

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**“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, 2015”.**

TESIS

Presentada por:

Bach. José Antonio Tejada Jimenez

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

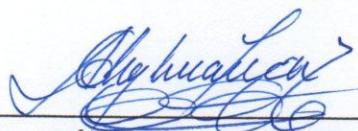
Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

**“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, 2015”**

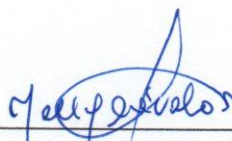
TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 16 DE DICIEMBRE DEL 2015,
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



MSc. ARÍSTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

SECRETARIO:



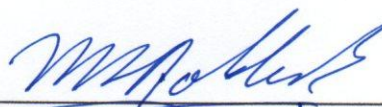
Dra. NELLY ARÉVALO SOLSOL

VOCAL:



Mgr. VIRGILIO SIMÓN VILDOSO GONZALES

ASESOR:



MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

DEDICATORIA

A mis Padres Hermógenes José y Amanda, por guiar mis pasos y brindarme el apoyo para culminar mis estudios y la realización del presente trabajo de tesis.

A mis profesores, compañeros de la universidad y a todos quienes me prestaron su ayuda incondicional en la preparación de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida y permitirme cumplir con mis propósitos en esta vida.

Mi especial agradecimiento a mi asesor MSc. Magno Robles Tello, por su orientación a encaminar esta investigación.

A mis jurados; MSc. Arístides Choquehuanca Tintaya, Dra. Nelly Arévalo Solsol, MSc. Virgilio Vildoso Gonzales, por sus recomendaciones.

A mis compañeros de estudio y amigos, por permitirme compartir experiencias y vivencias durante los cinco años de formación profesional.

Gracias a mis padres y hermanos por apoyarme incondicionalmente en la realización de mi investigación y estar a mi lado cuando más los necesite.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| RESUMEN | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO: EL PROBLEMA | 3 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2 Formulación del problema | 4 |
| 1.3 Justificación del problema | 4 |
| 1.4 Delimitación de la investigación | 4 |
| 1.5 Limitaciones | 5 |
| 1.6 Objetivos | 5 |
| CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 6 |
| 2.1 Antecedentes | 6 |
| 2.2 Densidad en el cultivo del maíz | 7 |
| 2.2.1 Densidad de siembra | 7 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.2.2 | Elección de la densidad de siembra | 7 |
| 2.2.3 | El ambiente y la elección de la densidad óptima | 8 |
| 2.2.4 | Densidad y rendimiento | 9 |
| 2.3 | Aspectos generales del cultivo | 10 |
| 2.3.1 | Origen e importancia del maíz | 10 |
| 2.3.2 | Descripción Botánica | 11 |
| 2.3.3 | Fases fenológicas de la planta | 12 |
| 2.3.4 | Manejo del cultivo | 13 |
| 2.3.5 | Requerimientos Edafoclimáticos | 18 |
| CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES | | 20 |
| 3.1 | Hipótesis General | 20 |
| 3.2 | Sistema de variables | 20 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | | 22 |
| 4.1 | Tipo de investigación | 22 |
| 4.2 | Materiales y Métodos | 22 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.2.1 | Material experimental | 22 |
| 4.2.2 | Características del suelo | 23 |
| 4.2.3 | Datos meteorológicos | 25 |
| 4.2.4 | Tratamientos de estudio | 26 |
| 4.2.5 | VARIABLES DE RESPUESTA | 27 |
| 4.2.6 | Diseño experimental | 28 |
| 4.2.7 | Características del campo experimental | 28 |
| 4.2.8 | Análisis estadístico | 29 |
| 4.2.9 | Conducción del campo experimental | 29 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 32 |
| 5.1 | Altura de planta | 32 |
| 5.2 | Área foliar | 33 |
| 5.3 | Longitud de mazorca | 34 |
| 5.4 | Diámetro de mazorca | 37 |
| 5.5 | Peso de mazorca | 38 |
| 5.6 | Peso de grano de mazorca | 41 |

| | | |
|-----|-----------------------------------|-----------|
| 5.7 | Número de mazorcas por hectárea | 44 |
| 5.8 | Rendimiento de grano por hectárea | 47 |
| | CONCLUSIONES | 51 |
| | RECOMENDACIONES | 52 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 53 |
| | ANEXOS | 58 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Cuadro 1. Análisis físico químico del suelo | 23 |
| Cuadro 2. Datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo febrero-julio 2015. | 25 |
| Cuadro 3. Análisis de varianza de altura de planta | 32 |
| Cuadro 4. Análisis de varianza de área foliar. | 33 |
| Cuadro 5. Análisis de varianza de longitud de mazorca. | 34 |
| Cuadro 6. Análisis de varianza de regresión de longitud de mazorca | 35 |
| Cuadro 7. Análisis de varianza de diámetro de mazorca. | 37 |
| Cuadro 8. Análisis de varianza de peso de mazorca. | 38 |
| Cuadro 9. Análisis de varianza de regresión de peso de mazorca. | 39 |
| Cuadro 10. Análisis de varianza de peso de grano por mazorca. | 41 |

| | | |
|------------|---|----|
| Cuadro 11. | Análisis de varianza de regresión de peso de grano por mazorca. | 42 |
| Cuadro 12. | Análisis de varianza de número de mazorcas por hectárea. | 44 |
| Cuadro 13. | Análisis de varianza de regresión de número de mazorcas por hectárea. | 45 |
| Cuadro 14. | Análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea | 47 |
| Cuadro 15. | Análisis de varianza de regresión de rendimiento de grano por hectárea. | 48 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1. Influencia de cinco densidades de siembra (plantas/ha) en la longitud de mazorca de maíz. | 36 |
| Figura 2. Influencia de cinco densidades de siembra (plantas/ha) en peso de mazorca. | 40 |
| Figura 3. Influencia de cinco densidades de siembra (plantas/ha) en peso de grano de mazorca de maíz. | 43 |
| Figura 4. Influencia de cinco densidades de siembra (plantas/ha) en número de mazorcas por hectárea. | 46 |
| Figura 5. Influencia de cinco densidades de siembra (plantas/ha) en rendimiento de grano de maíz por hectárea. | 49 |

RESUMEN

La presente tesis titulada “**EFEECTO 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, 2015**”, se realizó con el objetivo de determinar el efecto de cinco densidades de siembra en el rendimiento de grano de maíz variedad Opaco Malpaso en el Centro Experimental Agrícola III, Los Pichones, entre febrero a julio del 2015, bajo riego por goteo. Las densidades de siembra evaluadas fueron 100 000, 75 000, 60 000, 50 000 y 42 857 plantas/ha. El diseño experimental usado fue Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Las variables que se evaluaron fueron: altura de planta, área foliar, longitud de mazorca, diámetro de mazorca, peso de mazorca, peso de grano por mazorca, y rendimiento de grano. La densidad de siembra influyo significativamente en peso de mazorca, peso de grano por mazorca y rendimiento de grano. El mayor rendimiento de grano (3 159,21 kg/ha) se obtuvo con la densidad de 64 644 plantas/ha, el mayor número de mazorcas/ha (59 153) se logró con la densidad de 72 337 plantas/ha.

Palabras clave: Densidad, Influencia, Rendimiento.

ABSTRACT

This thesis entitled "EFFECT ON PLANTING DENSITIES PERFORMANCE maize (Zea mays L.) VARIETY IN THE CENTER MATT MALPASO AGRICULTURAL EXPERIMENTAL III, PIGEONS - TACNA, 2015," was conducted to determine the effect five planting densities on grain yield of maize variety Opaque Malpaso in the Agricultural Experimental Center III, the Pigeons, from February to July 2015, under drip irrigation. Planting densities evaluated were 100 000, 75 000, 60 000, 50 000 and 42 857 plants / ha. The experimental design was randomized complete design with four replications blocks. The variables evaluated were: plant height, leaf area, ear length, ear diameter, ear weight, grain weight per ear, and grain yield. Planting density significantly influenced by weight of cob, grain weight per ear and grain yield. The highest grain yield (3 159.21 kg / ha) was obtained with the density of 64,644 plants / ha, the largest number of ears / ha (59 153) was achieved with the density of 72,337 plants / ha.

Keywords: Density, Influence, Performance.

INTRODUCCIÓN

El maíz, es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial, debido que tiene un amplio rango de adaptación y múltiples usos en la alimentación e industria (Manrique, 1997). La FAO estima, para el año 2050 se necesitarán más de 1 000 millones de toneladas de maíz superando en importancia al Trigo y arroz.

En el Perú, se tiene alrededor de 515 000 hectáreas distribuidas en costa, sierra y selva (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012). Los rendimientos del maíz amarillo duro a nivel nacional es de 6 t/ha a 7 t/ha. Sin embargo se tiene un potencial hasta 15 t/ha (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2015). El rendimiento del maíz variedad Opaco Malpaso es de 10 t/ha (Manrique, 1997).

La variedad Opaco Malpaso se encuentra difundido en la Región de Tacna por sus características de buena adaptación a suelos y aguas de mala calidad, el mismo que es utilizado para la producción de grano y forraje.

Esta variedad de maíz tiene la ventaja, sobre los maíces comunes, de presentar en el endospermo del grano un alto contenido de los aminoácidos lisina, triptófano, metionina y cistina, superando los 8 mg/100 g de proteína y la zeína (proteína no útil para el organismo humano y animal) reducida a la mitad del total de la proteína del maíz normal (Manrique, 1997).

Uno de los problemas que se tiene en la estación de invierno es la falta de grano de maíz, generándose demanda e incremento de precios.

Dentro del manejo agronómico del maíz, el uso de densidades de siembra, se vislumbra como una alternativa para incrementar los rendimientos del maíz, optimizando los recursos suelo y agua, permitiendo un mejor aprovechamiento de la radiación fotosintéticamente activa.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En la Región de Tacna se cultivaron 2 876 hectáreas de maíz. Los rendimientos de maíz amiláceo y maíz amarillo duro alcanzaron 2 890 y 2 917 kg/ha respectivamente. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2012).

Surge la posición cómo se puede incrementar los rendimientos, maximizando los recursos en el cultivo de esta variedad, entonces se opta por incrementar el número de plantas por hectárea con la finalidad de obtener mayores rendimientos de grano.

En Tacna no existe estudios referidos al manejo de densidades de siembra en el cultivo de maíz, por tanto cabe la necesidad de estudiar el uso de densidades de siembra en el cultivo del maíz en la variedad Opaco Malpaso, por ser esta una variedad adaptada a la zona con aguas y suelos de mala calidad.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál será la adecuada densidad de siembra, para lograr incrementar el rendimiento en el cultivo de maíz variedad Opaco Malpaso?

1.3 Justificación del problema

El cultivo de maíz en la Región de Tacna corresponde mayormente a la variedad Opaco Malpaso, su explotación se produce mayormente en localidades que son regadas con aguas de mala calidad.

Uno de los problemas que se tiene en la temporada de invierno es la falta de grano de maíz, generándose incremento de precio, por lo tanto una solución sería sembrar en la temporada de verano para contar con grano en invierno y forraje seco para esta época del año.

Sin perder de vista el uso de densidades de siembra en este cultivo, se parte de la premisa que al incrementar el número de plantas por unidad de superficie también se incrementa los rendimientos, el mismo que conlleva a un incremento en la retribución económica del agricultor.

1.4 Delimitación de la investigación

La presente investigación se realizó del 02 de febrero al 31 de julio del 2015, en el Centro Experimental Agrícola III, “Los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, cuyas coordenadas geográficas son:

Latitud : 18°1'29"S
Longitud : 70°14'54"W
Altitud : 560 msnm.

1.5 Limitaciones:

- a) Escasa disponibilidad de semilla genética, básica, certificada y autorizada en la zona.
- b) Escasez de recursos hídricos por ausencia de lluvias.
- c) Existe escasa bibliografía de la zona en el cultivo de maíz.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general:

- Determinar el efecto de cinco densidades de siembra en el rendimiento de grano de maíz variedad Opaco Malpaso, en el Centro Experimental Agrícola III, Los Pichones, 2015.

1.6.2 Objetivo específico:

- Determinar la densidad de siembra más adecuado en el rendimiento de grano de maíz variedad Opaco Malpaso.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Antecedentes

Se usaron densidades de siembra que fluctuaron entre las 37 000 hasta las 74 000 plantas por hectárea, variando sólo el distanciamiento entre golpes de tres plantas, desde 90 cm, 75 cm, 60 cm, hasta 45 cm, con una distancia uniforme de 90 cm entre surcos.

Con el aumento de la densidad, al acortar la distancia entre golpes, se disminuyó el tamaño promedio de mazorca sin disminuir la cosecha total por hectárea compensada por el aumento del número de plantas. Con poblaciones mayores de 55 555 plantas/ha, manteniendo los surcos a 90 cm de distancia, se disminuye la capacidad de la planta de producir más de una mazorca, aumentando el número de plantas con mazorcas vanas (Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz, 2004).

En la investigación de fertilización orgánica y densidades de siembra de maíz en los valles del sur de Potosí de Bolivia en el periodo agrícola de 1994/1995, muestra que la aplicación de materia orgánica a razón de 10 t/ha a 15 t/ha aumentó significativamente el rendimiento en

grano aunque para el rendimiento en chala fueron necesarios niveles más elevados de materia orgánica. Con relación a la respuesta a los niveles poblacionales mostraron ser favorables las densidades comprendidas entre las 75 000 a 100 000 plantas /ha (Gallo y Rivera, 1995).

En Estados Unidos de Norteamérica, se cultiva el maíz bajo riego con densidades de siembra entre 50 000 y 60 000 plantas/ha (Aldrich y Leng, 1974).

2.2 Densidad en el cultivo del maíz

2.2.1 Densidad de Siembra

Se llama densidad de siembra a la medida que establece la cantidad de plantas que fueron sembradas por unidad de área determinada. Usualmente la densidad de siembra se mide con el número de plantas sembradas en una hectárea, es decir, en 10 000 m² (Alfárez, 2009).

2.2.2 Elección de la densidad de siembra

La densidad de siembra depende de la variedad, de la disponibilidad de agua, de la fertilidad y características del suelo (Sánchez, 2011).

Los cultivares precoces de menor porte de planta (hasta 2,2 m) pueden sembrarse a densidades altas de 80 000 plantas/ha, los cultivares

de porte medio (hasta 2,5 m) de periodo vegetativo medio, se siembran a densidad intermedia de 70 000 plantas/ha; mientras que los cultivares de porte alto (mayor de 2,5 m) y tardíos, se siembran a densidades bajas de 60 000 plantas/ha (Manrique, 1997).

En suelos fértiles, la densidad puede ser mayor que en suelos de baja fertilidad. En suelos sueltos, ligeros o arenosos, la distancia entre surcos será menor y con siembras más profundas que en suelos pesados. En suelos arenosos, los surcos serán de menor longitud que en suelos pesados, lo que determina menor pérdida de agua, pero será necesario mayor número de riegos. (Aldrich y Leng, 1974).

En cuanto al número de plantas por golpe, en la siembra manual se aconseja la siembra de 5 granos por golpe, para posteriormente dejar de 2 a 3 plantas por golpe y los distanciamientos pueden variar de 0,70 m a 1 m de distancia entre surcos y 0,50 m a 0,70 m entre golpes (Vilca, 2010).

2.2.3 El ambiente y la elección de la densidad óptima

Una densidad óptima permite un mejor aprovechamiento del sol, del agua, de los nutrientes de suelo y mejor competencia con las malezas (Manrique y Otros, 1992).

El ambiente y el manejo modifican la densidad óptima en maíz. Cuando los recursos para el crecimiento se tornan limitantes, se reduce la capacidad de las plantas para crecer durante la floración y aumenta el riesgo de aborto de granos. Dicho riesgo debe ser prevenido sembrando una menor densidad que permita mejorar la disponibilidad de recursos para cada planta (Boletín Técnico Pioneer, 2001).

2.2.4 Densidad y rendimiento

El rendimiento del maíz presenta una respuesta a la densidad de tipo óptimo: 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).

El rendimiento en grano, por su parte no depende solo de la capacidad de crecimiento del cultivo sino también de la fracción de ese crecimiento que termina alojada en los granos. El rendimiento en maíz es particularmente sensible a las variaciones en la población de plantas. El componente del rendimiento más afectado por la densidad es el número de granos que alcanzan la madurez. Este número se asocia con la capacidad de crecimiento de la planta durante la floración, cuando se

determina la disponibilidad de asimilados para los granos en formación en ese periodo crítico para su supervivencia. A medida que el crecimiento por planta disminuye por incrementos en la densidad, la caída en el número de granos fijados en la planta se hace abrupta. Ello responde al relegamiento en la asignación de asimilados dentro de la planta que sufre la espiga, debido a mecanismos de dominancia apical (Aldrich y Leng, 1974).

2.3 Aspectos generales del cultivo

2.3.1 Origen e Importancia del Maíz.

El maíz es un cereal originario de América, cuya importancia en la alimentación humana ha permitido el desarrollo de las culturas Chavín, Nazca, Paracas, Chimú, inca, maya y azteca.

Este grano actualmente se encuentra cultivado en todas las latitudes y altitudes del mundo, desde el nivel del mar hasta los 4 800 msnm a orillas del Lago Titicaca; constituyéndose como uno de los tres cereales más importantes, que el hombre utiliza para su alimentación o de los animales, ya sea en forma directa como: mote, cancha, chupe, sango, sopas, choclos o chala; o transformado en harina precocida para elaboración de tortillas, fideos o concentrados. En los países industrializados, tanto la planta como el grano, constituyen una fuente de

materias primas de primer orden, desarrollando industrias celulósicas, carameleras, cosméticas, refrescantes, alcohólicas, harineras, almidoneras, aceiteras, hidrocarburos, y carburantes (Manrique, 1997).

2.3.2 Descripción Botánica

Esta planta es una gramínea monoica anual, se caracteriza principalmente por presentar el sistema radicular fibroso, cuya mayor área radicular es superficial y está localizada alrededor de unos 30 cm de profundidad; el tallo, constituido por un eje vertical, sólido, alargado y cilíndrico-cónico de longitud variable (2,5 m en promedio), terminando en un penacho que constituye la inflorescencia masculina o panoja, también presenta nudos y entrenudos, siendo más cortos en la base y más largos a medida que se alejan de ella (Gonzales, 1994).

En la parte superior de los nudos nacen las hojas, las cuales son envainadoras y están formadas por vainas que cubren completamente al entrenudo y un gran limbo en forma lanceolada, con nervaduras paralelas. En las axilas de las hojas se encuentran las yemas axilares, logrando desarrollarse solo una, dos o tres, localizadas en la parte media del tallo; dando origen a la inflorescencia femenina, conocida como mazorca, la cual está formada por un eje central grueso denominado coronta donde se asientan las flores femeninas y constituye la porción más importante de

la planta, puesto que en ella se van a desarrollar los frutos o carióspsides que forman los granos.

Los granos están recubiertos por la cutícula y el pericarpio que forman una envoltura delgada y seca de origen maternal, cuyo color varía entre blanco y amarillo. En el interior del pericarpio se encuentra el embrión y el endospermo. Siendo este último el almacén de reservas de carbohidratos, proteínas, vitaminas, etc. Recubriendo el embrión se encuentra el escutelum, tejido rico en compuestos grasos (Manrique, 1997).

2.3.3 Fases fenológicas de la planta

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2006), establece en su Manual de observaciones fenológicas, el ciclo vegetativo del maíz, de siembra a cosecha, donde considera las fases fenológicas siguientes:

- Emergencia: Aparición de las plantitas por encima de la superficie del suelo.
- Aparición de hojas: Comienza desde que aparecen las dos primeras hojas, debiéndose anotar como fase “dos hojas, y así sucesivamente de acuerdo al número de hojas que vayan saliendo hasta el inicio de la fase panoja.

- Panoja: Se observa salir la panoja de la hoja superior de la planta, sin ninguna operación manual que separen las hojas que la rodean.
- Espiga: Salida de los pelos estigmáticos, se produce a los ocho o diez días después de la aparición de la panoja.
- Maduración Lechosa: Se ha formado la mazorca; y los granos al ser presionados presentan un líquido lechoso.
- Maduración Pastosa: Los granos de la parte central de la mazorca adquieren el color típico del grano maduro. Los granos, al ser presionados, presentan una consistencia pastosa.
- Maduración Córnea: Los granos de maíz están duros. La mayoría de las hojas se han vuelto amarillas o se han secado.

2.3.4 Manejo de Cultivo

Siembra

La siembra manual es la que predomina en áreas pequeñas y se realiza a lampa. Se coloca la semilla en golpes distanciados en el surco según la variedad. Se entierra a una profundidad de dos a tres veces su tamaño de la semilla (Boutherin y Bron, 1994).

Desahíje o raleo

El maíz Opaco Malpaso es una variedad que tiene la característica de macollar constantemente, siendo esto una característica indeseable, por esta razón se debe desmacollar periódicamente a fin de asegurar plantas vigorosas y que produzcan mazorcas y semillas de buena calidad (Robles, 1995).

El desahíje se realiza cuando las plantas tienen entre 20 cm a 30 cm de altura y de preferencia cuando el suelo está húmedo para facilitar la extracción (Boletín Técnico del Centro de Biodiversidad y Desarrollo, 2005).

Aporque

Esta labor permite dar mayor base de sustentación a las plantas, propiciando la formación de raíces adventicias e incrementa la capacidad de absorción de elementos nutritivos (Robles, 1995).

El aporque debe efectuarse cuando las plantas de maíz han alcanzado una altura de más o menos 50 cm; procurando realizar el aporque no muy profundo porque a esta edad el sistema radicular de la planta está localizado superficialmente (Manrique, 1997).

Control de Malezas

El deshierbo es fundamental, especialmente en los primeros estados fenológicos de un cultivo para reducir la competencia por sustancias nutritivas, agua y luz (Mamani, 2002).

Aporte Nutricional

La materia orgánica es un constituyente y un indicador de la calidad del suelo y de su productividad, la misma que tiene incidencia sobre propiedades físicas, químicas, biológicas y da lugar a múltiples interrelaciones (Porta y Otros, 2003).

Santos en su trabajo “Efecto del fraccionamiento en cuatro niveles de nitrógeno en la producción de maíz” llevado a cabo en la irrigación de Majes-Arequipa en 1991, recomienda fraccionar el nitrógeno en dos partes, aplicando el nivel 200 unidades de N/ha (Ticona, 2006).

El fósforo favorece la división celular, crecimiento, formación, floración, fructificación, formación de semillas, maduración de las cosechas y desarrollo de las raíces, particularmente, siendo un síntoma de deficiencia; un color púrpura en plantas jóvenes y se refleja en bajos rendimientos (Aldrich y Leng, 1974).

El Potasio generalmente no es deficitario en los suelos, pero si en alguno lo fuese se debe aplicar de 50 kg a 150 kg/ha (Martínez, 2008).

Se recomienda fraccionar la fertilización en el cultivo de maíz, que consiste en aplicar el nitrógeno en dos momentos, a la siembra y al aporque, el fósforo y el potasio solo a la siembra (Manrique, 1997).

Riegos

En general, el número de riegos y la frecuencia de los mismos dependen del tipo de suelo y de las condiciones ambientales. En suelos arenosos poco retentivos la frecuencia de riegos será mayor, mientras que en suelos de textura franca y moderadamente fina, la retentividad es mayor, por lo tanto, los riegos serán más espaciados. Una guía para determinar la aplicación de un riego es la observación directa del suelo y cuando se observan las hojas caídas (Boletín Técnico del Centro de Biodiversidad y Desarrollo, 2005).

Control Fitosanitario

Las plagas están influenciadas por las condiciones climáticas, con sus variaciones diarias y estacionales de temperatura, humedad, lluvia, viento, insolación y fotoperiodismo, por tanto se debe mantener el

equilibrio ecológico de las plagas y sus controladores biológicos (Cisneros, 1995).

Sarmiento y Otros (1992), mencionan que las principales plagas que atacan al cultivo del maíz son:

- Gusanos de tierra (*Spodoptera sp.*, *Feltia experta*, *Prodenia eridania*, *Agrotis ípsilon*, *Copitarsia turbata*)
- Cogollero (*Spodoptera frugiperda*)
- Peregrinus (*Peregrinus maidis* Asmed)
- Mazorquero (*Heliothis zea*)

El Boletín Técnico del Centro de Biodiversidad y Desarrollo (2005), menciona que las principales enfermedades que atacan al cultivo de maíz son:

- Pudrición de raíz (*Diplodia*, *Gibberella*, *Pythium*, *Rhizoctonia bataticola*, *Sclerotium*, *Erwinia disolvens*)
- Helminthosporiasis (*Helminthosporium turcicum*)
- Carbón del maíz (*Ustilago maydis*)

Cosecha

La cosecha se determina cuando las hojas de la planta muestran un amarillamiento intenso, seguido de un secamiento paulatino de las hojas inferiores a las superiores.

La madurez fisiológica del maíz se encuentra cuando el grano ha acumulado el máximo de materia seca y se encuentra de 35 % a 40 % de humedad. En este estado el grano presenta un aspecto ceroso y el endospermo completamente duro y entre la base del grano y el pedicelo aparece la mancha negra.

El secado de las mazorcas es por acción directa del sol. Cuando el grano de maíz ha alcanzado entre 10 % y 14 % de humedad es desgranado a mano, o guardado en mazorcas en los graneros, para su posterior comercialización (Manrique, 1997).

2.3.5 Requerimientos Edafoclimáticos

Suelo

El maíz, se adapta muy bien a todo tipo de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son los que mejor se adaptan. También requieren suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje para no producir

encharques que originen asfixia radicular (Boletín Técnico del Centro de Biodiversidad y Desarrollo, 2005).

Tiene pocas exigencias en suelo respectivo a pH aceptando suelos que van desde un 5,5 a 7,5 y es tolerante a la salinidad (Junta de extremadora consejería de agricultura y comercio, 1992).

Clima

La temperatura es el factor primordial. Para la germinación, su óptimo varía de 20°C a 25°C, pero puede darse desde los 15°C. La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo está entre 13°C a 30°C. Temperaturas mayores a 35°C inhibe la viabilidad del polen, a 40°C se inhibe el crecimiento y a 42 °C ocurre la muerte del embrión (Aldrich y Leng, 1974).

El Punto crítico o temperatura mínima de crecimiento para el maíz es 7°C (Torres, 1995).

La Humedad Relativa ideal es de 60 % a 80 %. La alta humedad satura de agua al grano de polen y provoca su muerte (Manrique, 1997).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis General

- Existe alguna densidad de siembra que influye en el mayor rendimiento de maíz grano variedad Opaco Malpaso.

3.2 Sistema de variables

3.2.1 Variable Independiente: Densidad de siembra

- T1 = 100 000 plantas por hectárea.
- T2 = 75 000 plantas por hectárea.
- T3 = 60 000 plantas por hectárea.
- T4 = 50 000 plantas por hectárea.
- T5 = 42 857 plantas por hectárea.

3.2.2 Variable Dependiente:

- Altura de planta
- Área Foliar
- Longitud de mazorca

- Diámetro de mazorca
- Peso de mazorca
- Peso de grano por mazorca
- Número de mazorcas por hectárea
- Rendimiento de grano por hectárea

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental.

4.2 Materiales y métodos

4.2.1. Material experimental

El material de estudio correspondió a semilla común de maíz variedad Opaco Malpaso, la misma que se caracteriza por presentar plantas vigorosas y altas con alto grado de pilosidad en el tallo y hojas. Macollan entre uno y dos hijuelos con igual vigor que el tallo principal. Resistente a enfermedades de hoja y virus. Su período vegetativo es de 5 a 6 meses, florea a los 100 días, las mazorcas son cónicas con 12 a 14 hileras regulares. Los granos blancos semiduros. Es cultivado principalmente como choclo y forraje. Además el grano se usa para harina. Se adapta muy bien en Costa y Sierra, hasta altitudes de 2 400 msnm (Manrique, 1997).

4.2.2 Características del suelo

Cuadro 1. Análisis Físico – Químico del suelo

| Análisis Físicos | Resultados |
|-------------------------|-------------------|
| Arena | 72,96 % |
| Arcilla | 3,50% |
| Limo | 23,54 % |
| Clase textural | Arena Franca |

| Análisis Químicos | Resultados |
|--------------------------|-------------------|
| CO ₃ Ca | 0,00 |
| pH | 4,99 |
| C.E. | 2,51 mS/cm |
| Materia orgánica | 0,13 % |
| Nitrógeno | 0,04 % |
| Fósforo | 3,07 ppm |
| Potasio | 88,00 ppm |

Fuente: Laboratorio de aguas y suelos de la Universidad del Altiplano Puno (2014).

Según el cuadro 1, el análisis físico- químico del suelo indica:

Es un suelo de clase textural arena franca, suelo que permite un buen drenaje y una buena aireación (Aldrich y Leng, 1974).

El pH del suelo es de 4,99 siendo fuertemente ácido y este valor tiene gran influencia en la baja fertilidad de los suelos, limitándose el crecimiento y rendimiento de los cultivos, por presentarse una alta concentración de iones tóxicos como el aluminio y una disminución en la absorción de fósforo, calcio y magnesio (Rojas, 1998).

La conductividad eléctrica del suelo es 2,51 mS/cm lo que indica que el suelo presenta una ligera salinidad y puede permitir una reducción en la capacidad de producción hasta 25 %. El maíz puede tolerar hasta 8 mS/cm (Porta y Otros, 2003).

Asimismo el contenido de fósforo disponible fue bajo llegando a 3,07 ppm, con respecto al contenido de potasio fue de 88 ppm siendo bajo, el contenido de nitrógeno de 0,03 % es considerado muy bajo (Manrique y Otros).

En lo relacionado al contenido de materia orgánica fue de 0,13% considerándose muy pobre (Calderón, 1987).

4.2.3 Datos meteorológicos

**Cuadro 2. Datos meteorológicos durante el desarrollo del cultivo.
Febrero a Julio 2015.**

| Meses | Temperatura máxima media (°C) | Temperatura mínima media (°C) | Humedad relativa (%) | Precipitación (mm) | Heliofanía (h/s) | Dirección y velocidad del viento (m/s) |
|---------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|------------------|--|
| Febrero | 28,60 | 18,80 | 70,00 | 0,90 | 171,20 | SW-3 |
| Marzo | 28,70 | 18,50 | 71,00 | 1,80 | 216,80 | SW-3 |
| Abril | 25,90 | 16,60 | 76,00 | 0,00 | 200,80 | SW-2 |
| Mayo | 22,70 | 15,00 | 82,00 | 3,70 | 165,50 | SW-2 |
| Junio | 21,00 | 12,70 | 82,00 | 0,00 | 154,60 | SW-2 |
| Julio | 19,70 | 11,40 | 84,00 | 3,08 | 59,70 | SW-2 |

Fuente: SENAMHI – Tacna, Estación Meteorológica Principal Jorge Basadre Grohmann (2015).

Según el cuadro 2, muestra los datos meteorológicos registrados durante el período de ejecución del experimento (febrero a julio del 2015), donde indica que la temperatura máxima mensual se registró en el mes de marzo con 28,70 °C, la temperatura mínima mensual se registró en el mes de julio con 11,40 °C, la humedad relativa osciló entre 70 % a 80 % y la Heliofanía tuvo una duración de 59,7 a 216,8 horas sol en los meses de julio y marzo respectivamente.

En las siembras de verano, el máximo crecimiento y la floración se alcanzan, aproximadamente, en solo dos tercios del tiempo requerido para el invierno.

El maíz sembrado en verano con temperaturas de 20°C a 35°C, se acelera la germinación y el coleóptilo emerge entre 8 a 6 días, mientras que la floración se presenta entre los 70 a 80 días (Manrique, 1997).

El crecimiento se inicia con temperaturas mayores a 10°C, y éste se hace constante a 29°C (Manrique, 1997).

4.2.4 Tratamientos de estudio

- T1=100 000 plantas por hectárea (1 m x 0,3 m con 3 plantas/golpe).
- T2 = 75 000 planta por hectárea (1 m x 0,4 m con 3 plantas/golpe).
- T3 = 60 000 plantas por hectárea (1 m x 0,5 m con 3 plantas/golpe).
- T4 = 50 000 plantas por hectárea (1 m x 0,6 m con 3 plantas/golpe).
- T5 = 42 857 plantas por hectárea (1 m x 0,7 m con 3 plantas/golpe).

4.2.5 Variables de Respuesta

Altura de planta.- La altura de la planta se midió desde la base del tallo hasta el ápice terminal en la fase de floración masculina. Se evaluó a 10 plantas elegidas al azar en cada unidad experimental.

Área Foliar.- El área foliar se determinó usando una balanza y relacionando el peso de 1 cm² de cada hoja con el peso total de cada hoja, obteniéndose los cm² de cada hoja y se multiplicó por el número total de hojas de cada planta, estimándose el área foliar en m². Se evaluó a 10 plantas en la fase de floración masculina.

Longitud de mazorca.-La longitud de mazorca se realizó midiendo desde el ápice hasta la base de la misma de 10 mazorcas con un vernier por cada unidad experimental.

Diámetro de mazorca.- El diámetro de la mazorca se realizó midiendo la parte media de 10 mazorcas con un vernier por cada unidad experimental.

Peso de mazorca.- El peso de la mazorca se evaluó pesando 10 mazorcas con una balanza de precisión en gramos por cada unidad experimental.

Peso de grano por mazorca.- El peso de grano por mazorca se

evaluó pesando el grano de 10 mazorcas con una balanza de precisión en gramos por cada unidad experimental.

Número de mazorcas por hectárea.- Al término de la cosecha se contó el número total de mazorcas por unidad experimental y se calculó por hectárea.

Rendimiento de grano por hectárea.- El rendimiento por hectárea se determinó usando una fórmula matemática y se expresa en kg/ha.

4.2.6 Diseño experimental

El diseño experimental correspondió a Diseño de Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos y cuatro repeticiones, en total 20 unidades experimentales.

4.2.7 Características del campo experimental

a) Características de la parcela experimental

- Largo : 30,00 m
- Ancho : 16,00 m
- Área : 480,00 m²

b) Características de los bloques

- Largo : 30,00 m

- Ancho : 4,00 m
- Área : 120,00 m²

c) Característica de la unidad experimental

- Largo : 6,00 m
- Ancho : 4,00 m
- Área : 24,00 m²

4.2.8 Análisis estadístico

Para el análisis de varianza, se utilizó la prueba estadística F a un nivel de significación de $\alpha = 0,05$; y para ver la relación existente entre las variables independientes con las variables dependientes, se utilizó el análisis de regresión.

4.2.9 Conducción del campo experimental

Preparación del suelo. Las labores de preparación del suelo consistieron en eliminar las malas hierbas, rastrillado, remover el suelo, nivelar el suelo e incorporar la materia orgánica de vacuno a razón de 0,5 kg/m².

Trazado de las unidades experimentales. El trazado de la parcela experimental con sus respectivas unidades experimentales se realizó con la ayuda de estacas, ralias y cinta métrica.

Siembra. La siembra se realizó el 14 de febrero de 2015, en forma manual a diferentes distanciamientos colocando 5 semillas por golpe.

Riego. Se utilizó el sistema de riego por goteo, el riego se suministró tratando de mantener la capacidad de campo del suelo.

Desahíje. Esta labor se realizó a los 30 días cuando la planta presentaba de 40 a 50 cm de altura. Se dejaron 3 plantas sanas y vigorosas por golpe.

Aporque. El aporque se realizó manualmente con la ayuda de una pala, cuando la planta alcanzó una altura de 50 a 60 centímetros.

Fertilización. La incorporación del fósforo y el potasio se realizaron por única vez al momento de la preparación del terreno y el nitrógeno se aplicó en tres momentos, cuando la planta presento 4, 8 y 12 hojas por sistema de riego presurizado. Se usó la Fórmula 180; 80 y 100 unidades de Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente.

Control fitosanitario. Se realizaron aplicaciones de pesticidas para el control de plagas y enfermedades. La plaga más recurrente fue el cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

Control de maleza. Se realizó control cultural de malezas predominantes: pata de gallina (*Eleusine indica*), cadillo ((*Cenchrus echinatus*), jaboncillo (*Cucumis dipsaceus*) y amor seco (*Bidens pilosa*).

Cosecha. La cosecha se realizó a los 140 días después de la siembra, las características que determino la madurez fueron la presencia de la mancha negra en la base del grano de maíz y el cambio de color en las hojas de la planta de maíz.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Altura de planta (m)

Cuadro 3. Análisis de varianza de altura de planta.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|------|-------|------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 0,22 | 0,07 | 5,13 | 3,49 | n.s. |
| Tratamientos | 4 | 0,07 | 0,018 | 1,22 | 3,26 | n.s. |
| Error | 12 | 0,18 | 0,015 | | | |
| Total | 19 | 0,47 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

C.V.: 5,19 %

Según el cuadro 3, el análisis de varianza para altura de planta indica que existen diferencias estadísticas entre bloques, por tanto los bloques fueron heterogéneos, mientras que los tratamientos los efectos son similares entre sí.

5.2 Área Foliar (m²)

Cuadro 4. Análisis de varianza de área foliar.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|------|-------|------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 0,03 | 0,009 | 1,93 | 3,49 | n.s. |
| Tratamientos | 4 | 0,01 | 0,004 | 0,78 | 3,26 | n.s. |
| Error | 12 | 0,05 | 0,005 | | | |
| Total | 19 | 0,09 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

C.V.:12,43 %

Según el cuadro 4, el análisis de varianza para área foliar indica no existen diferencias estadísticas entre bloques así como tratamientos, por lo cual son similares los efectos entre sí.

El coeficiente de variabilidad fue de 12,43 %, es confiable para el experimento en campo.

5.3 Longitud de mazorca (cm)

Cuadro 5. Análisis de varianza de longitud de mazorca.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|-------|------|-------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 2,43 | 0,81 | 4,15 | 3,49 | * |
| Tratamientos | 4 | 33,51 | 8,38 | 42,99 | 3,26 | ** |
| Error | 12 | 2,34 | 0,19 | | | |
| Total | 19 | 38,28 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

C.V.: 9,58 %

Según el cuadro 5, el análisis de varianza para longitud de mazorca indica que existen diferencias estadísticas entre bloques, lo cual indica que los bloques fueron heterogéneos.

Para tratamientos se halló diferencias estadísticas altamente significativas, el coeficiente de variabilidad fue de 9,58 %, es confiable para el experimento en campo.

Cuadro 6. Análisis de varianza de regresión de longitud de mazorca.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|-----------|------|-------|-------|--------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Regresión | 1 | 33,17 | 33,17 | 116,76 | 4,41 | ** |
| Error | 18 | 5,11 | 0,28 | | | |
| Total | 19 | 38,28 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

R² = 86,64 %

Según el cuadro 6, en el análisis de regresión de la longitud de mazorca, se observa que la regresión resultó estadísticamente significativa; resultado que indica que el modelo empleado permite conocer la respuesta, que fue de tipo lineal; obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = -6,33857E-05X + 18,971$$

Al derivar la ecuación precedente, se determinó, que aplicando la densidad de siembra a razón de 42 857 plantas/ha, la longitud de mazorca alcanzó un máximo de 16,17 cm.

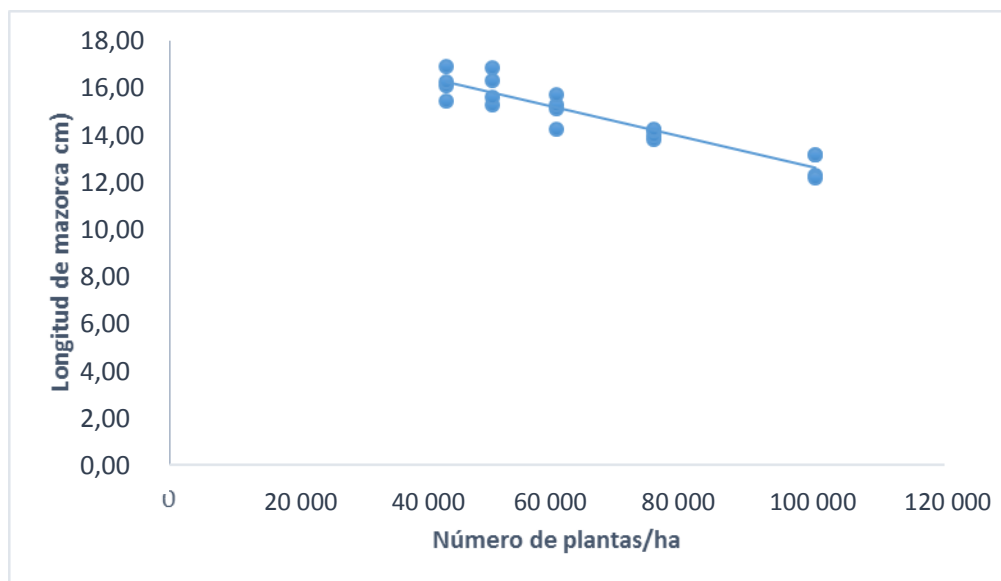


Figura 1. Influencia de cinco densidades de siembra (número de plantas/ha) en la longitud de mazorca de maíz.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1, se observa el efecto de las densidades de siembra en la variación de la longitud de mazorca de maíz, la respuesta obtenida es de tipo lineal, en consecuencia la longitud de mazorca de maíz alcanza un nivel máximo a menores densidades de siembra.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación son cercanos a los encontrados por Martínez (2008), quien trabajando en condiciones diferentes con híbridos de maíz choclero en Sama, encontró una longitud de mazorca que variaron entre 14,52 cm a 24,22 cm.

Puma (1998) en la irrigación Majes trabajo con el maíz morado cultivar canteño y obtuvo una longitud de mazorcas de 12,82 cm a 14,23 cm.

5.4 Diámetro de mazorca (cm)

Cuadro 7. Análisis de varianza de diámetro de mazorca

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|-------|------|------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 8,54 | 2,85 | 2,31 | 3,49 | n.s. |
| Tratamientos | 4 | 1,31 | 0,33 | 0,26 | 3,26 | n.s. |
| Error | 12 | 14,77 | 1,23 | | | |
| Total | 19 | 24,62 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

C.V.:14,45 %

Según el cuadro 7, el análisis de varianza para diámetro de mazorca indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques así como tratamientos, son similares los efectos entre sí.

El coeficiente de variabilidad fue de 14,45 %, es confiable para el experimento en campo.

5.5 Peso de mazorca (g)

Cuadro 8. Análisis de varianza de peso de mazorca

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|-----------|----------|-------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 6 445,51 | 2 148,50 | 8,52 | 3,49 | * |
| Tratamientos | 4 | 21 177,30 | 5 294,33 | 21,00 | 3,26 | ** |
| Error | 12 | 3 024,73 | 252,06 | | | |
| Total | 19 | 30 647,54 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

C.V.:18,73 %

Según el cuadro 8, el análisis de varianza de peso de mazorca, se puede observar que existe una diferencia estadística entre bloques, así como también una diferencia altamente significativa entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 18,73 %, es confiable para el experimento en campo.

Cuadro 9. Análisis de varianza de regresión de peso de mazorca

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|-----------|------|-----------|-----------|-------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Regresión | 1 | 21 082,97 | 21 082,97 | 39,68 | 4,41 | * |
| Error | 18 | 9 564,57 | 531,37 | | | |
| Total | 19 | 30 647,54 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

R² = 69,79 %

Según el cuadro 9, en el análisis de regresión de peso de mazorca, se observa que la regresión resultó estadísticamente significativa; resultado que indica que el modelo empleado permite conocer la respuesta, que fue de tipo lineal; obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = 0,0016X + 327,19$$

Al derivar la ecuación precedente, se determinó, que aplicando la densidad de siembra a razón de 42 857 plantas/ha, el peso de mazorca alcanzó un máximo de 258 g.

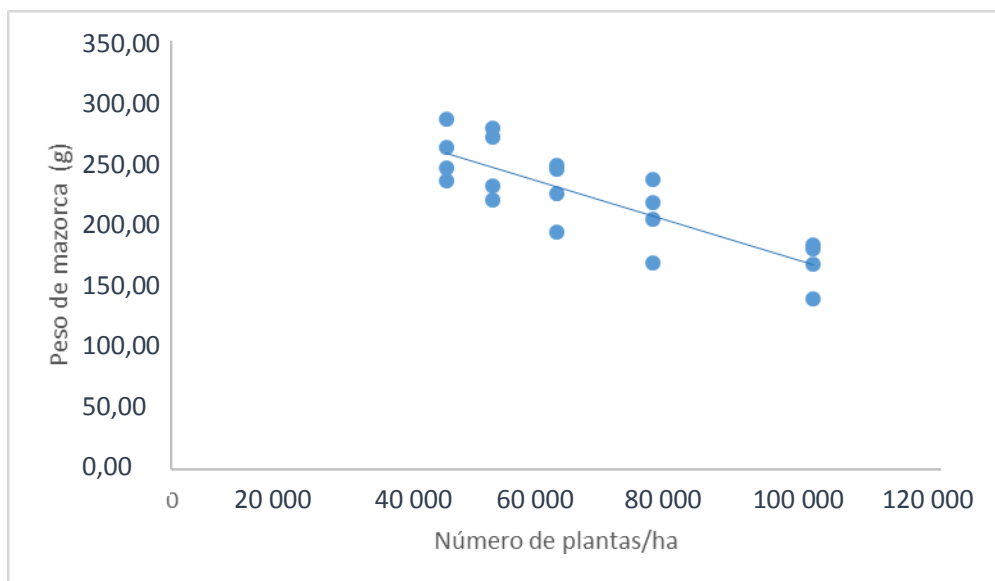


Figura 2. Influencia de cinco densidades de siembra (número de plantas/ha) en peso de mazorca de maíz.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se observa el efecto de las densidades de siembra en la variación de peso de mazorca de maíz, la respuesta obtenida es de tipo lineal, en consecuencia el peso de mazorca de maíz alcanza un nivel máximo a menores densidades de siembra.

5.6 Peso de grano por mazorca (g)

Cuadro 10. Análisis de varianza de peso de grano por mazorca

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|-----------|----------|-------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 3 190,86 | 1 063,62 | 6,95 | 3,49 | * |
| Tratamientos | 4 | 12 525,19 | 3 131,30 | 20,45 | 3,26 | ** |
| Error | 12 | 1 837,69 | 153,14 | | | |
| Total | 19 | 17 553,73 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

C.V.:16,86 %

Según el cuadro 10, el análisis de varianza para peso de grano por mazorca indica que existe una diferencia estadística entre bloques, así como también una diferencia altamente significativa entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad fue de 16,86 %, siendo confiable para el experimento en campo.

Cuadro 11. Análisis de varianza de regresión de peso de grano por mazorca

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|-----------|------|-----------|-----------|-------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Regresión | 1 | 12 491,13 | 12 491,13 | 44,41 | 4,41 | * |
| Error | 18 | 5 062,60 | 281,26 | | | |
| Total | 19 | 17 553,73 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

R² = 69,79 %

Según el cuadro 11, en el análisis de regresión de peso de mazorca, se observa que la regresión resultó estadísticamente significativa; resultado que indica que el modelo empleado permite conocer la respuesta, que fue de tipo lineal; obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = 0,0012X + 260,92$$

Al derivar la ecuación precedente, se determinó, que aplicando la densidad de siembra a razón de 42 857 plantas/ha, el peso de grano por mazorca alcanzó un máximo de 208,04 g.

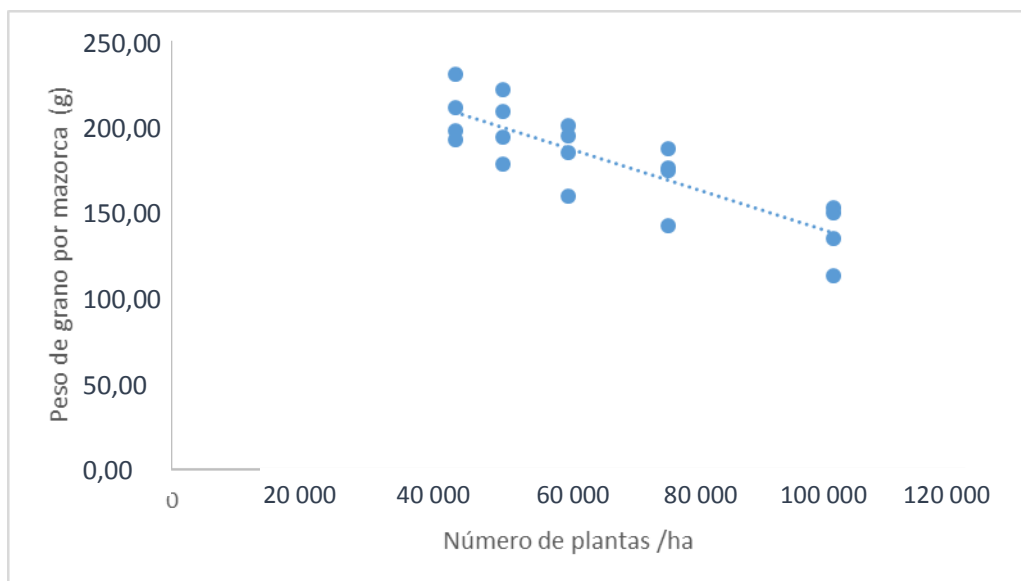


Figura 3. Influencia de cinco densidades de siembra (número de plantas/ha) en peso de grano de mazorca de maíz.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3, se observa el efecto de las densidades de siembra en la variación de peso de grano de mazorca de maíz, la respuesta obtenida es de tipo lineal, en consecuencia el peso de grano de mazorca de maíz alcanza un nivel máximo a menores densidades de siembra.

5.7 Número de mazorcas por hectárea

Cuadro 12. Análisis de varianza de número de mazorcas por hectárea.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|--------------|------|---------------|----------------|------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Bloques | 3 | 298 774 375 | 99 591 458,30 | 2,59 | 3,49 | n.s. |
| Tratamientos | 4 | 1 263 178 000 | 315 794 500,00 | 8,14 | 3,26 | * |
| Error | 12 | 461 380 000 | 38 448 333,30 | | | |
| Total | 19 | 2 023 332 375 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

C.V.: 21,27 %

En el cuadro 12 correspondiente al análisis de varianza de número de mazorcas por hectárea, señala que no existen diferencias estadísticas entre bloques, lo cual indica que los bloques fueron homogéneos.

Para tratamientos se halló diferencias estadísticas significativas, el coeficiente de variabilidad fue de 21,27 %, es confiable para el experimento en campo.

Cuadro 13. Análisis de varianza de regresión de número de mazorcas por hectárea.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α | |
|-----------|------|---------------|------------------|-------|------------|------|
| | | | | | 0,05 | Sig. |
| Regresión | 1 | 1 213 877 405 | 1 213 877 405,00 | 26,99 | 4,41 | * |
| Error | 18 | 809 454 970 | 44 969 720,50 | | | |
| Total | 19 | 2 023 332 375 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

R² = 59,99 %

Según el cuadro 13, en el análisis de regresión de número de mazorcas por hectárea, se observa que la regresión resultó estadísticamente significativa; resultado que indica que el modelo empleado permite conocer la respuesta, siendo de tipo cuadrática, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = -62452,9 + 3,362212 X - 2,32399E-05 X^2$$

Al derivar la ecuación precedente, se determinó, que aplicando la densidad de siembra a razón de 72 337 plantas/ha, el número de mazorcas/ha alcanzó un máximo de 59 153.

Asimismo se asume que la variable densidad de siembra tiene influencia del 59,99 % sobre la variable número de mazorcas de maíz variedad opaco malpaso por hectárea y lo demás se debería a otros factores relacionados al clima, suelo, agua y otros.

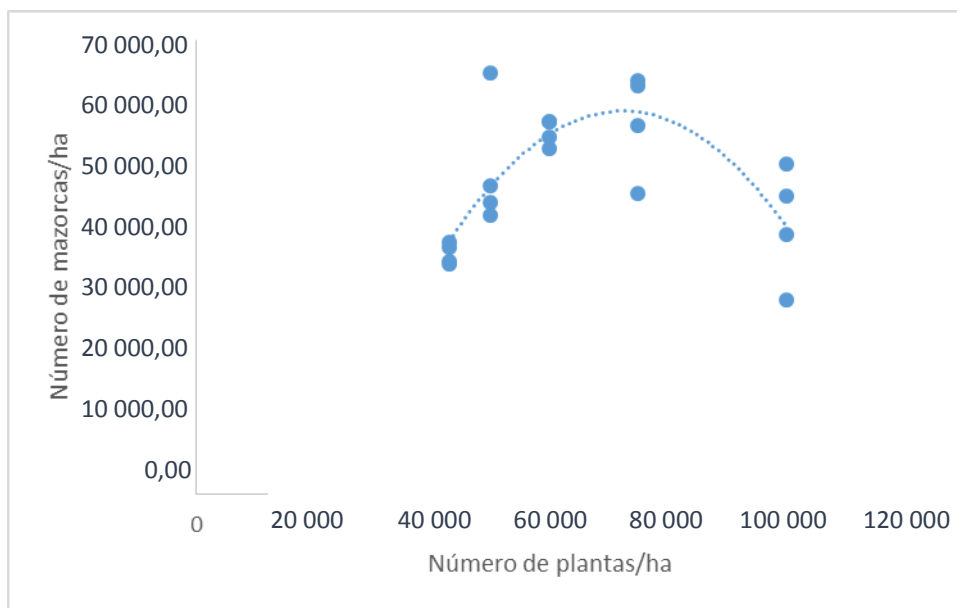


Figura 4. Influencia de cinco densidades de siembra (número de plantas/ha) en número de mazorcas por hectárea.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4, se observa el efecto de las densidades de siembra en la variación de número de mazorcas de maíz por hectárea, la respuesta obtenida es de tipo cuadrática, en consecuencia el número de mazorcas de maíz por unidad experimental alcanza un nivel máximo a partir del cual ya no se verifica incremento en el número de mazorcas por hectárea.

5.8 Rendimiento de grano por hectárea

Cuadro 14. Análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea.

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | $\frac{F\alpha}{0,05}$ | |
|---------------|-------------|---------------|--------------|-------------|------------------------|------|
| Bloques | 3 | 630 472,17 | 210 157,40 | 2,13 | 3,49 | n.s. |
| Tratamientos | 4 | 9 214 692,10 | 2 303 673,00 | 23,31 | 3,26 | * |
| Error | 12 | 1 186 084,15 | 98 840,35 | | | |
| Total | 19 | 11 031 248,42 | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

C.V.: 29,91 %

Según el cuadro 14, el análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea, indica que no existen diferencias estadísticas entre bloques, lo cual indica que los bloques fueron homogéneos.

Para tratamientos se halló diferencias estadísticas significativas, el coeficiente de variabilidad fue de 29,91 %, es confiable para el experimento en campo.

Cuadro 15. Análisis de varianza de regresión de rendimiento de grano por hectárea

| F de V | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F α 0,05 | |
|-----------|------|---------------|--------------|-------|--------------------|----|
| Regresión | 1 | 8 661 309,87 | 8 661 310,00 | 65,78 | 4,41 | ** |
| Error | 18 | 2 369 938,55 | 131 663,30 | | | |
| Total | 19 | 11 031 248,42 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

R² = 78,52 %

Según el cuadro 15, en el análisis de regresión de rendimiento de grano por hectárea, se observa que la regresión resultó estadísticamente significativa; resultado que indica que el modelo empleado permite conocer la respuesta, que fue de tipo cuadrático, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$\hat{Y} = -3012,9 + 0,19095699X - 1,477E-06 X^2$$

Al derivar la ecuación precedente, se determinó, que aplicando la densidad de siembra a razón de 64 644 plantas/ha, el rendimiento de grano por hectárea alcanzó un máximo de 3 159,21 kg/ha.

Asimismo se asume que la variable rendimiento de grano de maíz variedad Opaco Malpaso está influenciadas por la variable densidad de

siembra en un 78,52 % y lo demás se debería a otros factores relacionados al clima, suelo, agua y otros (Calzada, 1982).

En la figura 05, se observa el efecto de las densidades de siembra en la variación de rendimiento de grano de maíz por hectárea, la respuesta obtenida es de tipo cuadrática, en consecuencia el rendimiento de grano de maíz por hectárea alcanza un nivel máximo a partir del cual ya no se verifica incremento en el rendimiento de grano de maíz por hectárea.

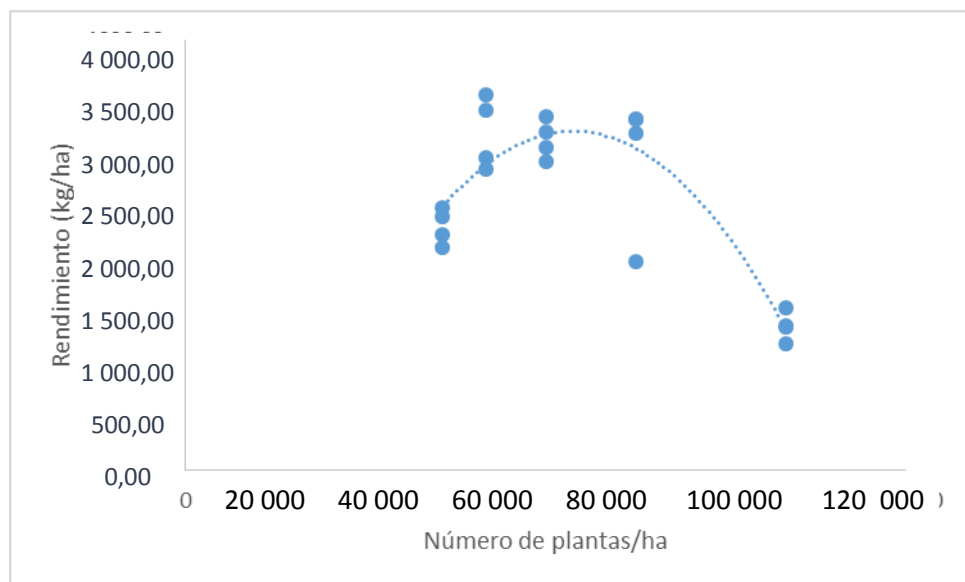


Figura 5. Influencia de cinco densidades de siembra (número de plantas/ha) en rendimiento de grano de maíz por hectárea.

Fuente: Elaboración propia

El rendimiento del maíz presenta una respuesta a la densidad de tipo óptimo: 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).

CONCLUSIONES

1. Según el análisis de regresión, la densidad de 64 644 plantas/ha optimiza el rendimiento mayor de todos los tratamientos en 3 159,21 kg por hectárea.
2. La densidad de 72 337 plantas/ha optimiza en 59 153 el número de mazorcas por hectárea.
3. Para el peso de mazorca el T₅ (42 857 plantas/ha) logró el mayor promedio con 258 g de peso de mazorca.
4. En lo relacionado a la longitud de mazorca el T₅ (42 857 plantas/ha) alcanzó el mayor promedio con 16,17 cm de longitud de mazorca.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar la densidad de 64 644 plantas/ha porque reportó el mayor rendimiento de grano de maíz variedad Opaco Malpaso en el Centro Experimental Agrícola III los Pichones en el año 2015.
2. Difundir la importancia del cultivo de maíz variedad Opaco Malpaso por sus características de precocidad, tolerancia a suelos y aguas de mala calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRICH, Samuel y LENG, Earl. *Producción moderna del maíz*. Argentina. Hemisferio Sur. 1974. 307p.

ALFÉREZ, Edgar. *Efecto de la aplicación del bioestimulante Stimplex-G en el rendimiento de la vainita (Phaseolus vulgaris L.) bajo tres densidades de siembra en el sector de La Yarada Baja*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 2009. 96p.

BOLETÍN TÉCNICO. *Cultivo del maíz choclo*. Boletín. Lima Perú. Centro de biodiversidad y desarrollo. 2005. N°2. Páginas 36 a 40.

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

BOUTHERIN, DOMINIQUE y BRON, GILBERT *Multiplificación de plantas hortícolas*. Zaragoza España. ACRIBIA. 1994.

CALDERÓN, Esteban. *Manual de fruticultor moderno*. Volumen 2. México. Limusa. 1987. 492p.

- CALZADA, José. Métodos estadísticos para la investigación. Quinta Edición. Lima Perú. 1982. 643 p.
- CISNEROS, Fausto. *Control de plagas agrícolas*. Lima Perú. Editorial Full Print. 1995. 313 p.
- FRANCO, Juan. Evaluación de rendimiento forrajero de 20 cultivares de maíz (*Zea mays*) en la localidad de Pachia -Tacna, Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 2012. 78 p.
- GALLO, Marco y RIVERA, José. Memorias de la III reunión Latinoamérica y XVI reunión de la zona andina de investigadores en maíz. Tomo I Cochabamba-Santa Cruz. Bolivia. 1995.
- GONZALES, Oscar. *Evaluación del rendimiento de forraje de siete cultivares de maíz*. Trabajo Informe para optar el grado académico de Bachiller en Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 1994. 57 p.
- JUNTA DE EXTREMADURA CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y COMERCIO. *Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego*. Madrid, España. Mundi-Prensa. 1992. 280 p.

MAMANI, Víctor. *Efecto de la densidad de plantas en el Tamaño de grano de dos variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en la Irrigación de Magollo*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 2002. 87p.

MANRIQUE, Antonio. *El maíz en el Perú*. 2da edición. Perú. 1997.

MANRIQUE, Antonio y Otros. *Manual del maíz para la costa*. Proyecto Transformación de la tecnología agropecuaria. Perú. 1992. 89 p.

MARTINEZ, Percy. *Comparativo de rendimiento de cinco híbridos chocleros de maíz (Zea mays) en la zona de Sama-Las Yaras*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 2008. 67 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO TACNA. *Censo agropecuario de la Región de Tacna*. Dirección de información y estadística agraria Tacna. 2012.

PORTA, Jaime y Otros. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 3ra. Edición. Madrid-España. 2003. 927p.

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGACIONES EN MAIZ. *Cincuenta años del Programa cooperativo de investigaciones en*

maíz. Lima Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2004.
536p.

PUMA, José. *Dos Fuentes de material orgánica y el rendimiento del maíz morado (Zea mays L.) cv. "canteño" en zonas áridas*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa Perú. 1998. 140 p.

ROBLES, Magno. *Proyecto de Factibilidad de Producción de semilla comercial de maíz "opaco mal paso"*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 1995.

ROJAS, Carlos. *Manual de interpretación de la disponibilidad de fósforo y acidez y estimación de los requerimientos de fertilización fosfatada y encalado en los suelos de Chile*. Santiago de Chile. 1998. 43p.

SANCHEZ. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. 2011. EN:http://www.mag.go.cr/rev_meso/v22n2-281.pdf

SARMIENTO y Otros. *Plagas de los cultivos de caña de azúcar, maíz y arroz*. Lima. Perú. 1992. 231p.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. *Manual de observaciones fenológicas*. Lima Perú. 2006. 99p.

Manual de observaciones fenológicas cultivo de maíz. Lima Perú.
2015. 69p.

TICONA, Luis. *Efecto del nitrógeno y el fosforo en el rendimiento de grano de dos variedades de maíz amiláceo (Zea mays L.) en condiciones de la localidad de Challaguaya-Tarata*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 2006. 97p.

TORRES, Edmundo. *Agrometeorología*. México. Trillas. 1995. 149p.

VILCA, Yéssica. *Determinación el rendimiento de forraje en cinco híbridos de maíz (Zea mays)*. Tesis para optar el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna Perú. 2010. 74p.

ANEXOS

Anexo 1: Aleatorización de tratamientos

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | |
|------|--------------|----|----|----|----|
| | T2 | T1 | T4 | T3 | T5 |
| I | T2 | T1 | T4 | T3 | T5 |
| II | T5 | T2 | T1 | T4 | T3 |
| III | T1 | T5 | T3 | T2 | T4 |
| IV | T4 | T3 | T2 | T5 | T1 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Altura de planta a los 60 dds (m)

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|------|------|------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 2,86 | 2,71 | 2,89 | 3,03 | 2,82 | 2,86 |
| II | 2,95 | 3,16 | 3,05 | 3,16 | 2,82 | 3,03 |
| III | 2,93 | 3,17 | 3,26 | 3,17 | 3,19 | 3,14 |
| IV | 2,96 | 3,15 | 3,16 | 2,99 | 3,19 | 3,09 |
| X | 2,93 | 3,05 | 3,09 | 3,09 | 3,01 | 3,03 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3: Área foliar medido a los 75 dds (m²)

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|------|------|------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 0,48 | 0,42 | 0,58 | 0,60 | 0,51 | 0,52 |
| II | 0,61 | 0,74 | 0,54 | 0,62 | 0,56 | 0,61 |
| III | 0,50 | 0,63 | 0,60 | 0,56 | 0,61 | 0,58 |
| IV | 0,47 | 0,55 | 0,60 | 0,55 | 0,59 | 0,55 |
| X | 0,51 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Longitud de mazorca (cm).

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 12,30 | 13,80 | 14,27 | 15,27 | 15,43 | 14,21 |
| II | 13,18 | 14,00 | 15,14 | 16,33 | 16,10 | 14,95 |
| III | 13,18 | 14,18 | 15,30 | 15,60 | 16,90 | 15,03 |
| IV | 12,18 | 14,25 | 15,73 | 16,86 | 16,27 | 15,06 |
| X | 12,71 | 14,06 | 15,11 | 16,01 | 16,17 | 14,81 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Diámetro de mazorca (cm)

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|------|------|------|------|------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 9,18 | 9,21 | 8,94 | 9,80 | 5,32 | 8,49 |
| II | 7,87 | 8,05 | 8,40 | 8,11 | 8,73 | 823 |
| III | 6,97 | 7,90 | 7,75 | 8,62 | 8,77 | 8,00 |
| IV | 6,53 | 6,90 | 6,90 | 6,32 | 7,28 | 6,78 |
| X | 7,64 | 8,01 | 7,99 | 8,21 | 7,52 | 7,88 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6: Peso de mazorca (g)

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 139,90 | 168,60 | 193,73 | 232,18 | 235,93 | 194,06 |
| II | 183,27 | 205,00 | 248,36 | 220,67 | 246,60 | 220,78 |
| III | 180,73 | 236,82 | 225,30 | 278,60 | 286,50 | 241,59 |
| IV | 168,27 | 217,92 | 244,91 | 271,64 | 263,00 | 233,15 |
| X | 168,04 | 207,08 | 228,07 | 250,77 | 258,00 | 222,39 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Peso de grano por mazorca (g)

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 113,20 | 142,10 | 159,36 | 193,82 | 192,71 | 160,24 |
| II | 152,45 | 176,30 | 200,50 | 178,17 | 197,70 | 181,02 |
| III | 150,09 | 187,27 | 185,10 | 221,90 | 230,40 | 194,95 |
| IV | 135,00 | 174,17 | 194,55 | 209,07 | 211,36 | 184,83 |
| X | 137,68 | 169,96 | 184,87 | 200,74 | 208,04 | 180,26 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Número de mazorcas por hectárea

| REP | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|-----|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 40 000 | 46 500 | 57 600 | 47 500 | 38 800 | 46 080 |
| II | 30 000 | 63 000 | 53 400 | 45 000 | 35 600 | 45 400 |
| III | 46 000 | 57 000 | 55 200 | 43 000 | 36 000 | 47 440 |
| IV | 51 000 | 63 750 | 57 600 | 65 000 | 38 000 | 55 070 |
| X | 41 750 | 57 562 | 55 950 | 50 125 | 37 100 | 48 497 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Rendimiento de grano por hectárea (kg/ha)

| REP. | TRATAMIENTOS | | | | | X |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | |
| I | 1 331,74 | 1 943,38 | 2 876,23 | 2 907,72 | 2 199,14 | 2 251,64 |
| II | 1 345,10 | 3 266,67 | 3 149,02 | 3 358,09 | 2 069,98 | 2 637,77 |
| III | 1 506,39 | 3 139,46 | 3 005,15 | 2 806,37 | 2 439,46 | 2 579,37 |
| IV | 1 174,35 | 3 265,56 | 3 295,71 | 3 496,94 | 2 362,25 | 2 718,96 |
| X | 1 339,39 | 2 903,77 | 3 081,53 | 3 142,28 | 2 267,71 | 2 546,94 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10: Costo de producción de maíz (2015)

| Actividad | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (S/.) | Costo Total (S/.) |
|-----------------------------------|----------------|----------|----------------------|-------------------|
| A) COSTOS DIRECTOS | | | | |
| 1) Labrar el suelo | | | | |
| - Preparación del terreno | j | 6,00 | 35,00 | 210,00 |
| 2) Labores culturales | | | | |
| - Siembra | j | 3,00 | 35,00 | 105,00 |
| - Deshierbo | j | 4,00 | 35,00 | 140,00 |
| - Aplicación de fertilizante | j | 1,00 | 35,00 | 35,00 |
| - Riego por goteo | j | 6,00 | 35,00 | 210,00 |
| - desahijé y aporque | j | 4,00 | 35,00 | 140,00 |
| - Control de Plagas | j | 2,00 | 35,00 | 70,00 |
| - Cosecha | j | 6,00 | 35,00 | 210,00 |
| 3) Insumos | | | | |
| - Semilla | kg | 60,00 | 5,00 | 300,00 |
| - Urea | kg | 260,00 | 1,50 | 390,00 |
| - Fosfato diamónico | kg | 200,00 | 2,00 | 400,00 |
| - Sulfato de potasio | kg | 200,00 | 1,70 | 340,00 |
| - Estiércol | t | 5,0 | 250,00 | 1250,00 |
| - Lorsban | l | 2,0 | 48,00 | 96,00 |
| - Fuerza | l | 2,0 | 120,00 | 240,00 |
| - Basfoliar Calcio | l | 1,0 | 35,00 | 35,00 |
| - Agua | m ³ | 6000,00 | 0,025 | 150,00 |
| TOTAL COSTOS DIRECTOS | | | | 4 321,00 |
| B) COSTOS INDIRECTOS | | | | |
| - Costos financieros (5 %) | | | | 216,05 |
| - Costos administrativos (10 %) | | | | 432,10 |
| - Imprevistos (5 %) | | | | 216,05 |
| TOTAL COSTOS INDIRECTOS | | | | 864,20 |
| TOTAL COSTOS DE PRODUCCION | | | | 5 185,20 |

Fuente: Elaboración propia

Anexo 11: Parcela experimental con plantas de 30 días de siembra



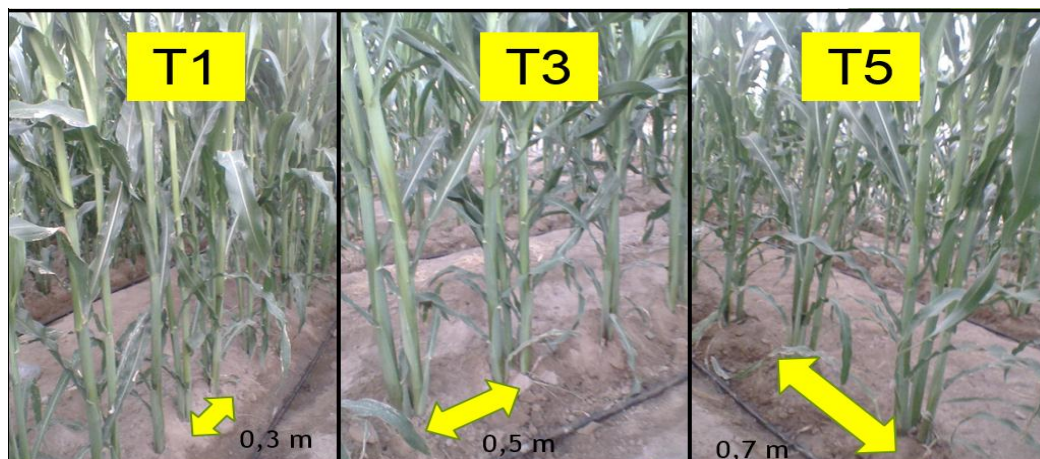
Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 12: Parcela experimental con plantas de maíz en plena
Floración a los 85 días después de siembra.**



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 13: Unidades experimentales con plantas de maíz variedad Opaco Malpaso, de los tratamientos T₁, T₃ y T₅.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 14: Muestras de mazorcas de maíz variedad Opaco Malpaso de los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₄.



Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 15: Muestras de mazorcas de maiz variedad Opaco Malpaso
de los tratamientos T₁, T₄ y T₅.**



Fuente: Elaboración propia.