018	3° de N	4° de P2O5	de		
	13/02/2018				3° de CaO	
	15/02/2018					3° de Micro
30	17/02/2018	4° de N				
	20/02/2018				4° de CaO	
	22/02/2018					4° de Micro
37	24/02/2018	5° de N		1° de K2O		
	27/02/2018				5° de CaO	
	1/03/2018					5° de Micro
44	3/03/2018	6° de N		2° de K2O		
	6/03/2018				6° de CaO	
	8/03/2018					6° de Micro
51	10/03/2018	7° de N		3° de K2O		
	17/03/2018	8° de N		4° de K2O		
	24/03/2018	9° de N		5° de K2O		
72	31/03/2018	10° de N		6° de K2O		
	7/04/2018			7° de K2O		
	14/04/2018			8° de K2O		
93	21/04/2018			Cosecha		

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESPUESTA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y EL NIVEL NUTRICIONAL

4.1.1. RESPUESTA DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA

a. Densidad de 70,000 plantas por hectárea

En la tabla 10, se observan los resultados obtenidos al emplear la densidad de siembra D1: 70,000 plantas por hectárea. La altura de plantas promedio fue de 204.2 cm, el diámetro de tallo promedio fue 2.76 cm. La mazorca tuvo una longitud promedio de 16.26 cm y un diámetro promedio de 4.91 cm. Se obtuvo un peso promedio de mazorcas de 179.9 g y el peso promedio de 100 granos de 26.33 g. La superficie foliar fue de 10,185 cm² /planta y la acumulación de materia seca total fue de 283.83 g/planta, se tuvo una relación hojas: tallo: mazorca: panca de 13.7 %: 19.3 %: 59.3 %: 6.3 % respectivamente. El rendimiento comercial promedio fue de 8,350 kg/ha, logrado con un requerimiento hídrico de 4,576.01 m³ /ha.

b. Densidad de 90,000 plantas por hectárea

En la tabla 11, se observan los resultados obtenidos al emplear la densidad de siembra D1: 90,000 plantas por hectárea. La altura de plantas promedio fue de 205.7 cm, el diámetro de tallo promedio fue 2.46 cm. La mazorca tuvo una longitud promedio de 15.90 cm y un diámetro promedio de 4.95 cm. Se obtuvo un peso promedio de mazorcas de 179.1 g y el peso promedio de 100 granos de 25.98 g.

La superficie foliar fue de 8,456 cm² /planta y la acumulación de materia seca total fue de 266.84 g/planta, se tuvo una relación hojas: tallo: mazorca: panca de 12.5 %: 18 %: 61.2 %: 6.6 % respectivamente. El rendimiento comercial promedio fue de 9,462 kg/ha, logrado con un requerimiento hídrico de 4,576.01 m³ /ha.

c. Densidad de 110,000 plantas por hectárea

En la tabla 12, se observan los resultados obtenidos al emplear la densidad de siembra D1: 90,000 plantas por hectárea. La altura de plantas promedio fue de 210.3 cm, el diámetro de tallo promedio fue 2.13 cm. La mazorca tuvo una longitud promedio de 15.46 cm y un diámetro promedio de 4.85 cm. Se obtuvo un peso promedio de mazorcas de 165.5 g y el peso promedio de 100 granos de 25.75 g. La superficie foliar fue de 7,769 cm² /planta y la acumulación de materia seca total fue de 247.9 g/planta, se tuvo una relación hojas: tallo: mazorca: panca de 11.5 %: 15.5 %: 64 %: 6.8 % respectivamente. El rendimiento comercial promedio fue de 8,302 kg/ha, logrado con un requerimiento hídrico de 4,576.01 m³ /ha.

4.1.2. RESPUESTA DEL NIVEL NUTRICIONAL

a. NIVEL 0: Testigo no fertilizado

El rendimiento de maíz promedio alcanzado bajo las condiciones del testigo no fertilizado es de 7,736 kg/ha para la densidad D1: 70,000 plantas por hectárea, de 8,362 kg/ha para D2: 90,000 y de 7,429 kg/ha para D3: 110,000 plantas/ha. Así mismo, las plantas alcanzaron una altura de 195.3 cm al emplear la densidad D1, de 202.5 cm al trabajar con D2 y de 208.3 cm al usar la densidad D3. Al observar el peso de mazorca, tenemos promedios de 170.6 g, 175.4 g y 149.9 g, el área foliar 9,489; 7,388 y 7,208 cm² /planta, cada uno corresponde a D1, D2 y D3 respectivamente.

b. NIVEL 1: Nitrógeno (N) –Fosforo (P) - Potasio (K)

Bajo las condiciones de un suelo fertilizado con NPK el rendimiento de maíz obtenido es de 7,957 kg/ha para una densidad de 70,000 plantas/ha (D1), de 9,520 kg/ha para 90,000 plantas/ha (D2) y de 8,362 kg/ha para 110,000 plantas/ha (D3). Al usar la fertilización basada en NPK las plantas lograron alturas de 201 cm para la densidad correspondiente a D1, de 209.4 cm para la densidad correspondiente D2 y de 209 cm para la densidad correspondiente a D3. De la misma forma el peso de mazorca, presenta promedios de 184.2 g, 174.5 g y 179.9 g, el área foliar 10,117; 8,712 y 7,515 cm² /planta, para D1, D2 y D3 respectivamente.

c. NIVEL 2: NPK + CALCIO

Al emplear el tratamiento NPK + Calcio el cultivo de maíz obtuvo en respuesta rendimientos promedios de de 8,771 kg/ha para la densidad D1: 70,000plantas/ha, de 10,000 kg/ha para D2: 90,000 y de 8,760 kg/ha para D3: 110,000 plantas/ha. Bajo estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 216 cm para D1, de 201.4 cm para la densidad D2 y de 206.6 cm para D3. De la misma forma el peso de mazorca, presenta promedios de 182.2 g, 183.7 g y 168.9 g, el área foliar 10,918; 8,834 y 7,657 cm²/planta, para D1, D2 y D3 respectivamente.

d. NIVEL 3: NPK + Calcio + MICROELEMENTOS

Al emplear un nivel nutricional más completo, el cual está conformado por la suma de NPK + Ca + hierro, manganeso y zinc, el rendimiento promedio de maíz se vio afectado obteniendo valores de de 8,939 kg/ha bajo la densidad D1: 70,000plantas/ha, de 9,965 kg/ha bajo la densidad D2: 90,000 y de 8,657 kg/ha bajo la densidad D3: 110,000 plantas/ha. Ante estas condiciones las plantas alcanzan una altura de 204.6 cm para D1, de 205.6 cm para la densidad D2 y de 213.4 cm para D3. De la misma forma el peso de mazorca, presenta promedios de 182.7 g, 182.6 g y 163.4 g, el área foliar 10,218; 8,890 y 8,695 cm² /planta, para D1, D2 y D3 respectivamente.

Tabla 10: Resultados de cuatro niveles nutricionales en D1: 70,000 plantas/ha

Características	Unidad	Niveles nutricionales				Prom.
		Testigo	NPK	NPK+Ca	NPK+Ca+Micro	
A. Rendimiento total	kg/ha	7767.4	8163.8	8976.9	9129.6	8509.4
B. Rendimiento comercial	kg/ha	7736	7957.5	8771	8939.1	8350.9
C. Variables morfológicas						
Altura de planta	cm	195.3	201	216	204.6	204.2
Altura de la mazorca principal	cm	83.8	82.3	88.6	85.6	85.1
Área foliar	cm ² /pl	9489.1	10117	10918.4	10218.7	10185.8
Materia seca total	g	242.64	277.64	292.18	322.85	283.83
Materia seca de hojas	g	37.7	38.4	39.3	40.2	38.9
Materia seca de tallos	g	48.5	53.9	54.9	61.7	54.8
Materia seca de mazorcas	g	136.2	166.3	174.9	196.4	168.4
Número de hojas por planta	Unidad	14.8	14.3	14	15	14.5
Diámetro de tallo	cm	2.55	2.74	2.84	2.91	2.76
D. Componentes del rendimiento						
Densidad	pl/m ²	6.95	6.95	6.95	6.87	6.93
Número de mazorcas por planta	Unidad	0.97	0.93	1.02	1.11	1.01
Peso promedio de mazorca	g	170.6	184.2	182.2	182.7	179.9
Porcentaje de desgrane (%)	%	83.2	84.1	83.9	85	84.1
Peso de 100 semillas	g	22.9	26.1	26.8	29.5	26.3
Longitud de mazorca	cm	15.5	16.1	16.3	17.1	16.2
Diámetro de mazorca	cm	4.8	4.88	4.88	5.07	4.91
E. Parámetros agronómicos						
Eficiencia de uso de agua	kg/m ³	1.69	1.74	1.92	1.95	1.82
Índice de cosecha	%	55.97	59.8	59.71	60.59	59.02
Índice de área foliar	m ² /m ²	6.64	7.08	7.64	7.15	7.13
Coefficiente de transpiración	1/kg	248.68	214.71	204.63	187.39	213.85

Tabla 11: Resultados de cuatro niveles nutricionales en D2: 90,000 plantas/ha

Características	Unidad	Niveles nutricionales				Prom.
		Testigo	NPK	NPK+Ca	NPK+Ca+ Micro	
A. Rendimiento total	kg/ha	8695.8	9730.5	10216.8	10181.9	9706.2
B. Rendimiento comercial	kg/ha	8362	9520.7	10000.8	9965.6	9462.3
C. Variables morfológicas						
Altura de planta	cm	202.5	209.4	201.4	205.6	205.7
Altura de la mazorca principal	cm	73.8	91.9	92.3	84.4	85.6
Área foliar	cm ² /pl	7388.8	8712	8834.8	8890.1	8456.4
Materia seca total	g	235.4	263.26	278.15	290.54	266.84
Materia seca de hojas	g	29.1	34.6	34.9	35.4	33.5
Materia seca de tallos	g	41.9	47.4	49.7	53.5	48.1
Materia seca de mazorcas	g	144.8	159.8	171.5	176.9	163.2
Número de hojas por planta	Unidad	13.8	13.8	14.3	13.8	13.9
Diámetro de tallo	cm	2.25	2.4	2.56	2.65	2.46
D. Componentes del rendimiento						
Densidad	pl/m ²	9.2	9.1	9.2	8.9	9.1
Número de mazorcas por planta	Unidad	0.82	0.9	0.88	0.91	0.88
Peso promedio de mazorca	g	175.4	174.5	183.7	182.6	179.1
Porcentaje de desgrane (%)	%	82.7	83.8	83.9	84.2	83.6
Peso de 100 semillas	g	25.4	25.8	26.2	26.6	26
Longitud de mazorca	cm	14.9	15.6	16.8	16.6	16
Diámetro de mazorca	cm	4.7	4.97	5.28	4.8	4.94
E. Parámetros agronómicos						
Eficiencia de uso de agua	kg/m ³	1.83	2.08	2.19	2.18	2.07
Índice de cosecha	%	61.37	60.54	61.25	60.56	60.93
Índice de área foliar	m ² /m ²	6.65	7.84	7.95	8	7.61
Coefficiente de transpiración	1/kg	192.8	173.47	161.3	161.69	172.31

Tabla 12: Resultados de cuatro niveles nutricionales en D3: 110,000 plantas/ha

Características	Unidad	Niveles nutricionales				Prom.
		Testigo	NPK	NPK+Ca	NPK+Ca +Micro	
A. Rendimiento total	kg/ha	7635.6	8475.3	8877.1	8768.7	8439.2
B. Rendimiento comercial	kg/ha	7429.2	8362.8	8760.6	8657.7	8302.6
C. Variables morfológicas						
Altura de planta	cm	208.4	209	206.6	213.4	210.3
Altura de la mazorca principal	cm	86.1	89.5	91	92.6	89.8
Área foliar	cm ² /pl	7208.2	7515	7657.5	8695.8	7769.1
Materia seca total	g	226.02	239.73	264.65	253.91	246.08
Materia seca de hojas	g	25.7	26.9	28.5	32.6	28.4
Materia seca de tallos	g	36.1	38.9	38.2	40.7	38.5
Materia seca de mazorcas	g	145.5	153.1	176.2	159.8	158.7
Número de hojas por planta	Unidad	14	13.3	14	14.3	13.9
Diámetro de tallo	cm	1.97	2.11	2.26	2.19	2.13
D. Componentes del rendimiento						
Densidad	pl/m ²	11.1	11	11	11.1	11
Número de mazorcas por planta	Unidad	0.73	0.64	0.7	0.74	0.71
Peso promedio de mazorca	g	149.9	179.9	168.9	163.4	165.5
Porcentaje de desgrane (%)	%	82.1	83.4	84.8	83.4	83.4
Peso de 100 semillas	g	25.1	25.9	26	26	25.8
Longitud de mazorca	cm	14.4	15.5	15.9	16.1	15.5
Diámetro de mazorca	cm	4.78	4.83	4.9	4.89	4.85
E. Parámetros agronómicos						
Eficiencia de uso de agua	kg/m ³	1.62	1.83	1.91	1.89	1.81
Índice de cosecha	%	64.75	63.81	66.33	63.22	64.53
Índice de área foliar	m ² /m ²	7.93	8.27	8.42	9.57	8.55
Coefficiente de transpiración	l/kg	166.98	156.87	143.92	146.72	153.62

4.2. RENDIMIENTO TOTAL Y COMERCIAL DE MAÍZ AMARILLO DURO (kg/ha)

Los efectos de los factores en estudio sobre el rendimiento total y comercial se observan en la Tabla 13. Así tenemos en el análisis de variancia que, para ambos parámetros agronómicos, tanto para el caso de densidades como para niveles nutricionales que existe un alto nivel de significación estadística. Al mismo tiempo, se tiene que la interacción de ambas variables no es estadísticamente significativa.

4.2.1. Rendimiento total (kg/ha)

La prueba de Duncan para el análisis de las densidades de siembra en estudio nos da como resultado que D1 y D3 tienen similitud estadística, sin embargo, difieren de D2, esta última fue la que alcanzó mayor rendimiento con 9,706 kg/ha de maíz, lo que representó un incremento de 15% respecto D1 y D3.

La prueba de Duncan para el análisis de los niveles nutricionales en estudio nos muestra que T3: NPK + Ca + Micro y T2: NPK + Ca no se diferencian estadísticamente a T1: NPK, pero sí presentan diferencias estadísticas significativas al compararlas con el testigo. Donde T3 fue el tratamiento que logró el mayor rendimiento total con 9,360 kg/ha, siendo superior en un 16.5% al tratamiento testigo, el cual alcanzó un valor de 8,033 kg/ha.

Uzátegui (2019), estudió la influencia de diferentes niveles de calcio en híbridos de maíz amarillo, donde el híbrido DK 7508 obtuvo el mayor rendimiento con 8,331 kg/ha, de otro lado, reportó que el híbrido DK 399 obtuvo el menor rendimiento el cual fue de 6,707 kg/ha. Al aplicar calcio también reporta un resultado favorable, donde al emplear una dosis de 150 kg/ha de CaO obtuvo un rendimiento de 8,438 kg/ha, frente al testigo que sólo logró un rendimiento de 6,975 kg/ha.

4.2.2. Rendimiento comercial (kg/ha- 14 % humedad)

Al realizar la prueba de Duncan, encontramos que existe diferencia significativa entre D2: 90,000 pl/ha, con un rendimiento comercial de 9,462 kg/ha de maíz, el cual representa un incremento de 14% respecto a D1: 70,000 pl/ha y D3: 110,000 pl/ha, que alcanzaron un valor de 8,350 kg/ha y 8,302 kg/ha respectivamente. La prueba de Duncan para el efecto de niveles nutricionales mostró que existe similitud estadística entre T3: NPK + Ca + Micro y T2: NPK + Ca y T1: NPK, sin embargo, ambos difieren estadísticamente con el testigo no fertilizado. En donde T3 obtuvo mayor rendimiento comercial, con un valor de 9,187 kg/ha de maíz, lo cual representa un incremento de 17.2 % respecto al testigo, cuyo rendimiento fue de 7,842 kg/ha.

Rojas (2005), evaluó diferentes densidades en condiciones de selva, en donde logró el mejor resultado al emplear una densidad de 62,500 pl/ha, logrando un rendimiento comercial de 6,360 kg/ha de maíz, similar estadísticamente al rendimiento obtenido con la densidad 71,428 pl/ha, el cual fue de 5,960 kg/ha, y diferenciándose de la densidad de siembra de 50,000 pl/ha, la cual logró un resultado de 5,610 kg/ha.

Quispe (2017), evaluó diez cultivares de maíz amarillo, entre ellos el DK7088, en donde éste material bajo la densidad de 50,000 pl/ha obtuvo un rendimiento promedio de 10,251 kg/ha.

Sigcha (2017), evaluó el rendimiento de cuatro híbridos de maíz amarillo duro a tres distancias de siembra, en donde el híbrido DK 7088 al emplear la menor distancia entre hileras (60 cm), alcanzó el mayor rendimiento con un valor de 11,917 Kg/Ha.

Conforme a los resultados presentados en la Tabla 13, el factor densidad influyó significativamente en el rendimiento de grano, donde la densidad de siembra intermedia, 90,000 plantas por hectárea, obtuvo los mejores resultados, para luego disminuir al emplear la densidad más alta.

Esto confirma lo que expresado en el Boletín técnico Pioneer (2001) donde se dice que la densidad óptima de un cultivo permite el crecimiento hasta un máximo y a partir de ahí el rendimiento disminuye con mayores densidades. Por otro lado, el factor niveles nutricionales mostró diferencias altamente significativas en el rendimiento, donde el testigo sin fertilizar fue el que obtuvo el desempeño más bajo, esto reafirma lo sostenido por Melgar y Torres (2014), quienes expresan que el manejo eficiente de la nutrición y un programa de fertilización balanceada en el cultivo de maíz es fundamental para optimizar el rendimiento del cultivo. Ahora bien, dentro de los niveles nutricionales fertilizados, se observa que los niveles más completos son los que lograron mayores rendimientos, lo que demuestra que la aplicación de calcio y micronutrientes afecta positivamente al rendimiento del cultivo, sin embargo, cabe resaltar que la diferencia con el nivel NPK no fue significativa. Uzátegui (2019), realizó un estudio en donde evaluó la influencia del calcio en híbridos de maíz amarillo duro, donde al utilizar una dosis de 150 Kg/Ha de calcio obtuvo el mayor rendimiento de maíz, encontrando diferencia estadística significativa entre tratamientos, cuando no se incluyó este elemento en el programa de fertilización del cultivo. Dawood, et al. (1992) hicieron aplicaciones foliares de micronutrientes en dos variedades de maíz, aplicando 70, 100, 130, 160 y 190 kg de N, con y sin aplicación de microelementos, así como 50, 34, y 17 ppm de Zn, Mn y Fe, respectivamente. El rendimiento de grano más alto se obtuvo con la aplicación de 130 kg de N y micronutrientes.

Tabla 13: Rendimiento Total y Comercial de maíz amarillo duro DK 7088.

Factor en estudio	Rendimiento Total (Kg/ha)	Rendimiento Comercial (Kg/ha)
Densidades de siembra (plantas/ha)		
D1: 70,000	9509.4	8350.9
D2: 90,000	9706.3	9462.3
D3: 110,000	8439.2	8302.6
Niveles nutricionales		
T0: Testigo	8033	7842.4
T1: NPK	8789.9	8613.7
T2: NPK + Ca	9357	9177.5
T3: NPK+Ca + Micro	9360.1	9187.5
Promedio general	9005.8	8705.3
Densidad (D)	*	*
Nivel nutricional (N)	**	**
Interacción (DDxNN)	n.s	n.s
CV (%)	10.45	10.34

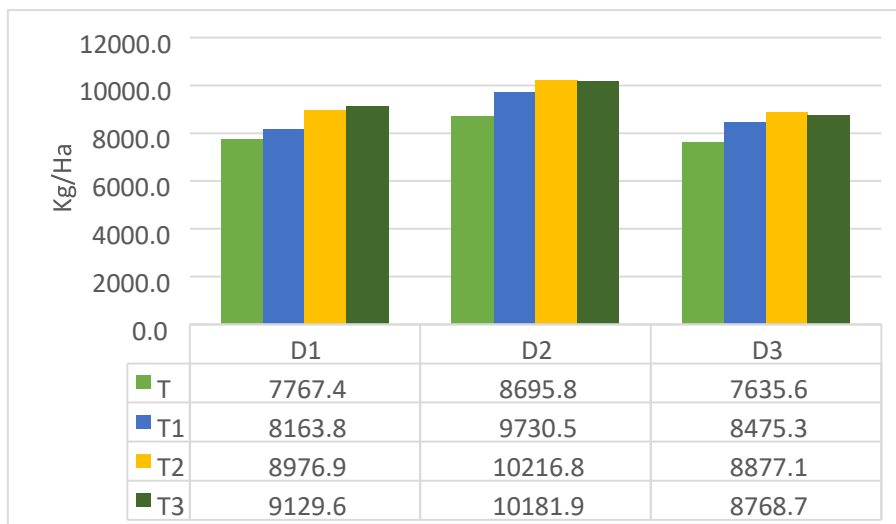


Figura 2: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional de rendimiento total de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento total de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D2 = 90,000	9706.3	A	115.00%
D1= 70,000	9509.4	B	112.70%
D3= 110,000	8439.2	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento total de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	9360.1	A	116.50%
NPK+Ca	9357	A	116.50%
NPK	8789.9	AB	109.40%
Testigo	8033	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

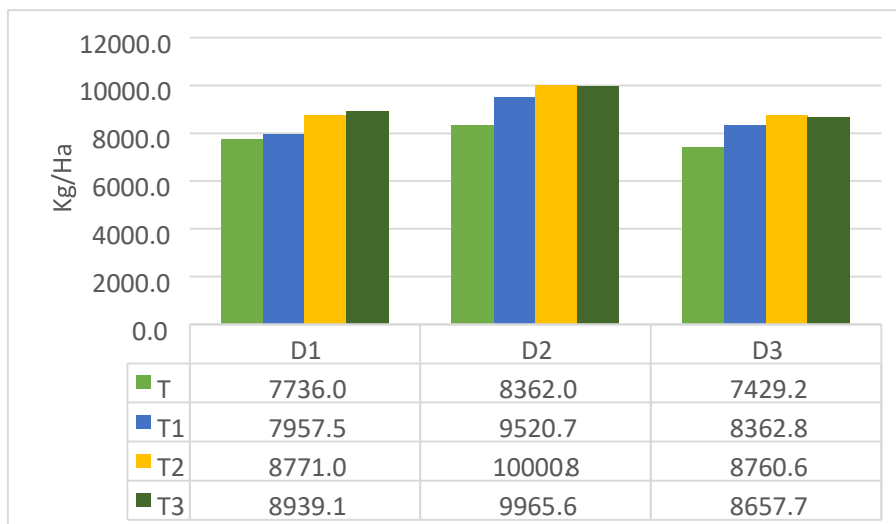


Figura 3: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el rendimiento comercial de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento comercial de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D2 = 90,000	9462.3	A	114.00%
D1= 70,000	8350.9	B	100.60%
D3= 110,000	8302.6	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para rendimiento comercial de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	9187.5	A	117.20%
NPK+Ca	9177.5	A	117.00%
NPK	8613.7	A	109.80%
Testigo	7842.4	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

4.3. COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

Los efectos de los factores en estudio sobre los componentes del rendimiento se observan en la Tabla 14. Así tenemos en el análisis de variancia que, las variables porcentaje de desgrane, peso de 100 semillas, longitud de mazorca y diámetro de mazorca para el caso de densidades, no poseen diferencias estadísticas significativas. Para niveles nutricionales, las variables número de plantas/m², número de mazorcas/planta, peso promedio de mazorca y diámetro de mazorca no indicaron tener significación estadística. Al mismo tiempo, se tiene que la interacción de ambas variables no es estadísticamente significativa.

4.3.1. Número de plantas por metro cuadrado

Al realizar la prueba de Duncan para analizar el factor densidad se obtuvo que las medias de D1: 70,000 pl/ha; D2:90,000 pl/ha y D3: 110,000 pl/ha difieren estadísticamente entre sí, siendo la densidad 110,000 pl/ha la que presenta el mayor valor con 11 plantas/m², lo cual representa un incremento de 59.3 % respecto a D1. De otro lado, la prueba de Duncan para el factor de niveles nutricionales demuestra que no existen diferencias estadísticas; donde el testigo presenta el mayor valor con 9.1 plantas/m², lo que representa un incremento de 1.9 % respecto del tratamiento de NPK+Ca+Micro.

Hijar (2017), al evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y momentos de riego en maíz amarillo duro (híbrido PM-213), reportó un número promedio de plantas de 5.5 por m², bajo una densidad de siembra de 65, 000 plantas/Ha.

Uzátegui (2019), en su ensayo de híbridos y niveles de calcio en el maíz amarillo duro, reporta un número promedio de plantas de 5.8 por m², bajo una densidad de siembra de 62,500 plantas/Ha.

En nuestro estudio, el número promedio de plantas por m² es de 9.0, valor considerablemente superior debido a las densidades de siembra altas que se emplearon en esta investigación. De esta forma comprobamos el concepto de densidad de siembra que menciona Barragan y Sarasty (2012), la cual definen como la población de plantas que ocupa un área determinada.

4.3.2. Número de mazorcas por planta

La prueba de medias de Duncan para el factor densidades, muestra que existe diferencias significativas, siendo la densidad D1: 70,000 pl/ha, la que alcanzó el mayor número de mazorcas/planta con un valor de 1.01, lo que significa un incremento de 44.3 % respecto a D3: 110,000 pl/ha.

Para niveles nutricionales, la prueba de Duncan indica que existe diferencia significativa entre el tratamiento T3: NPK + Ca + Micro, con respecto a los otros niveles, en donde T3 obtuvo el mayor valor con 0.92 mazorcas/planta, lo que representa un incremento de 11.4 % respecto del tratamiento testigo.

Quispe (2017), evaluó diferentes cultivares de maíz amarillo duro, donde encontró que bajo una densidad de 44,000 pltas/Ha el maíz DK7088 presentó 1.20 mazorcas por planta.

Muedas (2019), evaluó dosis de nitrógeno y potasio en la producción de maíz DK 7088, donde encontró que bajo una densidad de 62,500 pltas/Ha, este híbrido produjo un promedio de 1.39 mazorcas por planta.

Según Oyervides et. al. (1990), una característica deseable para un maíz híbrido, es cuando desarrolla más de una mazorca en el tallo de la planta, al contrastar dicha afirmación con lo obtenido en el presente trabajo, podemos ver que sólo bajo la densidad de 70,000 pltas/Ha se obtuvo un promedio aceptable de mazorcas por planta. A su vez, se aprecia que el índice de prolificidad (número de mazorcas por planta) disminuyó con el incremento en la densidad de población de 1,01 (70 mil plantas/ha) a 0,70 con 110 mil plantas/ha. Esto se puede explicar con lo citado por algunos autores quienes expresan que en niveles poblacionales altos aumenta el número de plantas estériles por efecto de competencia (González et al. 1984, Oyervides et al. 1990, Roy y Biswas 1992).

De otro lado, al analizar la influencia de los niveles nutricionales en el número de mazorcas por planta, obtenemos que el uso de micronutrientes como el Zn, Mn y Fe sí tuvieron un efecto estadísticamente significativo respecto a los otros niveles, esto respalda lo sostenido por Halliday, et al. (1992), quien afirmó que en el maíz, la deficiencia de Zn, Fe y Mn, puede

causar problemas en la producción, donde el Zinc tiene un papel más importante. Así mismo, AgroSíntesis (2014), informa que un buen aporte de zinc estimula un buen desarrollo de las anteras y granos de polen lo que lleva por consecuencia una fructificación y desarrollo de mazorcas con buen grano y peso.

4.3.3. Peso de mazorca a 14 % de humedad (g)

Al realizar la prueba de Duncan para el factor densidades, se obtiene que no existen diferencias significativas; siendo D1: 70,000 pl/ha, el que obtuvo un mayor peso de mazorca con 179.9 g/mazorca en promedio, representando un incremento de 8.7 % respecto de D3: 110,000 pl/ha.

Para niveles nutricionales, la prueba de Duncan demostró que no hay significación estadística; el tratamiento de NPK obtuvo un mayor peso promedio de mazorca, con 179.5 g/mazorca, lo que equivale un incremento de 8.6 % sobre el testigo con 165.3 g/planta.

Chaviguri (1984), en su investigación con maíz híbrido PM – 701, reportó que al incrementar la densidad, se afectaba negativamente el peso de mazorca.

Guinoza (1999), halló una relación similar entre densidad y peso de mazorca, donde informa que se obtuvo el mayor peso de mazorca al trabajar con la menor densidad, la cual fue de 67 340 pl/ha y el menor con la mayor densidad, de 88 889 pl/ha.

Chumpitaz (2018), reporta que se produjo un incremento en la media promedio del peso de mazorca cuando se utilizaron menores densidades, donde a una densidad de 69 444 pl/ha el incremento fue de 3.10 %; y de 1.22 % cuando se utiliza la densidad de 62 500 pl/ha, esto respecto a la media obtenida con la densidad 83 333 pl/ha.

Acorde con lo mencionado por estos autores, la tendencia en el presente estudio es similar, pudiendo comprobar la relación inversamente proporcional que existe el entre peso de mazorca y densidad de siembra, sin embargo, bajo las condiciones evaluadas en este trabajo, dichas diferencias no resultan ser estadísticamente significativas.

4.3.4. Porcentaje de desgrane (%)

Al realizar la prueba de Duncan para evaluar el efecto de densidades, se obtiene que no hay diferencias estadísticas entre las densidades utilizadas, siendo D1: 70,000 pl/ha la que obtuvo el mayor porcentaje de desgrane con 84.1%, lo que representa un incremento de 0.8% respecto a D3: 110,000 pl/ha.

En el caso de los niveles nutricionales, la prueba de Duncan indica que NPK + Ca + Micro y NPK + Ca son similares estadísticamente al nivel NPK, pero diferentes al testigo. Donde el nivel de NPK + Ca + Micro obtuvo un porcentaje de desgrane mayor, con 84.2 %, esto representa un incremento de 1.9 % respecto del testigo.

Los porcentajes de desgrane obtenidos en esta investigación corroboran lo señalado por Daga (2006), quien indica que un híbrido de maíz amarillo duro debe mostrar un porcentaje de desgrane igual o mayor al 80%, lo cual se cumple en los resultados obtenidos.

4.3.5. Peso de 100 semillas (g)

La prueba de Duncan para densidades, indica que no existe diferencias estadísticas, siendo D1: 70,000 pl/ha la densidad que alcanzó mayor peso de semillas con un valor de 26.33 que representa un incremento de 2.3 % respecto a D3: 110,000 pl/ha.

En el caso del factor niveles nutricionales, Duncan indica que los niveles NPK + Ca + Micro y NPK + Ca tienen similitud estadística con el nivel NPK, pero difieren con el testigo. Siendo superior el nivel de NPK + Ca + Micro con 27.36 gramos por cien semillas, mostrando un incremento de 11.8 % respecto del testigo no fertilizado.

Marcillo (2014), evaluó la respuesta del híbrido DK 7088 a la fertilización con macro y micro elementos, en donde estadísticamente no encontró valores significativos, siendo la media general de esta variable 32 gramos. Contrario a esto, como se detalla en la Tabla 14, el factor nivel nutricional sí influyó de forma significativa al peso de semillas, donde los niveles más completos muestran ser superiores al testigo.

El peso de granos no se vio influenciado por las densidades poblacionales usadas, por lo que no se obtuvo diferencias estadísticas significativas. Vega (2017), reporta un resultado similar al evaluar distanciamientos de siembra en el rendimiento del híbrido DK 7088, en donde trabajó con densidades de: 71428.6 pl/Ha, 62500 pl/Ha, 55555.5 pl/Ha y 50000 pl/Ha y obtuvo un peso promedio de 100 granos de 23.2 g, siendo este parámetro igual a nivel significativo.

4.3.6. Longitud de mazorca (cm)

La prueba de Duncan para las densidades, indica que no hay diferencias estadísticas; siendo D1: 70,000 pl/ha; la que obtuvo una mayor longitud de mazorca con 16.26 cm en promedio, presentando un incremento de 5.2 % respecto de D3: 110,000 pl/ha.

La prueba de Duncan para niveles nutricionales, indica que el tratamiento NPK + Ca + Micro es estadísticamente diferente al tratamiento NPK y al testigo, sin embargo no se diferencia del tratamiento NPK + Ca; siendo el tratamiento NPK + Ca + Micro, el que alcanzó una mayor longitud promedio de mazorca, con 16.6 cm, esto representa un incremento de 11.2% sobre el testigo no fertilizado con 14.93 cm.

López (1996), realizó ensayos en donde evaluó dos densidades de siembra, no se hallaron diferencias significativas para las densidades en la longitud de mazorca, pero coincide con que disminuye a densidades más altas.

Quispe (2017), en su investigación de diez cultivares de maíz amarillo, entre ellos el híbrido DK-7088, reporta longitudes de mazorca que van de 17,21 a 19,63 cm, valores relativamente superiores a lo encontrado en este estudio. Menciona también que el tamaño de la mazorca es un factor muy importante que determina el grado de nutrición y vigor de una planta, lo cual puede comprobarse en el efecto positivo del tratamiento NPK + Ca +Micro en la longitud de mazorca.

4.3.7. Diámetro de mazorca (cm)

La prueba de Duncan indica que para el factor densidades no se halla significación estadística, siendo el mayor valor obtenido por D2: 90,000 pl/ha, con 4.95 cm, esto equivale un incremento de 2.1 % respecto a D3: 110,000 pl/ha. Del mismo modo, la prueba de Duncan para niveles nutricionales, demostró que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, donde NPK + Ca obtuvo un mayor diámetro de mazorca, con 5.02 cm, lo cual representa un incremento de 5.5 % sobre el testigo con 4.76 cm.

Quispe (2017), reportó en diez cultivares de maíz amarillo duro diámetros que varían de 4,74 a 5,46 cm, valores relativamente superiores a lo encontrado en este estudio.

Córdova (1996) evaluó diferentes híbridos de maíz en dos localidades, trabajó con diferentes densidades de siembra, en su investigación reporta que el aumento de densidad no influyó significativamente al diámetro de la mazorca.

Tabla 14: Componentes del rendimiento de maíz amarillo duro DK 7088

Factor en estudio	Número de plantas/m²	Número de mazorcas/planta	Peso medio de mazorca al 14% de humedad	Porcentaje de desgrane (%)	Peso de 100 semillas (gr)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)
Densidades de siembra (plantas/ha)							
D1: 70,000	6.9	1.01	179.92	84.1	26.3	16.2	4.91
D2: 90,000	9.1	0.88	179.07	83.6	26	16	4.94
D3: 110,000	11	0.71	165.51	83.4	25.8	15.5	4.85
Niveles nutricionales							
T0: Testigo	9.1	0.84	165.3	82.7	24.5	14.9	4.76
T1: NPK	9	0.83	179.51	83.8	25.9	15.7	4.89
T2: NPK + Ca	9	0.87	178.28	84.2	26.3	16.3	5.02
T3: NPK+Ca + Micro	8.9	0.92	176.24	84.2	27.4	16.6	4.92
Promedio general	9	0.9	174.8	83.7	26	15.9	4.9
Densidad (D)	**	**	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Nivel nutricional (N)	n.s	**	n.s	n.s	**	**	n.s
Interacción (DDxNN)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
CV (%)	2.04	9.27	9.32	1.88	7.25	5.8	6.12

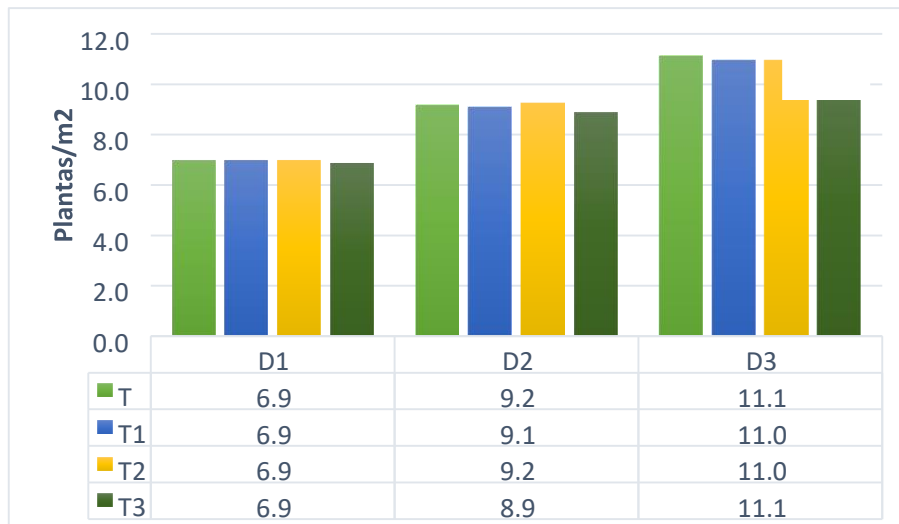


Figura 4: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el número de plantas por metro cuadrado de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para número de plantas por metro cuadrado de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D3 = 110,000	11	A	159.30%
D2= 90,000	9.1	B	131.20%
D1= 70,000	6.9	C	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para número de plantas por metro cuadrado de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
Testigo	9.1	A	101.90%
NPK+Ca	9	A	101.10%
NPK	9	A	101.10%
NPK+Ca+Micro	8.9	A	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

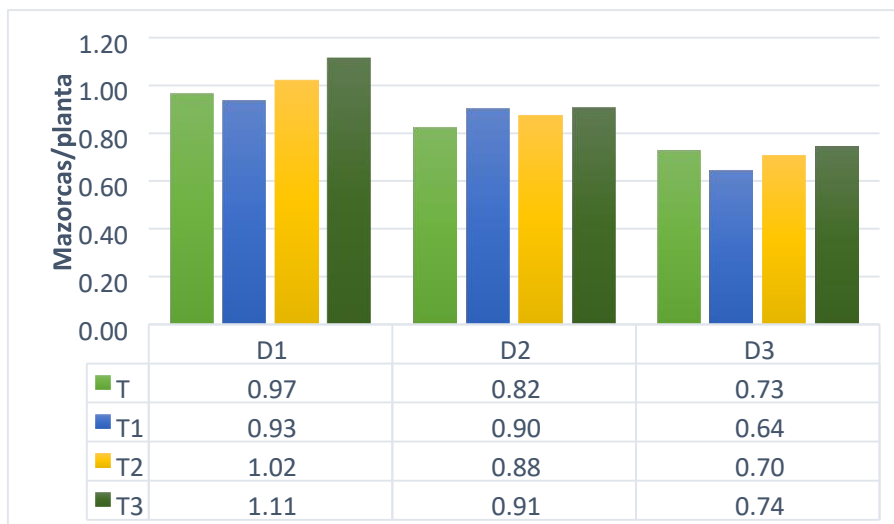


Figura 5: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el número de mazorcas por planta de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para número de mazorcas por planta de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	1.01	A	144.30%
D2= 90,000	0.88	B	125.70%
D3= 110,000	0.7	C	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para número de mazorcas por planta de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	0.92	A	111.40%
NPK+Ca	0.87	B	105.30%
Testigo	0.84	B	101.70%
NPK	0.83	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

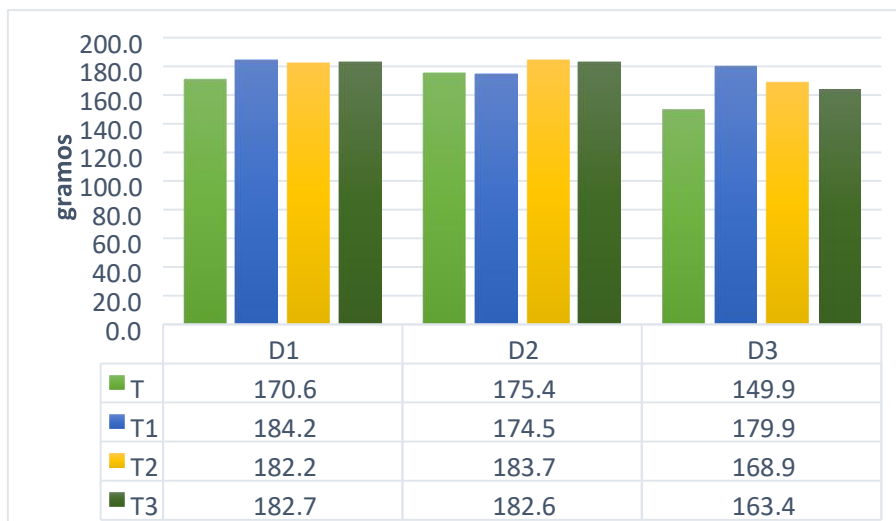


Figura 6: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el peso promedio de mazorca a 14 % de humedad (g) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para peso promedio de mazorca al 14% de humedad de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	179.9	A	108.70%
D2= 90,000	179.1	A	108.20%
D3= 110,000	165.5	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para peso promedio de mazorca al 14% de humedad de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK	179.5	A	108.60%
NPK+Ca	178.3	A	107.90%
NPK+Ca+Micro	176.2	A	106.60%
Testigo	165.3	A	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

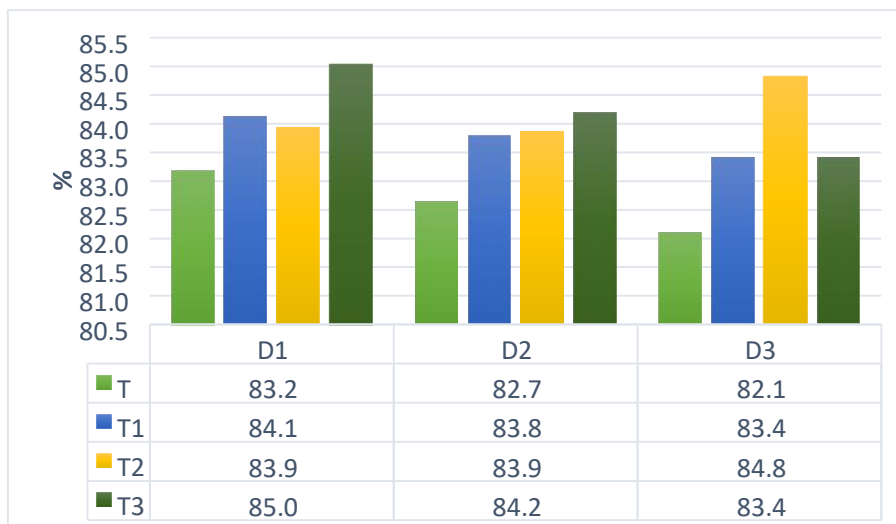


Figura 7: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el porcentaje de desgrane (%) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el porcentaje de desgrane de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	84.1	A	100.80%
D2= 90,000	83.6	A	100.20%
D3= 110,000	83.4	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el porcentaje de desgrane de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	84.2	A	101.90%
NPK+Ca	84.2	A	101.90%
NPK	83.8	AB	101.40%
Testigo	82.7	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).



Figura 8: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el peso de 100 semillas (g) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el peso de 100 semillas de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	26.33	A	102.30%
D2= 90,000	25.98	A	100.90%
D3= 110,000	25.75	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para el peso de 100 semillas de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	27.36	A	111.80%
NPK+Ca	26.3	A	107.50%
NPK	25.93	AB	106.00%
Testigo	24.47	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

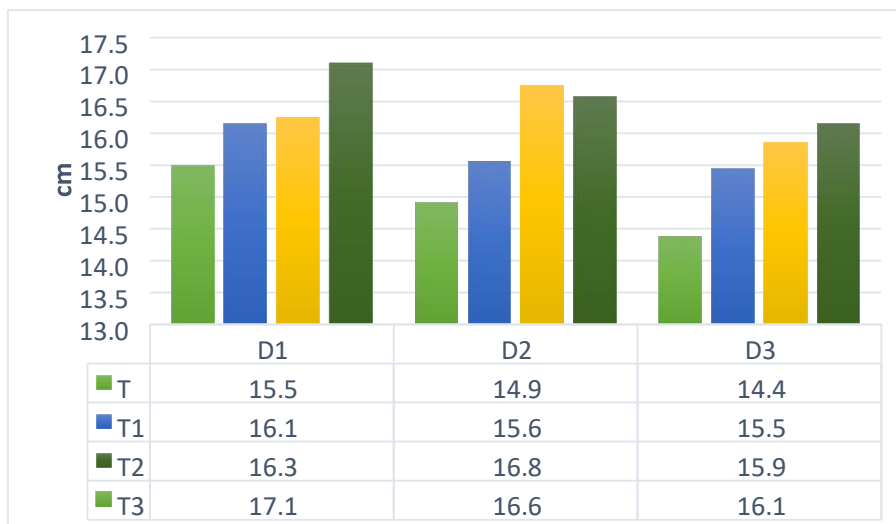


Figura 9: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en longitud de mazorca (cm) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para longitud de mazorca de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	16.26	A	105.20%
D2= 90,000	15.9	A	102.80%
D3= 110,000	15.46	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para longitud de mazorca de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	16.6	A	111.20%
NPK+Ca	16.28	AB	109.00%
NPK	15.73	B	105.40%
Testigo	14.93	C	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

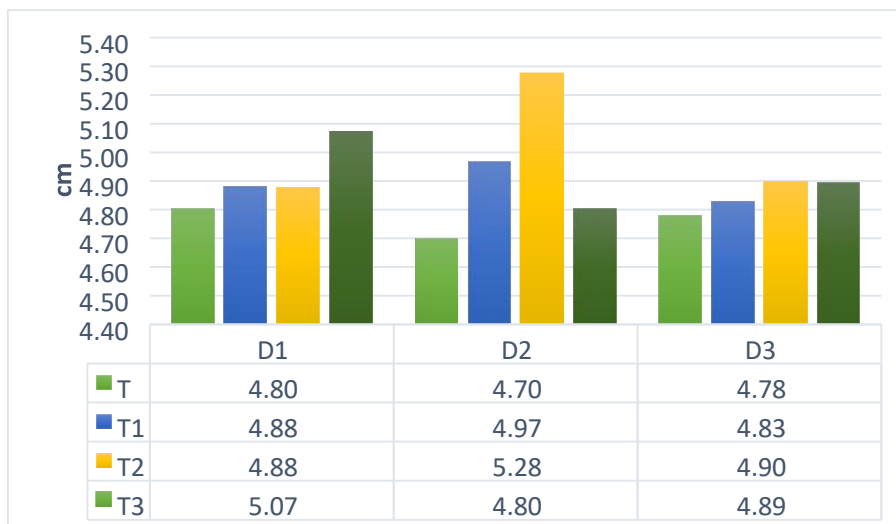


Figura 10: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en diámetro de mazorca (cm) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para diámetro de mazorca de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D2 = 90,000	4.95	A	102.10%
D1= 70,000	4.91	A	101.20%
D3= 110,000	4.85	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para diámetro de mazorca de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca	5.02	A	105.50%
NPK+Ca+Micro	4.93	A	103.60%
NPK	4.9	A	102.90%
Testigo	4.76	A	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

4.4. VARIABLES DE CRECIMIENTO

Los efectos de los factores en estudio sobre las variables de crecimiento se observan en la Tabla 15. Así tenemos en el análisis de variancia que para el factor densidad, las variables área foliar y diámetro de tallo las cuales poseen diferencias estadísticas significativas, caso contrario a las variables altura de planta, altura de la mazorca principal y número de hojas. Para niveles nutricionales, se encontró la misma tendencia. Al mismo tiempo, la interacción de ambas variables muestra ser altamente significativa para la altura de mazorca principal, mientras que el parámetro diámetro de tallo es significativa estadísticamente, para el resto de parámetros no hay significación estadística.

4.4.1. Altura de planta (cm)

Al realizar la comparación de medias de la prueba Duncan se tiene que el factor densidades posee diferencias estadísticas, donde la densidad de siembra D3: 110,000 plantas/ha es estadísticamente semejante a D2: 90,000 plantas/ha, pero diferente a D1: 70,000 Plantas/ha; siendo D3: 110,000 plantas/ha la densidad que obtuvo mayor altura con 210.3 cm, esto significa un incremento de 3 % sobre D1. Respecto a los niveles nutricionales, la prueba de Duncan muestra que el tratamiento de NPK + Ca, alcanzó mayor altura de planta con 210.5 cm, similar estadísticamente al resto de tratamientos a excepción del testigo sin fertilizar con 202.0 cm; lo que significa un decremento de 4.2 %.

4.4.2. Altura de la mazorca principal (cm)

Según el análisis de varianza (tabla 15) se determina que hay alta significación para la variable de nivel nutricional (N) y para la interacción (DDxNN), por lo que se realiza el análisis de varianza de efectos simples. La Tabla 16 detalla el análisis de efectos simples, donde se obtiene alta significación en la fuente de variación en nivel en densidad de siembra D2 (90 000 plantas/hectárea); densidad en tratamiento T0 (Testigo) y densidad en tratamiento T1 (NPK); y para la densidad en tratamiento T3 (NPK + Ca + Micronutrientes) fueron significativos. Al realizar la prueba de comparación de medias (tabla 17, 18, 19, 20, 21, 22 y 23) se observa que el tratamiento T3 (NPK + Ca + Micronutrientes) con la densidad

de 110 000 plantas/hectárea posee la mayor altura de mazorca principal promedio con 92.6 cm, siendo esta estadísticamente diferente del resto de combinaciones.

Pérez y Vásquez (2017), evaluando seis genotipos de maíz amarillo, entre ellos el Dekalb 7088, menciona que éste híbrido alcanzó una altura promedio de 1.76 m, valor inferior a lo encontrado en este estudio.

Chaviguri (1984), realizó su investigación en maíz híbrido PM – 701 en la Molina, donde afirma que la densidad de siembra tiene una relación directamente proporcional respecto a las variables altura de la planta y mazorca. En nuestro estudio, esta afirmación se cumple en el caso de la altura de planta, mas no en la altura de inserción de mazorca, donde los resultados obtenidos no fueron significativos estadísticamente. Esto puede deberse a una expresión genotípica propia del híbrido.

Marcillo (2014), en su investigación de la respuesta del maíz híbrido Dekalb 7088 a la fertilización con macro y micro elementos y con una densidad de 62,500 pl/ha, informa que al utilizar la dosis de 250kg/Ha del fertilizante YaraMila, el híbrido alcanza una estatura promedio de 2,45 m y una altura promedio de inserción de mazorca de 1,36 m. Tanto la altura de planta como la altura de inserción de mazorca se vieron influenciados por la aplicación de nutrientes, obteniendo mayor desarrollo que el testigo sin fertilizar, sin embargo, no hubo gran significación entre tratamientos.

4.4.3. Área foliar (cm²/planta)

Al realizar la prueba de Duncan para densidades se tiene que existen diferencias estadísticas, vemos que D1: 70,000 pl/ha alcanza el mayor área foliar con 10,185.8 cm²/planta, seguido por D2: 90,000 pl/ha con 8,456.4 cm²/planta y finalmente D3: 110,000 pl/ha, que obtuvo el menor valor con 7,769.1 cm²/planta, lo que representa un decremento de 31.1% respecto a D1.

Para niveles nutricionales, la prueba de Duncan muestra que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos fertilizados, pero difieren estadísticamente del testigo no fertilizado,

siendo el tratamiento de NPK + Ca + Micro, el que logró mayor área foliar con 9,268.2 cm²/planta, mientras que el testigo obtuvo un valor de 8028.7 cm²/planta; lo que significa un decremento de 15.4 %.

Carrasco y Pineda (2009), mencionan que “el área de la hoja depende del tamaño, variedad, posición de las hojas respecto al tallo, edad y las condiciones ambientales de luz y temperatura”.

De los resultados obtenidos tenemos que la menor densidad de siembra alcanza el mayor área foliar, esto se atribuye a lo mencionado por Sánchez et al. (2011), quien afirma que las plantas que crecen a densidades de población altas tienen mayor competencia por luz, agua y nutrientes, lo que repercute en que la generación de doseles de planta menos vigorosos.

El análisis de niveles nutricionales demuestra que el maíz se ve influenciado negativamente ante la falta de nutrientes, lo que confirma lo sostenido por Olson y Sander (1988), quienes mencionan que la adecuada disponibilidad de nutrientes asegura un buen desarrollo foliar.

4.4.4. Número de hojas

Se realizó la prueba de Duncan para densidades, donde se obtiene que la densidad D1: 70,000 pl/ha se diferencia estadísticamente de D3: 110,000 pl/ha y D2: 90,000 pl/ha, siendo D1 la que alcanzó el máximo valor de número de hojas con 14.5, es decir 4.5% superior a D2. Respecto a los niveles nutricionales, la prueba de Duncan muestra que los tratamientos no poseen diferencias estadísticas significativas entre sí.

Muedas (2019), en su investigación con maíz híbrido DK 7088, reportó el valor máximo de 11,05 hojas por planta al emplear 200 kilogramos de potasio por hectárea.

El número de hojas promedio obtenido en esta investigación fue de 11.4 hojas por planta, lo cual según Cardona (1999) se encuentra dentro del rango adecuado en plantas de maíz.

4.4.5. Diámetro de tallo (cm)

Según el análisis de varianza (tabla 15) se determina que hay alta significación para la variable nivel nutricional (N) y densidad (D); y diferencia estadística para la interacción (NN*DD), por lo que se realiza el análisis de varianza de efectos simples; El coeficiente de variabilidad fue del 2.30%. El análisis de efectos simples (tabla 24) muestra que todas las fuentes de variación fueron altamente significativas. Mediante la comparación de medias (tabla 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31) vemos que el tratamiento T3 (NPK + Ca + Micronutrientes) con la densidad de 70 000 plantas/hectárea posee el mayor diámetro de tallo promedio con 2.91 cm, siendo esta estadísticamente diferente del resto de combinaciones.

Guinoza (1999) estudió el comportamiento de diferentes cultivares de maíz amarillo duro bajo tres densidades: 67 340, 74 074 y 88 889 pl/ha, donde observó que a menor densidad, mayor será el diámetro del tallo, tendencia que coincide con lo obtenido en este trabajo.

Chaviguri (1984), menciona que la alta población de plantas produce un alargamiento de los entrenudos aumentando la altura de planta y altura de mazorca, pero disminuye el diámetro de tallo, este efecto se conoce como “ahilado” de la planta, por lo que incrementa el riesgo de tumbada o quiebra de los tallos.

De la Cruz (2016), evaluó el efecto del fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro, en donde menciona que el nitrógeno influyó positivamente al diámetro de tallo.

Zhang et al. (1994) desarrollaron plantas de maíz en una solución de cultivo y aplicaron Fe, Mn y Zn en soluciones de EDTA al 0.3%, donde se observó que los microelementos aplicados tuvieron una mayor influencia en el desarrollo de las plantas.

Tabla 15: Variables de crecimiento de maíz amarillo duro DK 7088

Factor en estudio	Altura de plantas (cm)	Altura de la mazorca principal (cm)	Área foliar (cm²/planta)	Número de hojas	Diámetro de tallo (cm)
Densidades de siembra (plantas/ha)					
D1: 70,000	204.2	85.1	10185.8	13.9	2.76
D2: 90,000	205.7	85.6	8456.4	13.9	2.46
D3: 110,000	210.3	89.8	7769.1	13.9	2.13
Niveles nutricionales					
T0: Testigo	202	81.2	8028.7	14.2	2.26
T1: NPK	206.4	87.9	8781.3	13	2.42
T2: NPK + Ca	210.5	90.6	9136.9	14.1	2.55
T3: NPK+Ca + Micro	207.9	87.5	9268.2	14.3	2.58
Densidad (D)	*	n.s	*	*	**
Nivel nutricional (N)	*	**	**	n.s	**
Interacción (DDxNN)	n.s	**	n.s	n.s	*
CV (%)	5.74	4.7	9.44	5.72	2.3

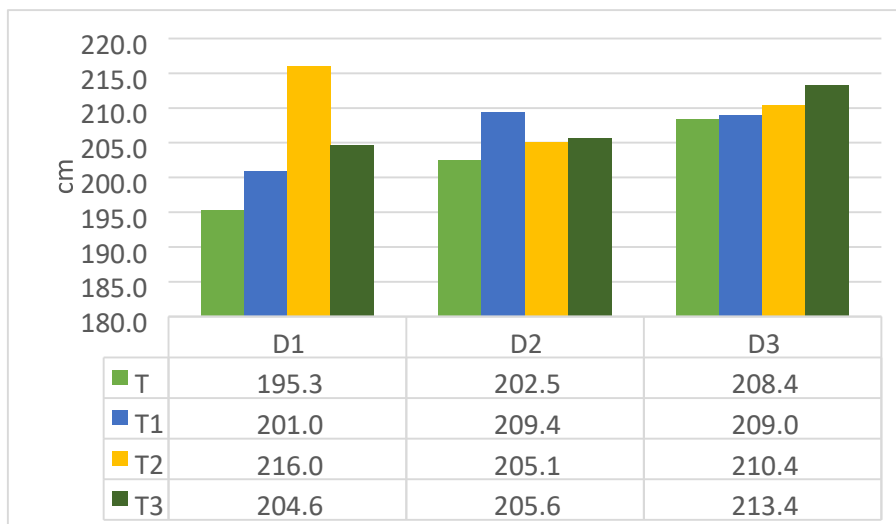


Figura 11: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en la altura de planta (cm) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para altura de planta de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D3 = 110,000	210.3	A	103.00%
D2= 90,000	205.7	AB	100.70%
D1= 70,000	204.2	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para altura de planta de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca	210.5	A	104.20%
NPK+Ca+Micro	207.9	AB	102.20%
NPK	206.4	AB	102.20%
Testigo	202	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

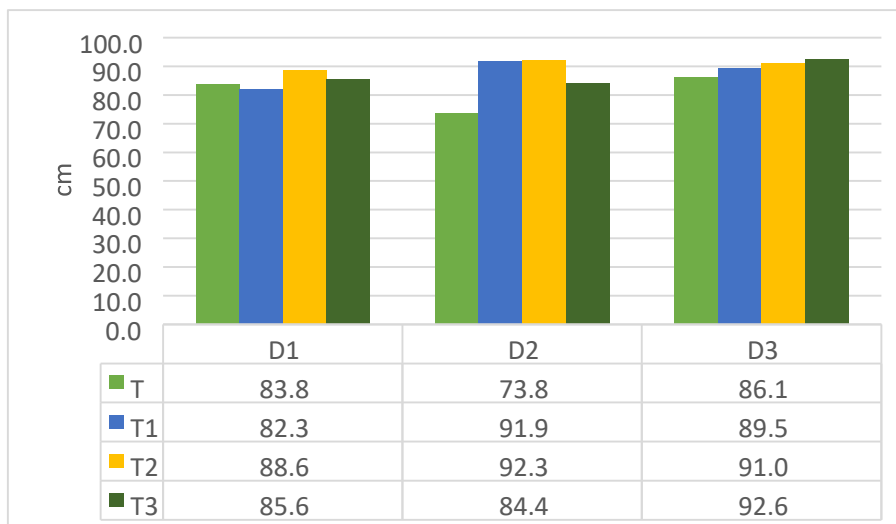


Figura 12: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en la altura de la mazorca principal (cm) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para altura de la mazorca de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D3 = 110,000	89.8	A	105.60%
D2= 90,000	85.6	A	100.60%
D1= 70,000	85.1	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para altura de la mazorca principal de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca	90.6	A	111.60%
NPK	87.9	A	108.20%
NPK+Ca+Micro	87.5	A	107.80%
Testigo	81.2	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

Tabla 16: Análisis de efectos simples para la interacción Densidad x Niveles, Altura de la mazorca principal (cm)

Densidad	SC	gl	CM	F
Nivel en D1 (70 000 pl.ha ⁻¹)	90.563	3	30.188	1.817
Nivel en D2 (90 000 pl.ha ⁻¹)	902.062	3	300.688	18.096 **
Nivel en D3 (110 000 pl.ha ⁻¹)	91.984	3	30.661	1.845
Densidad en T0 (Testigo)	345.042	2	172.5208	10.38238 **
Densidad en T1 (NPK)	201.55	2	100.775	6.064693 **
Densidad en T2 (NPK+Ca)	27.125	2	13.563	0.816197
Densidad en T3 (NPK+Ca+Micro)	158.167	2	79.083	4.75927 *
Error	448.651	27	16.617	

*,** Significación al 5% de probabilidad

Tabla 17: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 70000 plantas/ha, Altura de mazorca principal (cm)

Nivel en Densidad 70,000 (D1)	Promedio	Incremento
Testigo	83.8 A	102%
NPK	82.3 A	100%
NPK+Ca	88.6 A	108%
NPK+Ca+Micro	85.6 A	104%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 18: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 90000 plantas/ha, Altura de mazorca principal (cm)

Nivel en Densidad 90,000 (D2)	Promedio	Incremento
Testigo	73.8 B	100%
NPK	91.9 A	125%
NPK+Ca	92.3 A	125%
NPK+Ca+Micro	84.4 A	114%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 19: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 110000 plantas/ha, Altura de mazorca principal (cm)

Nivel en Densidad 110,000 (D3)	Promedio	Incremento
Testigo	86.1 A	100%
NPK	89.5 A	104%
NPK+Ca	91.0 A	106%
NPK+Ca+Micro	92.6 A	108%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 20: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Testigo (T0), Altura de mazorca principal (cm)

Densidad (D) en Testigo (T0)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	83.8 A	114%
90000 plantas/ha	73.8 B	100%
110000 plantas/ha	86.1 A	117%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 21: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK (T1), Altura de mazorca principal (cm)

Densidad (D) en NPK (T1)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	82.3 A	100%
90000 plantas/ha	91.9 B	112%
110000 plantas/ha	89.5 A	109%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 22: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca (T2), Altura de mazorca principal (cm)

Densidad (D) en NPK + Ca (T2)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	88.6 A	100%
90000 plantas/ha	92.3 A	104%
110000 plantas/ha	91.0 A	103%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 23: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca + Micro (T3), Altura de mazorca principal (cm)

Densidad (D) en NPK + Ca + Micro (T3)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	85.6 AB	101%
90000 plantas/ha	84.4 B	100%
110000 plantas/ha	92.6 A	110%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

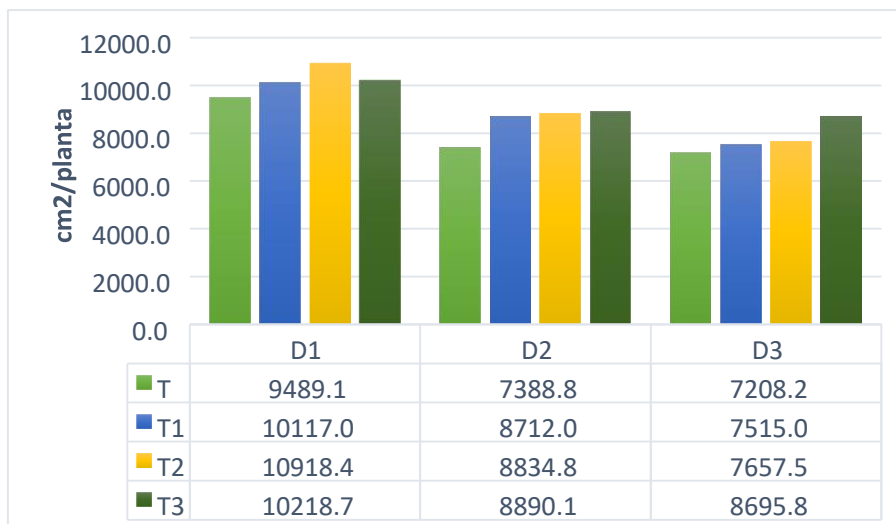


Figura 13: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en área foliar (cm²/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para área foliar (cm²/planta) de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	10185.8	A	131.10%
D2= 90,000	8456.4	B	108.80%
D3 = 110,000	7769.1	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para área foliar (cm²/planta) de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	9268.2	A	115.40%
NPK+Ca	9136.9	A	113.80%
NPK	8781.3	A	109.40%
Testigo	8028.7	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

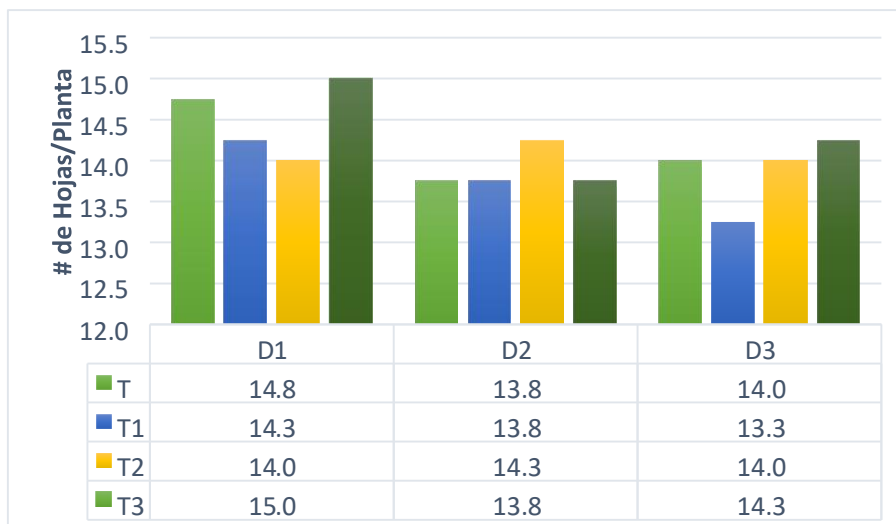


Figura 14: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el número de hojas por planta de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para número de hojas de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	14.5	A	104.50%
D3= 110,000	13.9	B	100.00%
D2= 90,000	13.9	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para número de hojas de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	14.3	A	100.00%
Testigo	14.2	A	102.40%
NPK+Ca	14.1	A	104.20%
NPK	13.8	A	103.10%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

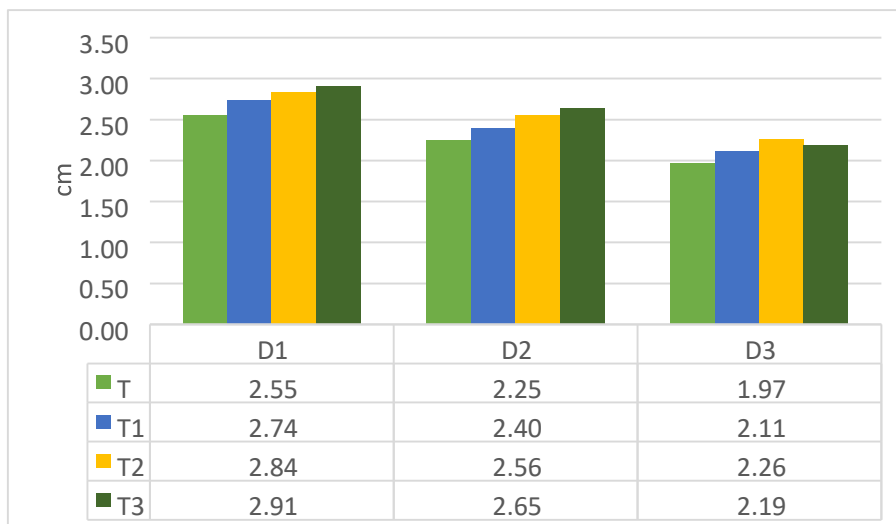


Figura 15: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en el diámetro de tallo de la planta de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para diámetro de tallo de maíz amarillo duro por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	2.76	A	129.60%
D2 = 90,000	2.46	B	115.50%
D3 = 110,000	2.13	C	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para diámetro de tallo de maíz amarillo duro por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	2.58	A	114.20%
NPK+Ca	2.55	A	112.80%
NPK	2.42	B	107.10%
Testigo	2.26	C	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

Tabla 24: Análisis de efectos simples para la interacción Densidad x Niveles, Diámetro del tallo (cm)

Fuentes de variación	SC	gl	CM	F
70 000 pl.ha ⁻¹	0.295	3	0.098	30.876 **
90 000 pl.ha ⁻¹	0.371	3	0.124	38.803 **
110 000 pl.ha ⁻¹	0.185	3	0.062	19.424 **
Testigo	0.673	2	0.337	105.756 **
NPK	0.797	2	0.398	125.141 **
NPK+Ca	0.679	2	0.339	106.610 **
NPK+Ca+Micro	1.061	2	0.53	166.653 **
Error	0.086	27	0.003	

** Significación al 5% de probabilidad

Tabla 25: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 70000 plantas/ha, Diámetro de tallo (cm)

Nivel en Densidad 70,000 (D1)	Promedio	Incremento
Testigo	2.55 A	100%
NPK	2.74 B	108%
NPK+Ca	2.84 BC	111%
NPK+Ca+Micro	2.91 C	114%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 26: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 90000 plantas/ha, Diámetro de tallo (cm)

Nivel en Densidad 90,000 (D2)	Promedio	Incremento
Testigo	2.25 A	100%
NPK	2.40 B	107%
NPK+Ca	2.56 C	114%
NPK+Ca+Micro	2.65 C	118%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 27: Comparación de Medias de la interacción Nivel (N) - Densidad 110000 plantas/ha, Diámetro de tallo (cm)

Nivel en Densidad 110,000 (D3)	Promedio	Incremento
Testigo	1.97 A	100%
NPK	2.11 B	107%
NPK+Ca	2.26 C	115%
NPK+Ca+Micro	2.19 BC	111%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 28: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - Testigo (T0), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en Testigo (T0)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	2.55 A	129%
90000 plantas/ha	2.25 B	114%
110000 plantas/ha	1.97 C	100%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 29: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK (T1), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en NPK (T1)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	2.74 A	130%
90000 plantas/ha	2.40 B	113%
110000 plantas/ha	2.11 C	100%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

Tabla 30: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca (T2), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en NPK + Ca (T2)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	2.84 A	126%
90000 plantas/ha	2.56 B	113%
110000 plantas/ha	2.26 C	100%

Prueba Duncan (alfa=5%)

Tabla 31: Comparación de Medias de la interacción Densidad de siembra (D) - NPK + Ca + Micro (T3), Diámetro de tallo (cm)

Densidad (D) en NPK + Ca + Micro (T3)	Promedio	Incremento
70000 plantas/ha	2.91 A	133%
90000 plantas/ha	2.65 B	121%
110000 plantas/ha	2.19 C	100%

Prueba Duncan (alfa= 5%)

4.5. MATERIA SECA TOTAL Y SUS COMPONENTES

Los efectos de los factores en estudio sobre la materia seca total y sus componentes se observan en la Tabla 32. Así tenemos en el análisis de variancia que, para la variable densidad de siembra, los parámetros: materia seca total, de hojas y de tallos presentan un alto nivel de significación. Para niveles nutricionales se muestra que los parámetros materia seca total y de mazorca son altamente significativos, mientras que la materia seca de la panca presente significación estadística. Al mismo tiempo, se tiene que la interacción de ambas variables no es estadísticamente significativa.

4.5.1. Materia seca total de la parte aérea (g/planta)

La prueba de Duncan para densidades, muestra que D1: 70,000 pl/ha es estadísticamente semejante a D2: 90,000 pl/ha, pero estadísticamente diferente a D3: 110,000 pl/ha, en donde D1 obtuvo el mayor valor con 283.83 g/planta y D3 obtuvo 247.98 g/planta respectivamente. Esto es un incremento de D1 de 14,5 % respecto a D3.

La prueba de Duncan para los niveles nutricionales muestra que existe una alta significación, donde NPK + Ca + Micro, alcanzó la mayor cantidad de materia seca con 289.10 g/planta, estadísticamente semejante al nivel NPK + Ca, con 278.33 g/planta, ambos difieren estadísticamente del testigo sin fertilizar, que obtuvo un valor de 236.24 g/planta. Esto quiere decir que el nivel NPK + Ca + Micro representa un incremento de 22.4 % respecto al testigo.

Uzátegui (2019), en su investigación con híbridos y niveles de calcio en el maíz amarillo, reporta un valor promedio de materia seca total de 264.05 g/planta.

4.5.2. Materia seca de hojas (g/planta)

La prueba de Duncan, indica que D1: 70,000 pl/ha es superior estadísticamente a D2: 90,000 pl/ha y D3: 110,000 pl/ha, todos diferentes estadísticamente entre sí, con valores de 38.9, 33.5 y 28.4 g/planta respectivamente. Esto representa un aumento de D1 en 36.8 % respecto a D3. Para niveles nutricionales, muestra que el nivel NPK + Ca + Micro es estadísticamente semejante a los niveles NPK + Ca y NPK, pero difiere del testigo; donde NPK + Ca + Micro logra la mayor cantidad de materia seca con 36 g/planta en promedio, lo que significa un aumento de 16.9 % respecto del testigo no fertilizado.

Uzátegui (2019), evaluando híbridos y niveles de calcio en el maíz amarillo duro, reporta un valor promedio de 46.78 g/planta de materia seca de hojas.

4.5.3. Materia seca de tallos (g/planta)

La prueba de Duncan para densidades muestra que D1: 70,000 pl/ha y D2: 90,000 pl/ha son semejantes estadísticamente entre sí, al mismo tiempo, son significativamente superiores a D3: 110,000 pl/ha; donde D1 alcanzó una producción promedio de materia seca de tallo de 54 g/planta, lo que significa un aumento de 40.2 % respecto a D3.

Para niveles nutricionales tenemos que el nivel NPK + Ca + Micro es estadísticamente similar a los niveles NPK + Ca y NPK, pero a su vez es diferente del testigo no fertilizado; donde el nivel NPK + Ca + Micro alcanzó una producción promedio de 52.0 g/planta, lo que representa un incremento de 23.2 % sobre el testigo.

Uzátegui (2019), evaluando híbridos y niveles de calcio en el maíz amarillo duro, obtuvo un valor promedio de 64.14 g/planta de materia seca de tallos.

4.5.4. Materia seca de mazorcas (g/planta)

La prueba de Duncan indica que no existen diferencias estadísticas para densidades, siendo el mayor valor obtenido por D1: 70,000 pl/ha, con 168.5 g/planta, representando un aumento

de 6.2 % respecto a D3: 110, 000 pl/ha. Para niveles nutricionales, se tiene que los niveles NPK + Ca + Micro, NPK + Ca y NPK son estadísticamente semejantes entre sí, ambos difieren estadísticamente del testigo sin fertilizar, el cual tuvo la menor producción de materia seca de mazorcas, con 142.3 g/planta, teniendo un decremento de 25.0 % respecto del nivel NPK + Ca + Micro que alcanzó un valor promedio de 177.7 g/planta.

Uzátegui (2019), evaluando híbridos y niveles de calcio en el maíz amarillo duro, obtuvo un valor promedio de 129.68 g/planta de materia seca de mazorcas, valor inferior a lo obtenido.

4.5.5. Materia seca de panca (g/planta)

La prueba de Duncan indica que no hay diferencias estadísticas para densidades, donde D1: 70,000 pl/ha, alcanzó la mayor producción de materia seca de panca con 17.9 g/planta, esto representa un aumento de 6.7 % respecto de D3: 110, 000 pl/ha. Para niveles nutricionales, la prueba de Duncan muestra que no hay significación entre los niveles fertilizados, pero sí difieren del testigo sin fertilizar, donde NPK + Ca + Micro produjo mayor cantidad de materia seca de pancas con 18.9 g/planta, esto es 20.4 % superior a lo producido por el testigo.

Uzátegui (2019), evaluando híbridos y niveles de calcio en el maíz amarillo duro, obtuvo un valor promedio de 19.44 g/planta de materia seca de panca.

4.5.6. Materia seca de panoja (g/planta)

La prueba de Duncan para densidades muestra que no hay diferencias estadísticas significativas, siendo D1, la que obtuvo la mayor producción de materia seca de panoja, con 4.5 g/planta, lo que significa un aumento de 20.6 % respecto de D3. Para niveles nutricionales, la prueba muestra que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el tratamiento NPK + Ca, el que produjo mayor materia seca de panoja con 4.6 g/planta, esto representa un aumento respecto al testigo, de 21.2 %.

Tabla 32: Materia seca total y sus componentes de maíz amarillo duro DK 7088

Factor en estudio	Materia seca total g/planta	hojas g/planta	tallos g/planta	mazorcas g/planta	pancas g/planta	panoja g/planta
Densidades de siembra (planta/ha)						
D1: 70,000	283.8	38.9	54.8	168.4	17.9	4.5
D2: 90,000	266.8	33.5	48.1	163.2	17.5	4.4
D3: 110,000	246.1	28.4	38.5	158.7	16.8	3.7
Niveles nutricionales						
T0: Testigo	234.7	30.8	42.2	142.2	15.7	3.8
T1: NPK	260.2	33.3	46.7	159.7	17.3	4
T2: NPK + Ca	278.3	34.3	47.6	174.2	17.7	4.6
T3: NPK+Ca + Micro	289.1	36	52	177.7	18.9	4.5
Densidad (D)	*	**	**	n.s	n.s	n.s
Nivel nutricional (N)	**	n.s	n.s	**	*	n.s
Interacción (DDxNN)	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
CV (%)	9.67	13.53	20.35	12.5	12.2	24.41

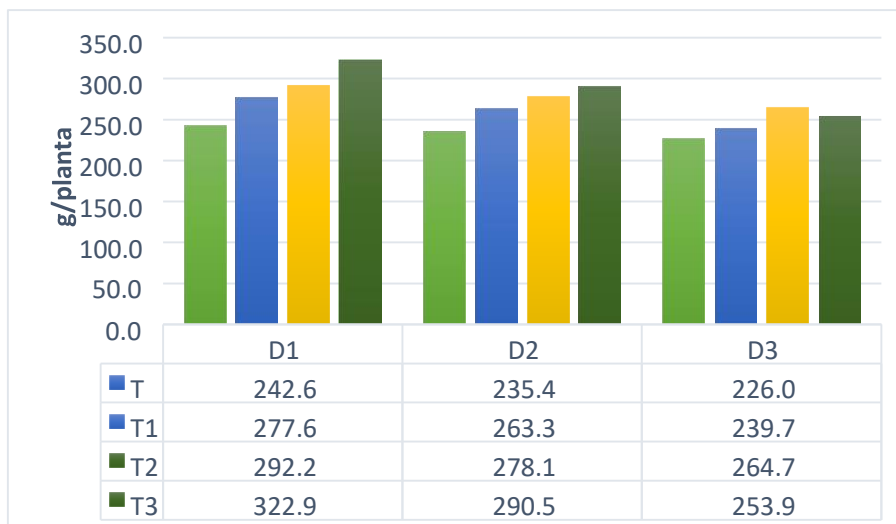


Figura 16: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca total de la parte aérea (g/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca total de la parte aérea (g/planta) por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	283.83	A	114.50%
D2= 90,000	266.84	AB	107.60%
D3= 110,000	247.98	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca total de la parte aérea (g/planta) por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	289.1	A	122.40%
NPK+Ca	278.33	AB	117.80%
NPK	260.21	B	110.10%
Testigo	236.24	C	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

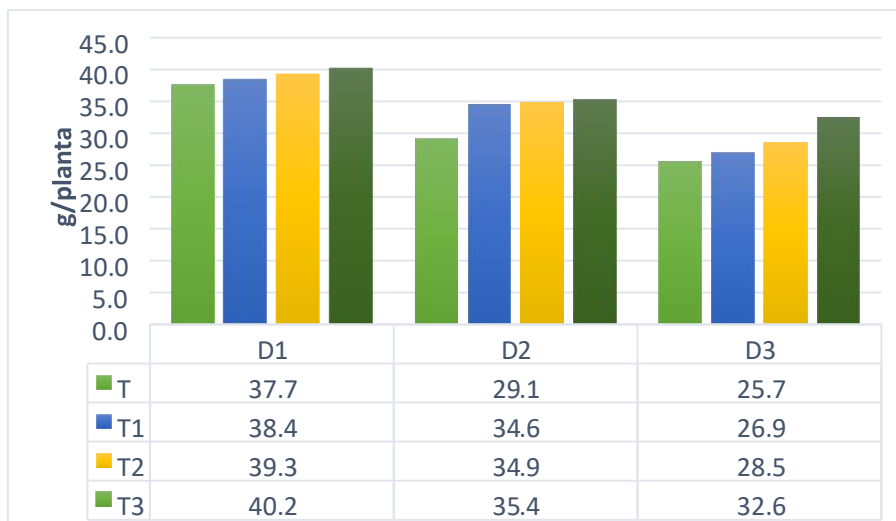


Figura 17: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de hojas (g/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de hojas (g/planta) por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	38.9	A	136.80%
D2= 90,000	33.5	B	117.80%
D3= 110,000	28.4	C	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de hojas (g/planta) por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	36	A	116.90%
NPK+Ca	34.3	AB	111.20%
NPK	33.3	AB	108.00%
Testigo	30.8	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

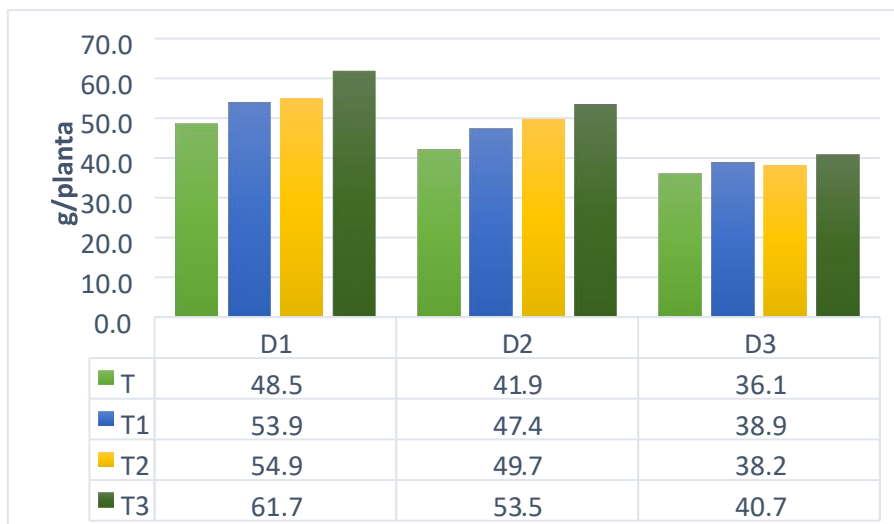


Figura 18: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de tallos (g/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de tallos (g/planta) por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	54	A	140.20%
D2= 90,000	48.1	A	125.00%
D3= 110,000	38.5	B	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de tallos (g/planta) por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	52.0	A	123.20%
NPK+Ca	47.6	AB	112.80%
NPK	45.7	AB	108.30%
Testigo	42.2	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

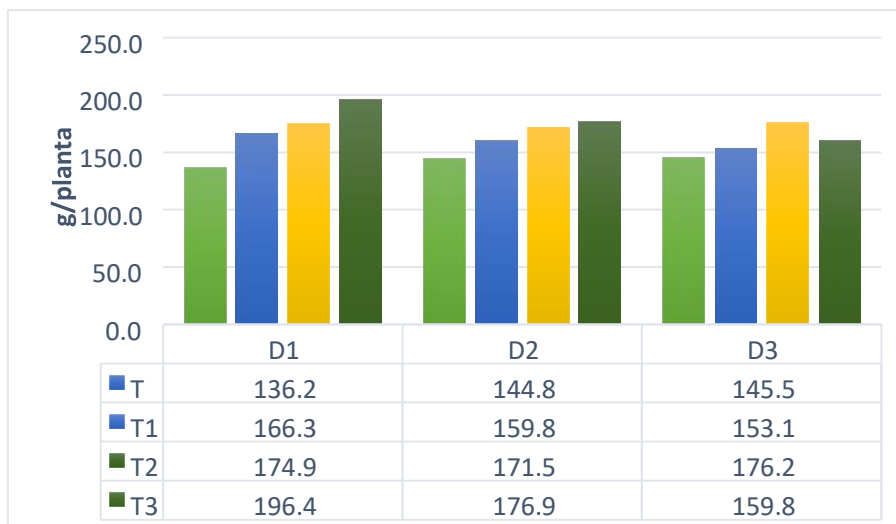


Figura 19: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de mazorca (g/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de mazorca (g/planta) por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	168.5	A	106.20%
D2= 90,000	163.3	A	102.90%
D3= 110,000	158.7	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de mazorca (g/planta) por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	177.7	A	125.00%
NPK+Ca	174.2	A	122.50%
NPK	159.8	A	112.40%
Testigo	142.2	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

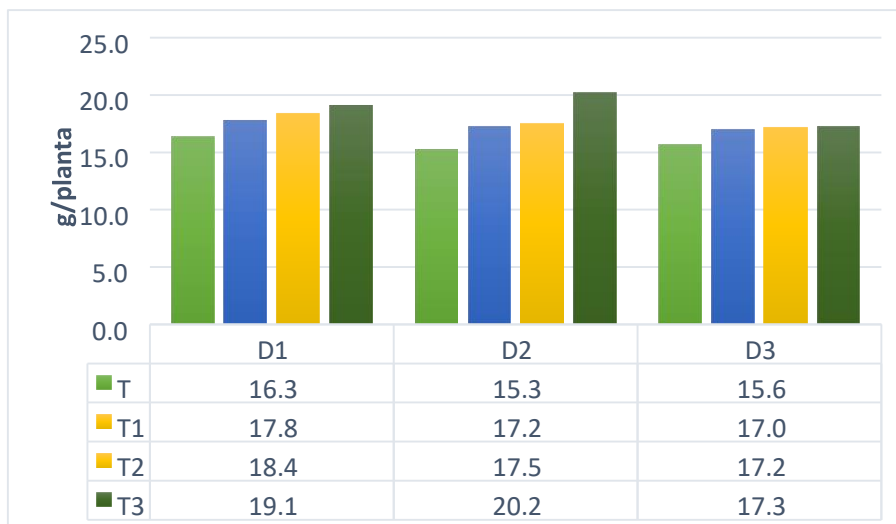


Figura 20: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de panca (g/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de panca (g/planta) por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	17.9	A	106.70%
D2= 90,000	17.6	A	104.40%
D3= 110,000	16.8	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de panca (g/planta) por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca+Micro	18.9	A	120.40%
NPK+Ca	17.7	A	112.70%
NPK	17.3	AB	110.20%
Testigo	15.7	B	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

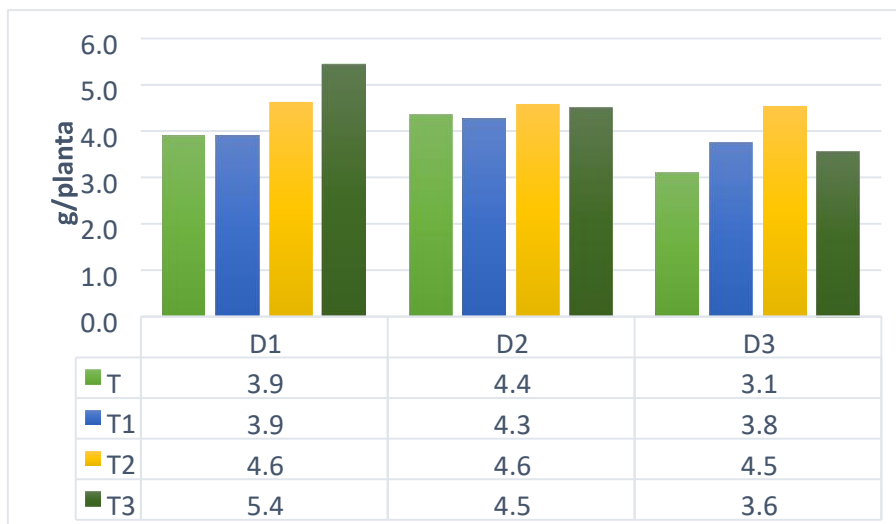


Figura 21: Respuesta de la densidad de siembra y del nivel nutricional en materia seca de panoja (g/planta) de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.)

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de panoja (g/planta) por densidades de siembra

Densidad plantas/ha	Medias	DUNCAN	Δ %
D1 = 70,000	4.5	A	120.60%
D2 = 90,000	4.4	A	118.00%
D3 = 110,000	3.7	A	100.00%

Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) para materia seca de panoja (g/planta) por niveles nutricionales

Nivel nutricional	Medias	DUNCAN	Δ %
NPK+Ca	4.6	A	121.20%
NPK+Ca+Micro	4.5	A	118.80%
NPK	4	A	105.80%
Testigo	3.8	A	100.00%

Valores estadísticamente similares se muestran con una misma letra y no son significativamente diferentes según la prueba de Duncan (0.05 %).

V. ANÁLISIS AGROECONÓMICO

Se realizó el análisis agroeconómico del estudio de tres densidades de siembra de maíz amarillo duro en relación a cuatro niveles nutricionales, bajo un sistema de riego por goteo (Tabla 33).

Se utilizó data obtenida del SISAP – MINAGRI (2020), para determinar el precio real en chacra del maíz amarillo duro durante el período en que se cosechó el presente ensayo. En este caso, se realizó la cosecha durante el mes de junio del año 2018, por lo que según la data revisada, se define como precio mínimo esperado el valor de s/. 1.00 (nuevos soles).

Así, tenemos que el factor densidades de siembra, D2: 90,000 pl/ha obtiene el primer lugar con un índice de rentabilidad (IR) de 58.4%, seguido por D1: 70,000 pl/ha con 45.5% y finalmente D3: 110,000 pl/ha, con un IR de 35.4%. Para niveles nutricionales, es el testigo no fertilizado el que obtiene el mayor IR con 54.3%. En este factor, el índice de rentabilidad tiene la tendencia de decrecer cuando el nivel nutricional es más complejo. Así, vemos que T1: NPK alcanza un índice de rentabilidad de 44.9 %, T2: NPK + Ca de 43.9 % y para T3: NPK + Ca + Microelementos es 42.8 %. No obstante, al analizar las utilidades netas podemos apreciar que la tendencia cambia, ya que es T2 el tratamiento que presenta la máxima utilidad promedio con 2,795 soles/ha, disminuye en T3 y en el testigo y alcanza su valor más bajo a nivel de T1 con 2,671 soles/ha, lo cual se debe a que su rendimiento no es el necesario para justificar su costo de producción.

En resumen, el análisis muestra que el mayor índice de rentabilidad se alcanza con la densidad de 90,000 pl/ha y el nivel del testigo no fertilizado. Sin embargo, si evaluamos la utilidad neta, obtenemos que el nivel T2: NPK + Ca con la densidad de 90,000 plantas/ha permiten alcanzar el máximo valor, en este caso, de 3,619 soles/ha.

Tabla 33: Análisis Agroeconómico de ensayo en maíz amarillo duro DK 7088

Factores	Rendimiento (kg/ha)	Valor bruto de la Producción (S/.)	Costo total de la Producción (S/.)	Utilidad Neta (S/.)	Índice de Rentabilidad (%)
T	7736	7736	4800.82	2935,18	61.14%
T1	7957.5	7957.5	5781.82	2175.68	37.63%
D1 T2	8771	8771	6221.32	2549.68	40.98%
T3	8939.1	8939.1	6282.74	2656.36	42.28%
Promedio	8350.9	8350.9	5,771.70	2579.3	45.50%
T	8362	8362	5160.82	3201.18	62.03%
T1	9520.7	9520.7	5941.82	3578.88	60.23%
D2 T2	10000.8	10000.8	6381.32	3619.48	56.72%
T3	9965.6	9965.6	6442.74	3522.86	54.68%
Promedio	9462.3	9462.3	5981.7	3480.6	58.40%
T	7429.2	7429.2	5320.82	2108.38	39.60%
T1	8362.8	8362.8	6101.82	2260.98	37.10%
D3 T2	8760.6	8760.6	6541.32	2219,28	33.90%
T3	8657.7	8657.7	6602.74	2054.96	31.10%
Promedio	8302.6	8302.6	6141.7	2160.9	35.40%
Promedio general	8705.3	8705.3	5965	2740.3	46.40%

*Precio/kg maíz grano = 1.00 Sol (SISAP – MINAGRI, 2020)

VI. CONCLUSIONES

1. La mayor respuesta en el rendimiento del híbrido DK 7088 se presenta con 90,000 plantas por hectárea, con un rendimiento comercial de 9,462 kg/ha, 14% mayor. Poblaciones de 70,000 y 110,000 plantas/ha resultaron con rendimientos similares. Los niveles nutricionales probados superan en rendimiento al testigo no fertilizado del híbrido DK 7088. La fertilización estándar NPK fue 9.8% superior al testigo, la adición de calcio elevó el rendimiento a 17 %. La aplicación de hierro, manganeso y zinc, con la fórmula NPK-Ca, afectó de forma positiva al rendimiento, aunque no fue significativo. El porcentaje de desgrane y el peso de mazorcas del híbrido DK 7088, no son afectados por los factores en estudio. En cambio, el número de mazorcas por plantas es afectado significativamente por el nivel nutricional y por la densidad de siembra.

2. La altura de la mazorca principal y el diámetro de tallo presentaron diferencias significativas a la interacción de los factores densidad de siembra y niveles nutricionales, en ambos casos se realizó análisis de efectos simples. El resto de variables evaluadas no presentaron significación en la interacción de factores.

3. La mayor eficiencia de uso de agua se presenta con 90,000 plantas/ha. El mayor índice de cosecha e índice de área foliar con 110,000 plantas/ha. La densidad de 70,000 plantas/ha presenta el mayor coeficiente de transpiración.

VII. RECOMENDACIONES

- Continuar realizando ensayos agronómicos probando diferentes densidades de plantas, en caso de usar altas densidades como en el presente estudio, evaluar también la producción de forraje con el fin de determinar si existe una mejora de la rentabilidad al usar altas densidades en maíz amarillo duro para el doble propósito de grano y forraje.
- Continuar estudiando el efecto del calcio, en suelos de costa, en el crecimiento y rendimiento del maíz amarillo duro, ya que en el presente estudio se demostraron mejoras en la producción de grano con este elemento.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

ARANDA et al. 2020. Boletín Estadístico Mensual “El Agro en Cifras” Mes: Diciembre 2019.

Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Febrero, 2020.

AGROSÍNTESIS. 2014. El zinc, elemento esencial para el maíz. Artículo web. Ed. Agro Cultivos, Ciudad de México. Recuperado el: 11 de noviembre 2020, de:
<https://www.agrosintesis.com/el-zinc-elemento-esencial-para-el-maiz/#:~:text=Un%20buen%20aporte%20de%20zinc,con%20buen%20grano%20y%20peso>

ALDRICH, SAMUEL R; LENG, EARL R. 1974. Producción moderna del maíz. Buenos Aires. Argentina. Hemisferio Sur. 307 p.

ALMEIDA, A., VILLALVA, A. 2003. Estudio de Producción de Tubérculos-Semilla de Papa, categoría básica, Variedad Friepapa-99 bajo el efecto de cinco niveles de fertilización y cuatro densidades. Quito: INIAP

ARIAS, U. 2006. Deficiencias de fósforo y potasio en maíz. Efectos sobre el área foliar, crecimiento y absorción de nutrientes. Tesis para optar al título de Magister. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Recuperado el: 12 de setiembre 2019, de:
<http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2015ariasusandivarasluismaria.pdf>

ANDRADE F., A. CIRILO, S. UHART Y M. OTEGUI. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Editorial La Barrosa-Dekalb Press.

ARNON. 1972. Crop Production in Dry Regions. Leonard Hill Books, London II.

BARADAS, M.W. 1994. Crop requirements of tropical crops. In: Handbook of agricultural meteorology. J.F. Griffiths Editor. Oxford University Press. New York. USA. pp. 189- 202.

BARRAGAN QUIJANO, E., & SARASTY PRETEL, J. 2012. Modelo productivo para el cultivo del algodón en el valle cálido del Alto Magdalena. Recuperado el: 11 de noviembre 2020, de: www.siembra.gov.co

BARTONI, R. 1990. El maíz. Agroguías mundi-prensa. Edición mundi-prensa. Madrid-España. Pp. 95-162.

BELTRÁN, J. 2010. Abonado de los cereales de primavera: maíz. En Guía Práctica de la fertilización de los cultivos en España, 17, 135-140. Recuperado el: 21 de setiembre 2019, de:

[https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/02_FERTILIZACION\(BAJA\)_tcm3057891.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/02_FERTILIZACION(BAJA)_tcm3057891.pdf)

BENACCHIO, S. 1982. Algunas exigencias agroecológicas en 58 especies de cultivo con potencial de producción en el trópico americano. Maracay: FONAIAP. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

BIENFAIT, H.F. 1985. Regulated redox processes at the plasmalemma of plant root cells and their function iron uptake. J. Bioenerg. Biomember. 17:73-83.

BOLETÍN TÉCNICO PIONEER. 2001. Respuesta de híbridos de maíz a la densidad de plantas según ambientes. Bueno Aires Argentina. Páginas 1 a 2.

BRADY, N. C. 1990. The Nature and Properties of Soils. M° Millan Publishing Co. Inc. 8a Edición. New York, E. U. A. 63 9p.

CARDONA, J. 1999. Cultivo de Maíz en Guatemala. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

CARRASCO, R. Y PINEDA, J. 2009. Evaluación de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) de polinización libre y tres tipos de fertilización en El Castillito, Las Sabanas, Madrid.

CARSKY, R. J. AND W. S. REID. 1990. Response of corn to zinc fertilization. J. Prod. Agrie. Vol. 3. No. 4: 502-506.

CHANG, C.W. 1968. Effect of Fluoride on Nucleotides and Ribonucleic Acid in Germinating Corn Seedling Roots. Plant Physiology, Vol. 43, No. 5: 669-774.

CHAPMAN, H.; PRAT, F. 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Ed. Trillas, México. 222pp.

CHAVIGURI, Q. J. 1984. Efecto de 4 niveles de abonamiento nitrogenado y 4 densidades de siembra de maíz híbrido PM – 701 en la costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

CHUMPITAZ, D. 2018. Densidades de siembra y dos variedades de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) con abono foliar en la localidad de La Molina. Tesis pregrado. UNALM. Lima, Perú.

Recuperado el: 23 de enero 2020, de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3561/chumpitaz-quevedo-danieljosue.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

CIRILO, G.A. 2004. Manejo de la Densidad y Distancia entre Surcos en Maíz: Rendimiento del Cultivo de Maíz. IDIA XXI 4(6):128-133

CÓRDOVA, R. N. 1996. Comportamiento de seis híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) a diferentes densidades de siembra en costa central. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

DAWOOD, R. A.; K. A. KHEIRALLA and M. A. GMEH. 1992. Effect of nitrogen and foliar application of some micronutrients on the yield components and quality of maize. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 23: 3-17.

DE LA CRUZ, E. 2016. Fraccionamiento de nitrógeno en dos densidades de siembra de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la localidad de la Molina [en línea]. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. UNALM, Lima, Perú. Recuperado el: 20 de enero 2020, de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1961/F01-C794-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

DELGADO, R.J. 2016. Curso sobre Fisiología y Fenología del Maíz. Intagri. Gto., México.

DÍAZ, V.; PÉREZ D.; PÁEZ, O.; LÓPEZ, G.; Y PARTIDAS, R. 2007. Evaluación del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) en función de dos técnicas de riego y diferentes niveles de nitrógeno. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 16(4):84-87

DOORENBOS, J. AND KASSAM, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage, Paper 33, Rome, 193 p.

DUCANES, A. 1984. Nitrogen fertilization and plant population on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* L.) College Laguna (Philippines). Jun 1984. 55pp.

DUNCAN, W.G. 1975. Maize. In: Crop physiology. Some case histories, L T Evans (Ed). Cambridge University Press. N.Y. USA. Pp: 23-48

FERREYRA R. Y RUIZ, R. 2008. Clorosis férrica del Palto y manejo de riego. INIA Tierra Adentro. INIA La Platina – INIA La Cruz. Chile.

FUENTES, M. R. 2002. El cultivo de maíz en Guatemala una guía para su manejo agronómico. ICTA.

GARCÍA, F. O. 2003. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. IMPOFOS/PPI/PPIC. Cono Sur. Acasuso, Argentina. Recuperado el: 14 de diciembre 2019, de: <http://www.fertilizando.com/articulos/criterios-manejo-fertilizacion-cultivo-maiz.pdf>.

GBIF (2013), GBIF Annual Report 2013, Copenhagen: Global Biodiversity Information Facility, 56 pp. Disponible en línea en <http://www.gbif.org/resources/9221>

GONZÁLEZ (1995), U.; El Maíz y su Conservación, 1ª edición, 14-320, Trillas, Distrito Federal, México.

GONZÁLEZ, V; ORTIZ, J; MENDOZA L. 1984. Rendimiento del maíz y sus componentes en respuesta a diversas prácticas culturales y criterios de selección. Agrociencia 58:101-112.

GROS, A. Guía práctica de fertilización. España: 3a Edición Mundi-España, 1996.

GUERRERO, G. A. 1996. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao, pp.54, 121.

GUINOZA KOBASHIKAWA, M. R. 1999. Comportamiento de diez cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo 3 densidades de siembra en la localidad de Chancay. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNALM. Lima, Perú. 71 p.

HALLIDAY, D. J.; M. E. TRENKEL AND W. WICHMANN.1992. International fertilizer industry association. Limburgerhof, Germany, p. 25

HAVLIN, J.L., BEATON, J.D., TISDALE, S.L., NELSON, W.L. 1999. Soil Fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6 th edition. New Jersey. 499 p.

HAVLIN, J. TISDALE, S. BEATON, J AND NELSON, W. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. Prentice Hall; 7 edition. 528p.

HIJAR, C. 2017. Niveles de nitrógeno y momentos de riego en el rendimiento de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) híbrido PM – 213 bajo riego por goteo. UNALM, Lima, Perú. 96 p.

HORTUS, 2017. Híbrido de maíz amarillo DK 7088. Folleto publicitario. Lima, Perú.

INAF-INIPA. 1985. Extensión en el manejo de agua-suelo-planta. El maíz. Lima, Perú. 101p.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. 2014. Compendio estadístico Perú 2014. Lima: INEI

INTAGRI. 2018. Densidad de Siembra en el Cultivo de Maíz. Serie Cereales Núm. 38. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p.

INTAGRI, 2018. El Manganeso en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal. Núm. 113. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5p.

JONES, J. B. 1998. Plant Nutrition. CRC Press. Florida. USA. 140p.

JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz, Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Limusa. México, D.F., México. pp. 357-442.

JUGENHEIMER, R. W. 1988. Maíz, variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Limusa. México. 841p.

KIRKBY, E.A. AND PILBEAM, D.J. 1984. Calcium as a Plant Nutrient. *Plant, Cell and Environment*, 7, 397-405.

LA REPÚBLICA. 2018. La producción de maíz amarillo duro es insuficiente para la demanda nacional. Recuperado el: 13 de Marzo del 2018, de: <https://larepublica.pe/sociedad/1293379produccion-nacional-maiz-amarillo-duro-insuficiente-demanda-nacional/>

LÓPEZ, M. 1996. Caracterización de 6 variedades de maíz para sierra alta en diferentes niveles tecnológicos Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. UNALM. Lima, Perú.

LOUÉ, A. 1998. Los Microelementos en la Agricultura. Ediciones Mundi - Prensa. Madrid. España, pp 107 - 135.

MANRIQUE, A., FEGAN, W.; SÁNCHEZ, H.; NORIEGA, V., BORBOR, M, CHURA, J., CASTILLO Y SARMIENTO, J. 1993. Manual del maíz para la costa 1ra ed. Proyecto TTA. Lima. Perú.

MARCILLO, J. 2014. Respuesta del híbrido de maíz (*Zea mays* L.) DK- 7088 a la fertilización con macro y microelementos, bajo riego por goteo en el Cantón Balzar- Guayas. Guayaquil – Ecuador. Tesis pre-grado.

MARSCHNER H. 1995. Mineral nutrition of higher plants second edition. 889pp. London: Academic Press.

MELGAR, R. Y TORRES DUGGAN, M. 2014. Manejo de la Fertilización en Maíz. Proyecto Fertilizar EEA INTA Pergamino; Proyecto Fertilizar. Recuperado el: 11 de noviembre 2020, de: <http://www.fertilizando.com/articulos/manejo%20de%20la%20fertilizacionen%20maiz.as> p.

MILLALEO, R.; REYES-D.M.; IVANOV, A.G.; MORA, M.L.; ALBERDI, M. 2010. Manganese as Essential and Toxic Element for Plants: Transport, Accumulation and Resistance Mechanisms. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 10(4): 476-494 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA-OFICINA GENERAL DE PLANIFICACIÓN AGRARIA Y DIRECCIÓN GENERAL DE PROMOCIÓN AGRARIA. 2011. Plan Estratégico de la Cadena Productiva de Maíz Amarillo Duro Avícola, Porcícola.

MOUSAVI, S.R.; SHAHSAVARI, M.; REZAEI, M. 2011. A General Overview on Manganese (Mn) Importance For Crops Production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9): 1799-1803 p.

MUEDAS, J. 2019. Dosis de nitrógeno y potasio en la producción de Zea mays L. híbrido DK 7088 Pangoa. Tesis para optar el Título Ingeniera en Ciencias Agrarias - Especialidad: Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú – Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, Satipo – Perú.

NAVARRO. S, NAVARRO. G. 2003. El Calcio en la Planta y en el Suelo. *Química Agrícola. Technology & Engineering*. Pp: 295 – 305.

NORIEGA, N. 2001. Siembra y abonamiento del maíz amarillo duro. Recuperado el: 17 de setiembre de 2019, de: http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/900/1/Noriega-Siembra_Abonamiento_Maiz.pdf

NUTRICIÓN Y FISIOLOGÍA VEGETAL. 2016. Programa de capacitación continua.

OLSON, R AND SANDER, D. 1988. Corn Production. *Corn and Corn Improvement*. American Society of Agronomy-Crop Science Society of America-Soil Science Society of America; 3 Sub edition. Pp: 639 – 678.

OYERVIDES, G. et al. 1990. El número de mazorcas por planta y la formación de arquetipos de maíz. *Revista Agrociencia Fito-ciencia*. 1(4): 103-117.

PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. & ROQUERO, C. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. 3ª Edición. Mundi-Prensa. 929 pp

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Georgia. USA.

PURSEGLOVE, J.W., 1985. Tropical crops. Monocotyledons. Harlow, United Kingdom, 142144 pp.

QUISPE, F. 2017. Evaluación del potencial productivo de diez cultivares de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en condiciones de Santa Ana, La Convención Cusco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad José Carlos Mariátegui. Moquegua – Perú. 132 p.

REYES, C., P. 1990. El maíz y su cultivo. AGTEDITOR S.A. México, D.F.

ROJAS, R. 2005. Efecto de tres densidades de siembra en tres cultivares comerciales de maíz. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 160 p.

ROMHELD, V. 1987. Existence of two difference strategies for the acquisition of iron in higher plant. Pp 353-374. In iron transports in microbes, plant and animals. G. Winkelmann, D. van der Helm, J.B. Neiland VCH-Verlag. Weinheim.

ROMHELD, V., MARSCHNER, H. 1991. Functions of micronutrients in plants. In micronutrients in agriculture (J.J. Mordvedt; F.R. Cox; L.M. Snuman; R.M. Welch, eds). SSA Book Series. Madison, WI. USA. 297-328.

ROY, S; BISWAS, P. 1992. Effect of density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays*). Journal of Agricultural Science 119:297-301.

SAINZ, H. 2018. El zinc: un micronutriente limitante para el maíz. Artículo de divulgación. Recuperado el 10 de enero de 2020, de: <https://inta.gob.ar/documentos/el-zinc-unmicronutriente-limitante-para-el-maiz>

SALISBURY, F. ROSS, C. 2000. Fisiología de las plantas. Thompson Editores Spain Parainfo S.A. Madrid. 985p.

SEVILLA, R. 2000. Perspectivas del cultivo de maíz en el Perú. El auto-abastecimiento del maíz amarillo duro. Revista Agroenfoque, 15 (111): 10-12

SIERRA, C. 2017. Una relación intensa: El hierro, el suelo y las plantas. Artículo en Línea. Recuperado el: 23 de enero 2020, de: <https://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2016/02/02/Una-relacion-intensa-Elhierro-el-suelo-y-las-plantas.aspx>

SISTEMA DE PRECIOS Y ABASTECIMIENTOS DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (SISAP – MINAGRI). 2020. Sistema de Información Agraria de precios y abastecimientos según localidad. Estadística agraria trimestral. Lima – Perú.

SUBEDI, KD; MA, BL; SMITH, DL. 2006. Response of a leafy and non-leafy maize hybrid to population densities and fertilizer nitrogen levels. Crop Science 46:1860-1869

TEJADA, J. 2015. Efecto de densidades de siembra en el rendimiento de grano de maíz (*Zea mays* L.) variedad Opaco Malpaso en el centro experimental agrícola III, Los Pichones, Tacna. Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna-Perú. 67 p.

TEUSCHER, H. Y R. ADLER. 1980. El Suelo y su Fertilidad. Quinta impresión. Ed. CECSA. México. 510p.

TISDALE, S. L., W. L. NELSON AND J. D. BEATON. 1985. Soil fertility and fertilizers Macmillan Publishing Co. New York. pp. 249-286.

TORRES, M. 2016. Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz. Recuperado 12 de enero de 2020, de [fertilizando.com](http://www.fertilizando.com) website: <http://www.fertilizando.com/articulos/Fertilizacion%20Nitrogenada%20del%20Cultivo%20de%20Maiz.asp>

UHART, S., y ECHEVARRÍA, H. 2019. El rol del nitrógeno y del fosforo en la producción de maíz. Recuperado el: 10 de marzo 2019, de: http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDAS/dh_0032/0901b8038003272b.pdf?f?filepath=ar/pdfs/noreg/013-53003.pdf&fromPage=GetDoc

UZÁTEGUI, T. 2019. Niveles de calcio en el rendimiento de tres híbridos de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) bajo riego por goteo. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 87p. Recuperado el 8 de enero 2020, de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3868/uzategui-orchard-tomasalonso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VEGA, C., *et al.* 2001. Seed number as a function of growth. A comparative study in soybean, sunflower, and maize. Crop Science. 41, 748–754. Recuperado el 10 de marzo 2019, de: https://www.researchgate.net/publication/250118232_Seed_Number_as_a_Function_of_Growth_A_Comparative_Study_in_Soybean_Sunflower_and_Maize

VEGA, C.R. Y ANDRADE, F. H. 2000. Densidad de plantas y espaciamiento entre hileras. INTA. Argentina. 25 p.

VEGA, S. 2017. Distanciamientos de siembra y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) híbrido amarillo duro Dekalb 7088 en condiciones edafoclimáticas de Cholón- Marañón - 2016. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco. Huánuco-Perú. Recuperado el 9 de noviembre 2020, de:

http://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/UNHEVAL/2058/TAG_Vega_Santiesteban_Litman.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VILLAR, V. 1995. Manejo y conducción del cultivo de Maíz, Santa Fé Bogotá – Colombia. ET. Vol 2. *Zea mays* L. in GBIF Secretariat (2017). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. Recuperado el: 17 de marzo del 2018, de: <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org.

WALLACE, J. 1970. Las deficiencias minerales de las plantas: Su diagnóstico a través de los síntomas visuales. Ariel. España. 169p.

WARRINGTON, I.J. AND KANEMASU, E.T. 1983. Corn Growth Response to Temperature and Photoperiod. I. Seedling Emergence, Tassel Initiation and Anthesis. *Agronomy Journal*, 75, 749-754.

ZHANG, X. K.; F. S. ZHANG; P. LU AND X. LI. 1994. The uptake and distribution of Fe, Mn, Cu and Zn applied to maize leaves in different forms. *Acta Agriculturae- Universitatis - Pekinensis*. 1994, 20: 2, 213-217.

ZIRENA, J y DE LA PEÑA, E. 1977. Fertilidad de los suelos. Universidad Nacional de Cajamarca- Perú. 172 p. (PDF) Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. Recuperado el 18 de agosto 2019, de: https://www.researchgate.net/publication/260417221_Densidad_de_siembra_y_crecimiento_de_maices_forrajeros.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Rendimiento comercial (kg/ha)

D1: 70,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	7614.1	7351.9	8443.0	7534.8	7736.0	100.0%
NPK	7958.1	7955.7	7742.0	8174.2	7957.5	102.9%
NPK + Ca	8946.5	9385.8	8271.6	8480.1	8771.0	113.4%
NPK + Ca + Micro	9224.1	8981.0	9048.0	8503.5	8939.1	115.6%
					8350.9	

D2: 90,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	7571.2	9138.2	9049.7	7689.2	8362.0	100.0%
NPK	10776.8	10823.8	8897.3	7584.9	9520.7	113.9%
NPK + Ca	10012.6	10351.5	10191.7	9447.3	10000.8	119.6%
NPK + Ca + Micro	9691.3	11803.4	8939.7	9428.0	9965.6	119.2%
					9462.3	

D3: 110,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	5996.6	7291.3	8176.3	8252.7	7429.2	100.0%
NPK	7400.0	10134.0	6039.6	9877.7	8362.8	112.6%
NPK + Ca	9568.2	8990.2	7576.1	8908.1	8760.6	117.9%
NPK + Ca + Micro	8793.3	8207.9	9140.2	8489.4	8657.7	116.5%
					8302.6	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	7736.0	8362.0	7429.2	7842.4	100.0%
T1	7957.5	9520.7	8362.8	8613.7	109.8%
T2	8771.0	10000.8	8760.6	9177.5	117.0%
T3	8939.1	9965.6	8657.7	9187.5	117.2%
Promedio	8350.9	9462.3	8302.6	8705.3	
Δ %	100.0%	113.3%	99.4%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	4110155.08	3	1370051.69	1.04	0.4383	n.s
Densidad (D)	13772683.75	2	6886341.88	5.25	0.048	*
Error A	7866800.85	6	1311133.47	1.58	0.1901	
Nivel Nutricional (N)	14500798.04	3	4833599.35	5.84	0.0033	**
NN*DD	1158842.13	6	193140.35	0.23	0.9619	n.s
Error B	22347517.64	27	827685.84			
TOTAL	63756797.49	47				

Coef. Var. : 10.45% Media: 8705.3 kg/Ha R2: 0.65

Anexo 2: Rendimiento total (kg/Ha)

D1: 70,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	6744.5	7670.5	8788.7	7865.8	7767.4	100.0%
NPK	8166.9	8158.1	7947.7	8382.4	8163.8	105.1%
NPK + Ca	9166.5	9583.7	8466.8	8690.8	8976.9	115.6%
NPK + Ca + Micro	9431.5	9146.0	9236.3	8704.4	9129.6	117.5%
					8509.4	

D2: 90,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	7821.2	9609.5	9358.7	7993.9	8695.8	100.0%
NPK	11000.9	11042.2	9107.9	7770.9	9730.5	111.9%
NPK + Ca	10224.7	10576.6	10415.3	9650.7	10216.8	117.5%
NPK + Ca + Micro	9903.0	12054.4	9138.4	9631.8	10181.9	117.1%
					9706.2	

D3: 110,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	6169.6	7502.1	8400.5	8470.4	7635.6	100.0%
NPK	7509.6	10250.8	6146.3	9994.7	8475.3	111.0%
NPK + Ca	9690.9	9107.7	7688.3	9021.5	8877.1	116.3%
NPK + Ca + Micro	8904.3	8319.0	9252.6	8598.9	8768.7	114.8%
					8439.2	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	7767.4	8695.8	7635.6	8032.9	100.0%
T1	8163.8	9730.5	8475.3	8789.9	109.4%
T2	8976.9	10216.8	8877.1	9357.0	116.5%
T3	9129.6	10181.9	8768.7	9360.1	116.5%
Promedio	8509.4	9706.2	8439.2	8885.0	
Δ %	100.0%	114.1%	99.2%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	4589003.24	3	1529667.75	1.14	0.4048	n.s
Densidad (D)	16228246.92	2	8114123.46	6.06	0.0362	*
Error A	8027444.95	6	1337907.49	1.50	0.2157	
Nivel Nutricional (N)	14201480.60	3	4733826.87	5.31	0.0052	**
NN*DD	714711.94	6	119118.66	0.13	0.9908	n.s
Error B	24075161.58	27	891672.65			
TOTAL	67836049.24	47				

Coef. Var. : 10.63% Media: 8885.0 kg/Ha R2: 0.65

Anexo 3: Número de plantas/m²

D1: 70,000 Plantas/Ha.							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	6.72	7.02	7.02	7.02	6.95	100.0%	
NPK	7.02	7.02	7.02	7.02	6.95	100.0%	
NPK + Ca	7.02	7.02	7.02	6.72	6.95	100.0%	
NPK + Ca + Micro	6.72	7.02	7.02	6.72	6.87	98.9%	
					6.93		

D2: 90,000 Plantas/Ha.							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	9.39	9.09	9.09	9.09	9.17	100.0%	
NPK	9.09	9.09	9.39	8.79	9.09	99.2%	
NPK + Ca	9.39	9.39	9.09	9.09	9.24	100.8%	
NPK + Ca + Micro	9.09	9.09	8.48	8.79	8.86	96.7%	
					9.09		

D3: 110,000 Plantas/Ha.							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	11.11	10.81	11.11	11.41	11.11	100.0%	
NPK	11.11	10.81	10.81	11.11	10.96	98.6%	
NPK + Ca	11.11	10.81	10.81	11.11	10.96	98.6%	
NPK + Ca + Micro	11.41	11.11	11.11	10.81	11.11	100.0%	
					11.04		

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %	
Testigo	6.9	9.2	11.1	9.1	100.0%	
NPK	6.9	9.1	11.0	9.0	99.2%	
NPK + Ca	6.9	9.2	11.0	9.0	99.7%	
NPK + Ca + Micro	6.9	8.9	11.1	8.9	98.6%	
Promedio	6.9	9.1	11.0	9.0		
Δ %	100.0%	131.2%	159.3%			

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	0.13	3	0.04	0.65	0.6092	n.s
Densidad (D)	135.18	2	67.59	1048.22	<0.0001	**
Error A	0.39	6	0.06	1.91	0.1156	
Nivel Nutricional (N)	0.11	3	0.04	1.11	0.3639	n.s
NN*DD	0.31	6	0.05	1.55	0.1996	n.s
Error B	0.91	27	0.03			
TOTAL	137.03	47				

Coef. Var. : 2.04% Media: 9 plantas/m² R²: 0.99

Anexo 4: Número de mazorcas/planta

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	1.05	0.87	0.91	1.04	0.97	100.0%
NPK	1.00	0.87	0.95	0.91	0.93	96.5%
NPK + Ca	1.09	1.04	1.04	0.91	1.02	105.5%
NPK + Ca + Micro	1.18	1.00	1.13	1.14	1.11	114.9%
					1.01	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	0.84	0.86	0.83	0.77	0.82	100.0%
NPK	0.90	1.00	0.77	0.93	0.90	109.3%
NPK + Ca	0.90	0.90	0.90	0.80	0.88	106.3%
NPK + Ca + Micro	0.87	0.87	0.96	0.93	0.91	110.0%
					0.88	

D3: 110,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	0.68	0.72	0.73	0.79	0.73	100.0%
NPK	0.68	0.67	0.56	0.68	0.64	88.2%
NPK + Ca	0.81	0.72	0.58	0.70	0.70	96.6%
NPK + Ca + Micro	0.71	0.78	0.76	0.72	0.74	101.9%
					0.71	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	0.97	0.82	0.73	0.84	100.0%
T1	0.93	0.90	0.64	0.83	98.3%
T2	1.02	0.88	0.70	0.87	103.2%
T3	1.11	0.91	0.74	0.92	109.6%
Promedio	1.01	0.88	0.71	0.86	
Δ %	100.0%	87.0%	69.9%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	0.02	3	0.01	0.78	0.5470	n.s
Densidad (D)	0.74	2	0.37	55.76	0.0001	**
Error A	0.04	6	0.01	1.66	0.1705	
Nivel Nutricional (N)	0.06	3	0.02	5.18	0.0059	**
NN*DD	0.05	6	1.00E-02	0.55	0.0895	n.s
Error B	0.11	27	4.00E-03			
TOTAL	1.01	47				

Coef. Var. : 7.31% Media: 0.86 maz/planta R2: 0.81

Anexo 5: Peso promedio mazorca (gramos)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	142.15	183.70	183.33	151.38	165.1	100.0%
NPK	168.13	197.96	182.29	188.38	184.2	111.5%
NPK + Ca	162.54	190.03	174.63	201.56	182.2	110.3%
NPK + Ca + Micro	167.21	219.08	177.05	167.50	182.7	110.6%
					178.6	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	184.18	161.99	182.60	161.67	172.6	100.0%
NPK	192.59	184.58	168.92	141.00	171.8	99.5%
NPK + Ca	178.85	169.86	173.09	202.15	181.0	104.9%
NPK + Ca + Micro	181.27	191.18	168.74	178.22	179.9	104.2%
					176.3	

D3: 110,000 Plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	153.02	146.85	149.13	139.65	147.2	100.0%
NPK	151.24	206.31	156.91	192.41	176.7	120.1%
NPK + Ca	147.05	166.28	179.94	170.89	166.0	112.8%
NPK + Ca + Micro	166.08	143.46	164.85	168.60	160.7	109.2%
					162.7	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	165.1	172.6	147.2	161.6	100.0%
T1	184.2	171.8	176.7	177.6	109.9%
T2	182.2	181.0	166.0	176.4	109.1%
T3	182.7	179.9	160.7	174.4	107.9%
Promedio	178.6	176.3	162.7	172.5	
Δ %	100.0%	98.7%	91.1%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	924.45	3	308.15	0.91	0.4902	n.s
Densidad (D)	2090.27	2	1045.14	3.08	0.1198	n.s
Error A	2032.80	6	338.80	1.28	0.3006	
Nivel Nutricional (N)	1519.55	3	506.52	1.91	0.1518	n.s
NN*DD	1092.38	6	182.06	0.69	0.6622	n.s
Error B	7161.17	27	265.23			
TOTAL	14820.63	47				

Coef. Var. : 9.32% Media: 174.8 gr R2: 0.52

Anexo 6: Porcentaje de desgrane (%)

D1: 70,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	82.71	84.19	82.44	83.43	83.19	100.0%
NPK	84.41	84.54	83.44	84.13	84.13	101.1%
NPK + Ca	83.75	83.77	84.26	83.94	83.93	100.9%
NPK + Ca + Micro	85.84	86.91	83.31	84.10	85.04	102.2%
					84.07	

D2: 90,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	79.53	80.71	83.86	86.53	82.66	100.0%
NPK	83.87	85.07	83.33	82.89	83.79	101.4%
NPK + Ca	83.98	81.58	83.82	86.08	83.87	101.5%
NPK + Ca + Micro	83.03	86.84	83.14	83.81	84.20	101.9%
					83.6	

D3: 110,000 kg/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	80.74	81.10	83.52	83.09	82.11	100.0%
NPK	83.16	83.41	83.32	83.77	83.41	101.6%
NPK + Ca	87.60	84.43	83.06	84.19	84.82	103.3%
NPK + Ca + Micro	82.65	83.90	82.73	84.40	83.42	101.6%
					83.4	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	83.2	82.7	82.1	82.7	100.0%
T1	84.1	83.8	83.4	83.8	101.4%
T2	83.9	83.9	84.8	84.2	101.9%
T3	85.0	84.2	83.4	84.2	101.9%
Promedio	84.1	83.6	83.4	83.7	
Δ %	100.0%	99.5%	99.2%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	5.57	3	1.86	1.08	0.4275	n.s
Densidad (D)	3.36	2	1.68	0.97	0.4299	n.s
Error A	10.35	6	1.72	0.70	0.6553	
Nivel Nutricional (N)	19.51	3	6.50	2.62	0.071	*
NN*DD	7.52	6	1.25	0.51	0.7987	n.s
Error B	66.96	27	2.48			
TOTAL	113.27	47				

Coef. Var. : 1.88% Media: 83.7% R2: 0.42

Anexo 7: Peso de 100 semillas (g)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	18.95	26.65	21.55	24.45	22.9	100.0%
NPK	26.2	25.25	26.2	26.85	26.1	114.1%
NPK + Ca	22.85	30.6	28.45	25.2	26.8	116.9%
NPK + Ca + Micro	28.25	34.2	26.85	28.7	29.5	128.8%
					26.3	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	26.35	24.7	25.6	24.9	25.4	100.0%
NPK	29.45	25.8	24.25	23.55	25.8	101.5%
NPK + Ca	26.3	27.1	25.25	26.05	26.2	103.1%
NPK + Ca + Micro	26.8	25.6	26.35	27.55	26.6	104.7%
					26.0	

D3: 110,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	24.1	27.3	24	25.1	25.1	100.0%
NPK	26	30.5	24.8	22.35	25.9	103.1%
NPK + Ca	28.2	26.95	23.45	25.25	26.0	103.3%
NPK + Ca + Micro	25.3	26.15	25.9	26.7	26.0	103.5%
					25.8	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	22.9	25.4	25.1	24.5	100.0%
T1	26.1	25.8	25.9	25.9	106.0%
T2	26.8	26.2	26.0	26.3	107.5%
T3	29.5	26.6	26.0	27.4	111.8%
Promedio	26.3	26.0	25.8	26.0	
Δ %	100.0%	98.7%	97.8%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	39.99	3	13.33	2.58	0.0112	*
Densidad (D)	2.66	2	1.33	0.17	0.85	n.s
Error A	47.79	6	7.96	2.24	0.0700	
Nivel Nutricional (N)	51.49	3	17.16	4.82	0.0082	*
NN*DD	42.01	6	7.00	1.97	0.1059	n.s
Error B	96.11	27	3.56			
TOTAL	280.04	47				

Coef. Var. : 7.25% Media: 26 gr R2: 0.66

Anexo 8: Longitud de mazorca (cm)

D1: 70,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	15.1	16.1	15.7	15.1	15.5	100%
NPK	15.3	17.8	16.3	15.3	16.1	104%
NPK + Ca	16.4	16.8	15.2	16.6	16.3	105%
NPK + Ca + Micro	18.0	18.9	15.5	16.0	17.1	110%
					16.2	

D2: 90,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	15.0	14.4	14.8	15.4	14.9	100%
NPK	16.2	16.0	15.2	14.9	15.6	104%
NPK + Ca	17.8	16.3	16.6	16.3	16.8	112%
NPK + Ca + Micro	15.9	17.6	15.3	17.5	16.6	111%
					16.0	

D3: 110,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	13.8	13.7	16.4	13.6	14.4	100%
NPK	14.8	16.5	15.7	14.8	15.5	107%
NPK + Ca	15.8	17.5	14.6	15.5	15.9	110%
NPK + Ca + Micro	17.0	16.1	16.2	15.3	16.1	112%
					15.5	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	15.5	14.9	14.4	14.9	100.0%
T1	16.1	15.6	15.5	15.7	105.3%
T2	16.3	16.8	15.9	16.3	109.1%
T3	17.1	16.6	16.1	16.6	111.2%
Promedio	16.2	16.0	15.5	15.9	
Δ %	100.0%	98.2%	95.1%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	6.56	3	2.19	2.44	0.1625	n.s
Densidad (D)	5.21	2	2.61	2.91	0.131	n.s
Error A	5.38	6	0.9	1.06	0.4116	
Nivel Nutricional (N)	19.52	3	6.51	7.67	0.0007	**
NN*DD	1.96	6	0.33	0.39	0.8818	n.s
Error B	22.90	27	0.85			
TOTAL	61.53	47				

Coef. Var. : 5.80% Media: 15.9 cm R2: 0.63

Anexo 9: Diámetro de mazorca (cm)

D1: 70,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	4.74	5.04	4.81	4.62	4.80	100.0%
NPK	4.79	4.92	4.86	4.97	4.88	101.7%
NPK + Ca	4.83	5.20	4.80	4.69	4.88	101.6%
NPK + Ca + Micro	4.85	5.42	4.88	5.14	5.07	105.6%
					4.91	

D2: 90,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	4.73	4.62	4.73	4.71	4.70	100.0%
NPK	5.04	5.20	4.92	4.73	4.97	105.8%
NPK + Ca	4.70	4.95	4.98	6.48	5.28	112.3%
NPK + Ca + Micro	4.70	4.98	4.61	4.93	4.80	102.2%
					4.94	

D3: 110,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	4.37	5.00	4.99	4.77	4.78	100.0%
NPK	4.83	5.11	4.80	4.58	4.83	101.0%
NPK + Ca	5.05	5.02	4.64	4.87	4.90	102.4%
NPK + Ca + Micro	4.86	4.70	4.93	5.08	4.89	102.3%
					4.85	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	4.80	4.70	4.78	4.76	100.0%
T1	4.88	4.97	4.83	4.89	102.8%
T2	4.88	5.28	4.90	5.02	105.4%
T3	5.07	4.80	4.89	4.92	103.4%
Promedio	4.91	4.94	4.85	4.90	
Δ %	100.0%	100.6%	98.8%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	0.41	3	0.14	1.96	0.2216	n.s
Densidad (D)	0.06	2	0.03	0.47	0.6471	n.s
Error A	0.42	6	0.07	0.77	0.6004	
Nivel Nutricional (N)	0.40	3	0.13	1.50	0.2369	n.s
NN*DD	0.56	6	0.09	1.03	0.4272	n.s
Error B	2.43	27	0.09			
TOTAL	4.28	47				

Coef. Var. : 6.12% Media: 4.9 cm R2: 0.43

Anexo 10: Área foliar (cm²/planta)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	11661.3	10104.5	9491.5	6699.2	9489.13	100.0%
NPK	9861.9	10635.5	11166.1	8804.3	10116.96	106.6%
NPK + Ca	10635.5	11722.3	12572.9	8742.9	10918.39	115.1%
NPK + Ca + Micro	10591.9	11068.8	10896.3	8317.7	10218.68	107.7%
					10185.79	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	7408.0	8355.7	6800.0	6991.4	7388.77	100.0%
NPK	8492.3	9630.8	8898.5	7826.5	8712.00	117.9%
NPK + Ca	8686.8	7880.6	10730.5	8041.2	8834.77	119.6%
NPK + Ca + Micro	8738.5	8160.6	10160.0	8501.2	8890.08	120.3%
					8456.40	

D3: 110,000 Plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	6226.0	6600.3	8749.2	7257.1	7208.17	100.0%
NPK	7201.2	7350.5	7822.2	7686.0	7514.98	104.3%
NPK + Ca	8430.5	6895.9	7974.6	7329.2	7657.54	106.2%
NPK + Ca + Micro	8152.2	7060.3	9885.7	9685.1	8695.83	120.6%
					7769.13	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	9489.1	7388.8	7208.2	8028.7	100.0%
T1	10117.0	8712.0	7515.0	8781.3	109.4%
T2	10918.4	8834.8	7657.5	9136.9	113.8%
T3	10218.7	8890.1	8695.8	9268.2	115.4%
Promedio	10185.8	8456.4	7769.1	8803.8	
Δ %	100.0%	83.0%	76.3%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	15487033.81	3	5162344.60	1.89	0.2317	n.s
Densidad (D)	49618745.79	2	24809372.90	9.10	0.0152	*
Error A	16356128.28	6	2726021.38	3.94	0.0059	
Nivel Nutricional (N)	11134919.02	3	3711639.67	5.37	0.0050	**
NN*DD	4124353.76	6	687392.29	0.99	0.4490	n.s
Error B	18664687.72	27	691284.73			
TOTAL	115385868.39	47				

Coef. Var. : 9.44% Media: 8803.8 cm²/planta R²: 0.84

Anexo 11: Altura de planta (cm)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	181.0	208.0	192.0	200.0	195.3	100.0%
NPK	191.5	203.5	206.8	202.0	201.0	102.9%
NPK + Ca	206.0	211.0	223.0	224.0	216.0	110.6%
NPK + Ca + Micro	195.5	198.0	199.0	226.0	204.6	104.8%
					204.2	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	198.0	205.0	204.0	203.0	202.5	100.0%
NPK	214.0	197.5	215.0	211.0	209.4	103.4%
NPK + Ca	201.4	205.5	202.5	211.0	205.1	101.3%
NPK + Ca + Micro	198.0	206.0	208.0	210.5	205.6	101.5%
					205.6	

D3: 110,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	200.0	206.5	211.0	216.0	208.4	100.0%
NPK	197.8	208.0	213.0	217.0	209.0	100.3%
NPK + Ca	211.0	219.0	206.6	205.0	210.4	101.0%
NPK + Ca + Micro	211.0	209.5	213.0	220.0	213.4	102.4%
					210.3	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
Testigo	195.3	202.5	208.4	202.0	100.0%
NPK	201.0	209.4	209.0	206.4	102.2%
NPK + Ca	216.0	205.1	210.4	210.5	104.2%
NPK + Ca + Micro	204.6	205.6	213.4	207.9	102.9%
Promedio	204.2	205.7	210.3	206.7	
Δ %	100.0%	100.7%	103.0%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	840.30	3	280.10	7.45	0.019	*
Densidad (D)	321.63	2	160.81	4.28	0.047	*
Error A	225.48	6	37.58	0.84	0.5532	
Nivel Nutricional (N)	451.15	3	150.38	3.34	0.0338	*
NN*DD	625.56	6	104.26	2.32	0.0619	n.s
Error B	1214.30	27	280.10			
TOTAL	3678.42	47				

Coef. Var. : 3.24% Media: 206.7 cm R2: 0.67

Anexo 12: Altura de mazorca principal (cm)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	74.0	88.0	85.0	88.0	83.8	100.0%
NPK	80.0	80.0	79.0	90.0	82.3	98.2%
NPK + Ca	88.0	84.5	83.0	99.0	88.6	105.8%
NPK + Ca + Micro	84.0	91.5	80.0	87.0	85.6	102.2%
					85.1	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	70.0	71.0	79.0	75.0	73.8	100.0%
NPK	88.0	93.0	93.5	93.0	91.9	124.6%
NPK + Ca	92.0	88.0	95.0	94.0	92.3	125.1%
NPK + Ca + Micro	86.0	85.0	85.0	81.5	84.4	114.4%
					85.6	

D3: 110,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	88.5	90.0	81.0	85.0	86.1	100.0%
NPK	85.6	86.0	91.0	95.5	89.5	104.0%
NPK + Ca	90.0	97.0	92.0	85.0	91.0	105.7%
NPK + Ca + Micro	91.5	94.5	89.5	95.0	92.6	107.5%
					89.8	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	83.8	73.8	86.1	81.2	100.0%
T1	82.3	91.9	89.5	87.9	108.2%
T2	88.6	92.3	91.0	90.6	111.6%
T3	85.6	84.4	92.6	87.5	107.8%
Promedio	85.1	85.6	89.8	86.8	
Δ %	100.0%	100.6%	105.6%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	116.20	3	38.73	1.19	0.3900	n.s
Densidad (D)	218.60	2	109.30	3.36	0.1051	n.s
Error A	195.30	6	32.55	1.96	0.1074	
Nivel Nutricional (N)	571.44	3	190.48	11.46	0.0001	**
NN*DD	513.18	6	85.53	5.15	0.0012	**
Error B	448.83	27	16.62			
TOTAL	2077.77	47				

Coef. Var. : 4.7% Media: 86.8 cm R2: 0.78

Anexo 13: Número de hojas/planta

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	15	15	15	14	14.8	100.0%
NPK	15	14	14	14	14.3	96.6%
NPK + Ca	13	14	14	15	14.0	94.9%
NPK + Ca + Micro	14	16	16	14	15.0	101.7%
					14.5	
D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	14	14	14	13	13.8	100.0%
NPK	13	14	14	14	13.8	100.0%
NPK + Ca	14	14	16	13	14.3	103.6%
NPK + Ca + Micro	13	14	15	13	13.8	100.0%
					13.9	
D3: 110,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	13	14	14	15	14.0	100.0%
NPK	12	14	14	13	13.3	94.6%
NPK + Ca	15	14	14	13	14.0	100.0%
NPK + Ca + Micro	13	14	15	15	14.3	101.8%
					13.9	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	14.8	13.8	14.0	14.2	100.0%
T1	14.3	13.8	13.3	13.8	97.1%
T2	14.0	14.3	14.0	14.1	99.4%
T3	15.0	13.8	14.3	14.3	101.2%
Promedio	14.5	13.9	13.9	14.1	
Δ %	100.0%	95.7%	95.7%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	6.17	3	2.06	5.29	0.0403	*
Densidad (D)	4.17	2	2.08	5.36	0.0463	*
Error A	2.33	6	0.39	0.60	0.7278	
Nivel Nutricional (N)	2.17	3	0.72	1.11	0.3606	n.s
NN*DD	3.33	6	0.56	0.86	0.5383	n.s
Error B	17.50	27	0.65			
TOTAL	35.67	47				

Coef. Var. : 5.72% Media: 14.1 cm R2: 0.51

Anexo 14: Diámetro de tallo (cm)

D1: 70,000 plantas/Ha							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	2.64	2.50	2.56	2.50	2.55	100.0%	
NPK	2.87	2.72	2.63	2.75	2.74	107.5%	
NPK + Ca	2.86	2.87	2.79	2.85	2.84	111.5%	
NPK + Ca + Micro	2.85	2.98	2.94	2.87	2.91	114.1%	
					2.76		

D2: 90,000 plantas/Ha							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	2.30	2.20	2.27	2.22	2.25	100.0%	
NPK	2.41	2.43	2.38	2.36	2.40	106.6%	
NPK + Ca	2.60	2.54	2.50	2.58	2.56	113.7%	
NPK + Ca + Micro	2.60	2.65	2.66	2.67	2.65	117.7%	
					2.46		

D3: 110,000 plantas/Ha							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	2.09	1.87	2.00	1.92	1.97	100.0%	
NPK	2.14	2.11	2.12	2.08	2.11	107.3%	
NPK + Ca	2.26	2.24	2.24	2.30	2.26	106.9%	
NPK + Ca + Micro	2.17	2.20	2.22	2.17	2.19	111.1%	
					2.13		

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	2.55	2.25	1.97	2.26	100.0%
T1	2.74	2.40	2.11	2.42	107.1%
T2	2.84	2.56	2.26	2.55	113.2%
T3	2.91	2.65	2.19	2.58	114.4%
Promedio	2.76	2.46	2.13	2.45	
Δ %	100.0%	89.1%	77.2%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	0.02	3	0.01	3.75	0.0791	n.s
Densidad (D)	3.16	2	1.58	1160.77	<0.0001	**
Error A	0.01	6	0.00	0.43	0.8541	
Nivel Nutricional (N)	0.80	3	0.27	83.75	<0.0001	**
NN*DD	0.05	6	0.01	2.68	0.0361	*
Error B	0.09	27	3.20E-03			
TOTAL	4.12	47				

Coef. Var. : 2.30% Media: 2.45 cm R2: 0.98

Anexo 15: Materia seca total (gramos/planta)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	224.43	300.26	219.51	226.36	242.64	100.0%
NPK	263.31	290.76	256.82	299.65	277.64	114.4%
NPK + Ca	273.35	323.40	308.04	263.94	292.18	120.4%
NPK + Ca + Micro	315.69	368.31	283.42	323.98	322.85	133.1%
					283.83	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	211.92	250.71	211.33	267.64	235.40	100.0%
NPK	278.76	287.55	253.15	233.57	263.26	111.8%
NPK + Ca	260.50	272.64	259.83	319.62	278.15	118.2%
NPK + Ca + Micro	263.29	328.86	264.43	305.58	290.54	123.4%
					266.84	

D3: 110,000 Plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	192.77	202.67	254.97	253.66	226.02	100.0%
NPK	232.82	250.59	244.58	230.93	239.73	106.1%
NPK + Ca	299.45	290.59	235.38	233.19	264.65	117.1%
NPK + Ca + Micro	225.63	248.00	275.14	266.88	253.91	112.3%
					246.08	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
Testigo	242.6	235.4	226.0	234.7	100.0%
NPK	277.6	263.3	239.7	260.2	110.9%
NPK + Ca	292.2	278.1	264.7	278.3	118.6%
NPK + Ca + Micro	322.9	290.5	253.9	289.1	123.2%
Promedio	283.8	266.8	246.1	265.6	
Δ %	100.0%	94.0%	86.7%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	7389.32	3	2463.11	2.93	0.1216	n.s
Densidad (D)	11437.60	2	5718.80	6.80	0.0287	*
Error A	5044.13	6	840.69	1.27	0.3017	
Nivel Nutricional (N)	20388.50	3	6796.17	10.31	0.0001	**
NN*DD	3080.65	6	513.44	0.78	0.5938	n.s
Error B	17803.98	27	659.41			
TOTAL	65144.17	47				

Coef. Var. : 9.67% Media: 265.6 gr R2: 0.73

Anexo 16: Materia seca de mazorca (gramos/planta)

D1: 70,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	122.9	173.6	116.2	132.2	136.2	100.0%
NPK	165.5	189.3	138.3	172.1	166.3	122.1%
NPK + Ca	157.5	204.6	182.1	155.4	174.9	128.4%
NPK + Ca + Micro	193.5	236.1	159.7	196.6	196.4	144.2%
					168.4	

D2: 90,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	125.1	145.7	132.3	176.0	144.8	100.0%
NPK	177.4	180.9	140.4	140.6	159.8	110.4%
NPK + Ca	150.5	168.6	146.8	220.3	171.5	118.5%
NPK + Ca + Micro	164.4	224.9	142.4	176.0	176.9	122.2%
					163.2	

D3: 110,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	118.9	151.1	150.8	161.4	145.5	100.0%
NPK	154.1	174.5	146.3	137.7	153.1	105.2%
NPK + Ca	203.6	201.65	139.6	160	176.2	121.1%
NPK + Ca + Micro	156.8	158.1	162.1	162.2	159.8	109.8%
					158.7	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	136.2	144.8	145.5	142.2	100.0%
T1	166.3	159.8	153.1	159.7	112.4%
T2	174.9	171.5	176.2	174.2	122.5%
T3	196.4	176.9	159.8	177.7	125.0%
Promedio	168.4	163.2	158.7	163.5	
Δ %	100.0%	96.9%	94.2%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	9085.48	3	3028.49	7.50	0.0187	*
Densidad (D)	768.84	2	384.42	0.95	0.4375	n.s
Error A	2423.59	6	403.93	0.97	0.4657	
Nivel Nutricional (N)	9431.06	3	3143.69	7.53	0.0008	**
NN*DD	2531.52	6	421.92	1.01	0.4393	n.s
Error B	11274.55	27	417.58			
TOTAL	35515.05	47				

Coef. Var. : 12.5% Media: 163.5 gr R2: 0.68

Anexo 17: Materia seca de hojas (gramos/planta)

D1: 70,000 Plantas/Ha.							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	43.5	38.9	35.6	32.7	37.7	100.0	
NPK	34.5	41.8	37.6	39.7	38.4	101.9	
NPK + Ca	38.1	36.3	45.5	37.4	39.3	104.4	
NPK + Ca + Micro	39.8	45.3	38.4	37.2	40.2	106.6	
					38.9		

D2: 90,000 Plantas/Ha.							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	26.1	34.3	26.1	29.9	29.1	100.0	
NPK	33.6	37.6	36.0	31.0	34.6	118.8	
NPK + Ca	35.2	32.7	41.6	30.1	34.9	120.0	
NPK + Ca + Micro	34.0	32.4	41.4	33.7	35.4	121.6	
					33.5		

D3: 110,000 Plantas/Ha.							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	23.4	14.2	35.4	29.7	25.7	100.0	
NPK	28.0	21.8	29.2	28.5	26.9	104.8	
NPK + Ca	30.7	28.4	32.2	22.8	28.5	111.1	
NPK + Ca + Micro	22.7	28.4	40.5	38.7	32.6	126.9	
					28.4		

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	37.7	29.1	25.7	30.8	100.0%
T1	38.4	34.6	26.9	33.3	108.0%
T2	39.3	34.9	28.5	34.3	111.2%
T3	40.2	35.4	32.6	36.0	117.0%
Promedio	38.9	33.5	28.4	33.6	
Δ %	100.0%	86.1%	73.1%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	147.70	3	49.23	1.33	0.3496	n.s
Densidad (D)	878.13	2	439.07	11.86	0.0082	**
Error A	222.20	6	37.03	1.79	0.1382	
Nivel Nutricional (N)	170.97	3	56.99	2.76	0.0616	n.s
NN*DD	55.81	6	9.30	0.45	0.8382	n.s
Error B	557.62	27	20.65			
TOTAL	2032.43	47				

Coef. Var. : 13.53% Media: 33.6 gr R2: 0.73

Anexo 18: Materia seca de tallo (gramos/planta)

D1: 70,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	36.0	72.6	45.7	39.8	48.5	100.0
NPK	41.3	39.2	59.0	63.4	50.7	104.5
NPK + Ca	52.7	58.5	56.5	52.1	54.9	113.2
NPK + Ca + Micro	58.5	63.8	60.7	63.9	61.7	127.2
					54.0	

D2: 90,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	40.6	53.2	34.1	39.9	41.9	100.0
NPK	46.1	46.7	58.2	38.7	47.4	113.1
NPK + Ca	49.3	49.1	52.2	48.0	49.7	118.4
NPK + Ca + Micro	44.1	44.0	57.4	68.7	53.5	127.6
					48.1	

D3: 110,000 Plantas/Ha.						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	34.0	17.1	51.1	42.3	36.1	100.0
NPK	28.1	35.1	48.8	43.8	38.9	107.9
NPK + Ca	41.7	39.6	41.4	30.2	38.2	105.9
NPK + Ca + Micro	27.0	41.1	49.4	45.4	40.7	112.8
					38.5	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	48.5	41.9	36.1	42.2	100.0%
T1	50.7	47.4	38.9	45.7	108.3%
T2	54.9	49.7	38.2	47.6	112.9%
T3	61.7	53.5	40.7	52.0	123.2%
Promedio	54.0	48.1	38.5	46.9	
Δ %	100.0%	89.2%	71.3%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	573.30	3	191.10	3.11	0.1102	n.s
Densidad (D)	1954.31	2	977.16	15.89	0.004	**
Error A	368.88	6	61.48	0.68	0.6704	
Nivel Nutricional (N)	600.48	3	200.16	2.20	0.1112	n.s
NN*DD	129.61	6	21.60	0.24	0.9603	n.s
Error B	2457.11	27	91.00			
TOTAL	6083.68	47				

Coef. Var. : 20.35% Media: 47.1 gr R2: 0.60

Anexo 19: Materia seca de panoja (gramos/planta)

D1: 70,000 Plantas/Ha							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	4.5	2.6	3.4	5.1	3.9	100.0%	
NPK	6.1	3.1	5.2	3.4	3.9	100.0%	
NPK + Ca	5.2	4.5	5.6	3.2	4.6	118.6%	
NPK + Ca + Micro	4.5	5.4	5.6	6.2	5.4	139.1%	
					4.5		

D2: 90,000 Plantas/Ha							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	3.4	4.2	4.5	5.3	4.4	100.0%	
NPK	2.1	5.4	6.0	3.6	4.3	98.3%	
NPK + Ca	4.3	6.2	3.7	4.1	4.6	105.2%	
NPK + Ca + Micro	3.2	4.5	5.7	4.6	4.5	103.4%	
					4.4		

D3: 110,000 Plantas/Ha							
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %	
Testigo	3.4	2.1	2.3	4.6	3.1	100.0%	
NPK	4.3	4.7	3.1	2.9	3.8	121.0%	
NPK + Ca	4.7	4.4	5.2	3.8	4.5	146.0%	
NPK + Ca + Micro	3.4	3.2	4.4	3.2	3.6	114.5%	
					3.7		

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	3.9	4.4	3.1	3.8	100.0%
T1	3.9	4.3	3.8	4.0	105.1%
T2	4.6	4.6	4.5	4.6	120.9%
T3	5.4	4.5	3.6	4.5	118.7%
Promedio	4.5	4.4	3.7	4.2	
Δ %	100.0%	99.2%	83.6%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	1.57	3	0.52	0.30	0.8274	n.s
Densidad (D)	6.76	2	3.38	1.92	0.2274	n.s
Error A	10.58	6	1.76	1.64	0.1755	
Nivel Nutricional (N)	4.68	3	1.56	1.45	0.2506	n.s
NN*DD	4.56	6	0.76	0.71	0.6474	n.s
Error B	29.09	27	1.08			
TOTAL	57.24	47				

Coef. Var. : 24.41% Media: 4.2 gr R2: 0.49

Anexo 20: Materia seca de panca (gramos/planta)

D1: 70,000 plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	17.5	12.7	18.6	16.6	16.3	100.0%
NPK	16.0	17.4	16.7	21.2	17.8	108.9%
NPK + Ca	19.8	19.5	18.4	15.9	18.4	112.6%
NPK + Ca + Micro	19.4	17.8	19.2	20.2	19.1	117.1%
					17.9	

D2: 90,000 Plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	16.8	13.3	14.4	16.6	15.3	100.0%
NPK	19.6	17.0	12.5	19.7	17.2	112.7%
NPK + Ca	21.3	16.0	15.5	17.2	17.5	114.5%
NPK + Ca + Micro	17.6	23.1	17.6	22.6	20.2	132.4%
					17.5	

D3: 110,000 Plantas/Ha						
Niveles	I	II	III	IV	Promedio	Δ %
Testigo	13.1	18.3	15.5	15.7	15.6	100.0%
NPK	18.4	14.5	17.3	18.0	17.0	108.8%
NPK + Ca	18.8	16.6	17.0	16.4	17.2	109.9%
NPK + Ca + Micro	15.8	17.3	18.7	17.5	17.3	110.6%
					16.8	

Niveles/Densidades	D1	D2	D3	Promedio	Δ %
T	16.3	15.3	15.6	15.7	100.0%
T1	17.8	17.2	17.0	17.3	110.1%
T2	18.4	17.5	17.2	17.7	112.3%
T3	19.1	20.2	17.3	18.9	119.9%
Promedio	17.9	17.5	16.8	17.4	
Δ %	100.0%	97.9%	93.7%		

ANÁLISIS DE VARIANZA

Fuente de Variación	SC	GL	CM	F	P	Sig
Bloque	15.66	3	5.22	0.95	0.4742	n.s
Densidad (D)	10.48	2	5.24	0.95	0.4372	n.s
Error A	32.99	6	5.50	1.22	0.3271	
Nivel Nutricional (N)	60.40	3	20.13	4.47	0.0114	*
NN*DD	13.57	6	2.26	0.50	0.8015	n.s
Error B	121.75	27	4.51			
TOTAL	254.84	47				

Coef. Var. : 12.18% Media: 17.4 gr R2: 0.52