

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**“FERTILIZACIÓN FOLIAR CON MICRONUTRIENTES EN EL  
RENDIMIENTO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.) HÍBRIDO XB-8010, EN  
TULUMAYO”**

**Para optar al título profesional de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Elaborado por:**

**EDBERTH VILLAR GONZALES**

**Tingo María - Perú**

**2017**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
Tingo María  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"Año del buen servicio al ciudadano"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**N° 025-2017-FA-UNAS**

BACHILLER : **VILLAR GONZÁLES, EDBERTH**

TÍTULO : "FERTILIZACIÓN FOLIAR CON MICRONUTRIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.), HÍBRIDO XB-8010, EN TULUMAYO"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing. M.Sc. DAVID GUARDA SOTELO

VOCAL : Ing. LUIS GERMÁN MANSILLA MINAYA

VOCAL : Ing. M.Sc. FERNANDO SEGUNDO GONZÁLES HUIMAN

ASESOR : Dr. HUGO ALFREDO HUAMANÍ YUPANQUI

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 27 DE DICIEMBRE DE 2017

HORA DE SUSTENTACIÓN : 5:00 P.M.

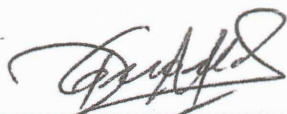
LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : BUENO

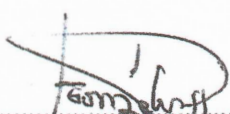
RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 27 DE DICIEMBRE DE 2017.

  
.....  
ING. M.Sc. DAVID GUARDA SOTELO  
PRESIDENTE



  
.....  
ING. M.Sc. FERNANDO SEGUNDO GONZÁLES HUIMAN  
VOCAL

  
.....  
ING. LUIS GERMÁN MANSILLA MINAYA  
VOCAL

  
.....  
Dr. HUGO ALFREDO HUAMANÍ YUPANQUI  
ASESOR

## DEDICATORIA

A Dios y nuestra madre naturaleza, por haberme dado la vida, salud y sabiduría para poder llegar a cumplir una de mis metas.

A mis Padres Samuel Villar Sánchez y Flora Gonzales Trinidad, que me supieron guiar por las sendas del bien y enseñar lo bueno de la vida.

A mis hermanos Jheaneth, Fiorella, Marcebith Giesly y Jefferson, quienes son mi orgullo y mi fortaleza en la vida.

A mis Abuelos Isidoro Gonzales (†), por sus consejos y apoyo moral que me dieron fuerza para llegar a culminar una etapa más de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía que contribuyeron a mi formación profesional.
- A mi asesor el Dr. Hugo Alfredo Huamaní Yupanqui, por su valiosa orientación, colaboración y supervisión de la tesis como patrocinador.
- Al Ing. M. Sc. David Guarda Sotelo por su apoyo incondicional en la aprobación y el desarrollo de la presente tesis.
- A los Ing. Luis Mansilla Minaya e Ing. M. Sc. Fernando Segundo Gonzales Huiman miembros del jurado de tesis, por las facilidades otorgadas al presente trabajo de investigación.
- A mis amigos: Roiser Lobato Gálvez, Ernesto Peso Murrieta, Álvaro Cárdenas Morales, Eddy Anthony Gabriel Vera, Frank Quispe Osco y la “Promoción 2006” por su apoyo en el presente trabajo.
- A todas aquellas personas que directa o indirectamente hicieron posible la culminación del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1. Cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.).....	12
2.1.1. Historia del cultivo.....	12
2.1.2. Taxonomía.....	12
2.1.3. Descripción morfológica.....	12
2.1.4. Ciclo vegetativo .....	14
2.1.5. Fertilización y abonamiento .....	15
2.1.6. Nutrientes secundarios y micronutrientes .....	17
2.2. Descripción del híbrido comercial “XB – 8010” .....	22
2.3. Descripción del fertilizante foliar Flower Power®.....	23
2.4. Antecedentes .....	23
III. MATERIALES Y METODOS .....	25
3.1. Ubicación del campo experimental.....	25
3.1.1. Ubicación geográfica .....	25
3.1.2. Ubicación política.....	25
3.1.3. Historia del campo experimental.....	25
3.1.4. Condiciones climáticas .....	25
3.1.5. Análisis de suelo.....	26
3.2. Diseño estadístico.....	27
3.2.1. Componentes en estudio .....	27

3.2.2.	Tratamientos en estudio .....	28
3.2.3.	Diseño experimental .....	28
3.2.4.	Análisis estadístico .....	29
3.2.5.	Características del campo experimental .....	29
3.3.	Ejecución del experimento .....	30
3.3.1.	Obtención de semillas.....	30
3.3.2.	Preparación y demarcación del terreno .....	30
3.3.3.	Muestreo de suelos .....	31
3.3.4.	Siembra .....	31
3.3.5.	Control de malezas .....	31
3.3.6.	Control de plagas y enfermedades .....	31
3.3.7.	Fertilización .....	32
3.3.8.	Aplicación del fertilizante foliar .....	32
3.3.9.	Cosecha .....	32
3.4.	Evaluaciones registradas .....	33
3.4.1.	Altura de planta.....	33
3.4.2.	Altura de inserción de la mazorca .....	33
3.4.3.	Longitud y diámetro de mazorca.....	33
3.4.4.	Número de hileras por mazorca .....	33
3.4.5.	Número de granos por hilera .....	33
3.4.6.	Rendimiento .....	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	35
4.1.	Altura de planta .....	35
4.2.	Altura de inserción de mazorca .....	39

4.3. Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera .....	42
4.4. Peso de 100 semillas y rendimiento .....	50
4.5. Análisis de rentabilidad .....	57
V. CONCLUSIONES .....	60
VI. RECOMENDACIONES.....	61
VII. RESUMEN .....	62
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	64
IX. ANEXO.....	68

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Composición química del fertilizante foliar. ....	23
2. Datos meteorológicos registrados entre los meses de julio y noviembre del año 2011 que duró la investigación. ....	26
3. Análisis físico-químico del suelo del campo experimental Tulumayo. .	27
4. Descripción de los tratamientos en estudio. ....	28
5. Esquema del análisis de variancia. ....	29
6. Análisis de variancia para la altura de planta de maíz híbrido doble “XB – 8010”. ....	35
7. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la altura de planta del maíz híbrido doble “XB-8010”. ....	36
8. Análisis de variancia para el carácter altura de inserción de mazorca de maíz híbrido doble “XB – 8010”. ....	39
9. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), para el carácter altura de inserción de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010”. ....	40
10. Análisis de variancia para las características longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera del maíz híbrido “XB – 8010”. ....	43
11. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), para las características longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera del maíz híbrido “XB – 8010”. ....	45



12. Análisis de variancia para el peso de 100 granos y el rendimiento del maíz híbrido "XB - 8010". .....	51
13. Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el peso de 100 granos y el rendimiento del maíz híbrido "XB - 8010". .....	51
14. Resumen del análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Altura de planta de maíz híbrido “XB-8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.....	37
2. Altura de inserción de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar. ....	41
3. Longitud de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.....	46
4. Diámetro de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.....	47
5. Número de hilera por mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar. ....	48
6. Número de granos por hilera de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar. ....	49
7. Peso de 100 granos de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.....	52
8. Rendimiento de grano de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.....	54

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) en el Perú constituye uno de los tres cereales más importantes, tanto para la alimentación del hombre como para la crianza de animales y para obtener sub productos industriales de gran valor comercial. En los países altamente industrializados tanto la planta como el grano, constituyen fuentes de materias primas para el desarrollo de industrias celulósicas, cosméticas, refrescantes, margarinas, aceiteras, carburantes, etc.

En nuestro país para el 2013 la producción de maíz amarillo duro sólo cubrió el 40 por ciento de la demanda interna y el resto es cubierto por granos que proceden de las importaciones de Estados Unidos y Argentina. La producción nacional supera los 1.27 millones de t, teniendo que importarse 1.90 millones de t anualmente para cubrir nuestra demanda nacional. El rendimiento promedio nacional es de 5.5 t/ha, en la costa y selva es de 3.7 t/ha y 2.0 t/ha, respectivamente, de las cuales la región de Huánuco aporta 12 000 t al año con un área sembrada de 6000 ha. La baja productividad se debe a que el 90% de los productores cultivan el maíz en forma tradicional, no utilizan variedades mejoradas y tienen uso ineficiente de tecnología indispensables para el cultivo, lo que conlleva a una baja productividad (MINAGRI, 2011).

Este uso ineficiente de la tecnología se manifiesta generalmente en la mala fertilización y abonamiento del cultivo maíz, principalmente de fertilización con micronutrientes, que tiene un rol importante en funciones como la división celular, la formación de frutos, metabolismo de carbohidratos, proteínas etc., y cuya deficiencia debe ser corregido para una mejor producción.

Frente a estos factores limitantes, una de las alternativas más viables para el incremento del rendimiento del maíz es la realización correcta de la fertilización, tanto al suelo como a la parte foliar de la planta. La fertilización foliar es una necesidad en la nutrición de los cultivos debido a que permite una rápida y mejor asimilación de los nutrientes (tanto macro y micronutrientes), optimiza la capacidad productiva del cultivo de maíz. El manejo integral de macro y micronutrientes en la producción de la diversa variedad de material genético introducida (semillas mejoradas o híbridos) en los sistemas agrícolas, se ha convertido en un factor muy importante para la producción, por lo que se considera importante iniciar este trabajo de investigación, para conocer el comportamiento del híbrido de maíz "XB-8010" con la oportuna fertilización edáfica y foliar. Basados en estas premisas se planteó este trabajo, con los siguientes objetivos:

- Determinar el mejor nivel del fertilizante foliar con micro elementos (B, Cu y Zn), en el rendimiento y otras características biométricas del híbrido de maíz "XB – 8010".
- Determinar el análisis económico del uso del fertilizante foliar con micro elementos (B, Cu y Zn) en el cultivo del híbrido doble de maíz "XB – 8010".

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Cultivo de maíz (*Zea mays L.*)

#### 2.1.1. Historia del cultivo

El maíz es un cereal nativo del continente americano, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica; es de ahí donde se difundió hacia todo el continente. No hay un acuerdo sobre cuándo se empezó a domesticar el maíz; pero los indígenas mexicanos dicen que esta planta representa 10000 años de cultura. Debido a la productividad y adaptabilidad del maíz, este cultivo se ha extendido rápidamente a lo largo de todo el planeta, y esto porque después de que los españoles y otros europeos exportaran la planta desde América en los siglos XVI y XVII (ASTURIAS, 2004).

#### 2.1.2. Taxonomía

Según ITIS (2018), la clasificación botánica del maíz es:

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

#### 2.1.3. Descripción morfológica

Calero (2006), citado por OÑATE (2016), menciona la descripción morfológica del cultivo de maíz de la forma siguiente:

**a. Planta:** La planta de maíz pertenece a la familia gramínea, es de régimen anual, herbácea, de tamaño regular desde 0.6 a 2.4 m dependiendo del lugar donde es cultivada, por la posición de las flores a la planta se las clasifica como monoica es decir con flor masculina y femenina en distintas partes de la misma planta. Es una planta de tallo erguido, macizo y ahueco.

**b. Raíz:** La raíz de una planta de maíz es fasciculada con un potente desarrollo. Tienen tres tipos de raíces que son: Seminales, que nacen en la semilla después de la radícula para afirmar la planta. Permanentes, que están incluidas las principales y secundarias, nacen por encima de las primeras raicillas en una zona llamada corona, este grupo constituye el llamado sistema radicular principal. Adventicias, que nacen de los nudos inferiores del tallo y actúan de sostén en las últimas etapas del crecimiento, absorbiendo a la vez agua y sustancias nutritivas.

**c. Tallo:** Está formado por una sucesión de nudos y entrenudos, los primeros son zonas abultadas de los cuales se producen la elongación de los entrenudos y se diferencian las hojas. Cada nudo es el punto de interacción de una hoja. El tallo puede crecer hasta 4 m e incluso más en algunas variedades. Los tallos son muy robustos, y dependiendo de la precocidad de cultivar pueden alcanzar entre 12 y 24 nudos aéreos.

**d. Hojas:** Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes. Su color usual es verde pero se puede encontrar hojas rayadas de blanco y verde o verde y púrpura. El número de hojas por planta varía entre 8 a 25.

**e. Flores:** En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una película (vulgarmente llamada espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. Las flores femeninas aparecen en las axilas de algunas hojas y están agrupadas en una espiga rodeada de largas brácteas. A esta espiga se le llama mazorca.

**f. Fruto:** La mazorca o fruto, está formado por una parte central llamado zuro, donde se adhieren los granos de maíz en número de varias decenas por cada mazorca. El 46 % del peso total de la mazorca corresponde al peso de las brácteas y el 54 % restante al raquis y a los granos, del cual el 29 % es materia comestible. El fruto y la semilla forman un solo cuerpo que tienen la forma de un cariósipide brillante, de color amarillo, rojo, morado, blanco y que se los denomina vulgarmente corno granos dentro del fruto que es el ovario maduro.

#### **2.1.4. Ciclo vegetativo**

Según Revelo (2006), citado por OÑATE (2016), el ciclo vegetativo del maíz comprende:

**a. Nascencia:** es el periodo que transcurre desde la siembra hasta la aparición del coleóptilo, cuya duración aproximada es de seis a ocho días.

**b. Crecimiento:** una vez nacido el maíz, aparece una nueva hoja cada tres días si las condiciones son normales. A los 15-20 días siguientes a la nascencia, de la planta, debe tener ya cinco o seis hojas, y en las primeras cuatro o cinco semanas la planta deberá tener formada todas sus hojas.

**c. Floración:** a los 25-30 días de efectuada la siembra se inicia la panoja en el interior del tallo y en la base de este. Transcurridas cuatro a seis semanas desde este momento se inicia la liberación del polen, con una duración de cinco a ocho días, pudiendo surgir problemas si las temperaturas son altas o se provoca en la planta una sequía por falta de riego o de lluvias.

**d. Fructificación:** con la fecundación de los óvulos por el polen se inicia la fructificación. Una vez realizada la fecundación, los estilos de la mazorca, vulgarmente llamados pelos del choclo, cambian de color, tomando un color castaño. Transcurrida la tercera semana después de la polinización, la mazorca toma un tamaño definitivo, se forman los granos y aparecen en ellos el embrión. Los granos se llenan de una sustancia leñosa, rica en azúcares, los cuales se transforman al final de la quinta semana en almidón.

**e. Maduración y secado:** hacia el final de la octava semana después de la polinización, el grano alcanza su máximo de materia seca, pudiendo entonces considerarse que ha llegado a su madurez fisiológica. Entonces suele tener alrededor del 35 % de humedad. A medida que va perdiendo la humedad se va aproximando el grano a su madurez comercial.

#### **2.1.5. Fertilización y abonamiento**

De acuerdo a HIDALGO (2013), la fertilización es la incorporación de nutrientes mediante sustancias químicas u orgánicas al suelo para incrementar su fertilidad y lograr la adecuada nutrición de la planta para una mayor productividad. La aplicación debe realizarse en forma racional, tomando en cuenta la fertilidad del suelo, la semilla usada, la necesidad de la planta, y la eficiencia económica de su aplicación, por estas razones se aplican dosis altas



y bajas en función del tipo de nutriente. Se recomienda el análisis de fertilidad del suelo antes de efectuar la siembra para saber la cantidad de nutrientes disponibles que hay que reponer al suelo según al requerimiento del cultivo.

Según el mismo autor, los abonos orgánicos a aplicar son gallinaza, abono verde, residuos de cosecha, humus de lombriz, guano de corral descompuesto. Los fertilizantes inorgánicos a aplica son urea (46 % N), fosfato diamónico (18 % N, 46 %  $P_2O_5$ ), cloruro de potasio (60 %  $K_2O$ ). La época oportuna para aplicar los fertilizantes es al momento de la siembra o después de la emergencia de las plántulas (ocho a diez días después de la siembra o cuando las plantas tienen cuatro hojas verdaderas) utilizando la mezcla del 50 % de la fuente de nitrógeno, todo el fósforo y potasio; el 50 % de nitrógeno restante se aplica entre los 30 y 40 días después de la siembra, cuando las plantas tienen de seis a ocho hojas verdaderas.

Asimismo, cuando la siembra es manual el sistema de aplicación más adecuado es el localizado, consiste en abrir un hoyo al costado de la planta a 10 cm de la planta, puyando la mezcla de fertilizantes y utilizando el tacarpo a una profundidad de 8 a 10 cm. El nitrógeno es un nutriente de rápida asimilación por la planta y es requerido al inicio para su crecimiento vegetativo hasta antes de llegar a la floración, por lo cual se aplica fraccionado; mientras que el fósforo y el potasio son nutrientes que requieren de mayor tiempo para ser absorbidos por la planta, por lo cual no se fraccionan. En suelos ácidos con problemas de aluminio mayor a 60 % es necesario realizar encalados a base de material calcáreo, con el objetivo de desplazar el aluminio y hacer disponible al fósforo en el suelo para su asimilación por actividad microbiana.

### **2.1.6. Nutrientes secundarios y micronutrientes**

Según a INTAGRI (2016), los elementos principales son nitrógeno, fósforo y potasio; los elementos secundarios son azufre, calcio, magnesio. Los microelementos son hierro, manganeso, zinc, boro, molibdeno y cobre. Es muy común pensar que los microelementos al requerirse en cantidades muy pequeñas no limitan el crecimiento y desarrollo de los cultivos, esto es equivocado ya que si alguno de ellos no se encuentra presente en la concentración requerida, el rendimiento del cultivo se ve afectado negativamente.

#### **a. Requerimientos y exigencias nutricional del cultivo**

Según DERAS (2012), el maíz es una planta con alta capacidad de producción y crecimiento rápido que requiere cantidades altas de nutrientes. La demanda de nitrógeno aumenta conforme la planta se desarrolla; cuando se aproxima el momento de la floración, la absorción de este elemento crece rápidamente, en tal forma que al aparecer las flores femeninas, la planta ha absorbido más de la mitad del total extraído durante todo el ciclo. Los híbridos de alto rendimiento en grano necesitan 30 kg de nitrógeno por cada tonelada de grano producida. Aunque la cantidad de fósforo en la planta de maíz es baja en comparación con el nitrógeno y el potasio, este es un elemento importante para la nutrición del maíz, y las mayores concentraciones se presentan en los tejidos jóvenes. También este elemento es importante para el desarrollo de la raíz. La cantidad de fósforo extraída por las plantas bajo condiciones normales es de 10 kg/t de grano cosechado. El maíz necesita grandes cantidades de potasio y casi lo toma en los 30 primeros días de la planta.

### **b. El boro en la planta**

El boro es absorbido por la planta en distintas formas del ácido bórico:  $B_4O_7^{-2}$ ,  $BO_3^{-3}$ ,  $BO_3H^{-2}$   $BO_3H_2^{-}$ , bien mediante su aparato radicular o por vía foliar. Se atribuye al boro un importante papel en la circulación de los azúcares en el interior de la planta. Está comprobado experimentalmente que la deficiencia de este elemento provoca una acumulación de azúcares en los tejidos. Este hecho se relaciona con la capacidad complejante que presenta el anión borato con los polialcoholes, y por ello se sugiere que cuando se halla en cantidad adecuada en la planta forma complejos boro-hidratos de carbono, que favorecen la movilidad del azúcar (NAVARRO y NAVARRO, 2003).

La deficiencia de boro en cultivos es más extendida que la de cualquier otro micronutriente en muchas regiones del mundo. En condiciones de deficiencia, las aplicaciones de boro resultan en un aumento de los rendimientos de los cultivos (GASPAR Y TEJERINA, 2000). Según GARCÍA (2005), el maíz requiere de 20 g de boro para producir una tonelada en granos, teniendo roles importantes dentro de la planta, entre ellos junto con el calcio, el boro interviene en la síntesis de la pared celular dándole mayor rigidez a los tejidos; junto con el potasio y el magnesio completa el trio de azúcar; es fundamental para el cuaje ya que favorece el crecimiento del tubo polínico en especial de aquellos granos que se encuentran en el extremo de las espigas

### **c. El zinc en la planta**

El zinc es absorbido por la planta como  $Zn^{+2}$ , o como quelato por vía radicular o foliar. En ella, su movilidad no es grande, y se acumula en los tejidos de la raíz cuando encuentra un suministro adecuado en el suelo. Los

frutos presentan siempre las mínimas cantidades. Es requerido para la síntesis del ácido  $\beta$ -indol acético, una de las hormonas de crecimiento en las plantas. El aumento o disminución de esta hormona varía de forma paralela con el contenido de triptófano, uno de sus precursores. Cuando en la planta aparece una deficiencia de zinc, la síntesis de la auxina queda reducida indirectamente, por no sintetizarse antes el triptófano, que requiere para ello la actuación de la enzima triptófano sintetasa activado por zinc (NAVARRO y NAVARRO, 2003). En las nuevas variedades e híbridos, la acumulación de residuos en la superficie del suelo con el desarrollo de siembra directa y la aplicación de una cantidad importante de nutrientes producen una alteración en el balance de los ciclos biológicos, químicos, y geológicos que se manifiesta como nuevos equilibrios edáficos. Estos nuevos equilibrios afectan al zinc y, por esta razón, en muchas áreas agrícolas del mundo se lo considera como el tercer elemento limitante, luego del nitrógeno y el fósforo (RATTO y MIGUEZ, 2008).

#### **- Fertilización de maíz con zinc**

El maíz es un cultivo con elevados requerimientos y capacidad de respuesta a la fertilización. Han sido ampliamente reportados incrementos de rendimiento por el agregado de nutrientes. Uno de los elementos cuyo efecto favorable ha sido mencionado reiteradamente es el zinc, se determinaron incrementos significativos del rendimiento por agregado de este nutriente por vía foliar (FERRARIS y COURETOT, 2008). Entre los papeles que cumple el zinc, se pueden nombrar los relacionados a la protección de cloroplastos, fijación de  $\text{CO}_2$  en la fotosíntesis y síntesis de proteínas. También afecta la síntesis del Triptófano, precursor de auxinas de crecimiento. Otras funciones son de carácter

estructural en las membranas y de fecundidad de flores y su cuajado. Es importante en el maíz porque favorece el desarrollo del cultivo, particularmente en épocas frías y húmedas, asegura una madurez uniforme, mejora la fertilidad y desarrollo de las espigas y mejora el rendimiento y la precocidad (RATTO y MIGUEZ, 2008).

#### **d. El cobre en la planta**

El cobre en los cultivos tiene funciones parecidos al del hierro, debido que forma quelatos altamente estables que permiten la transferencia de electrones ( $\text{Cu}^{2+} + e^- \leftrightarrow \text{Cu}^+$ ). El cobre desempeña un papel comparable al del hierro en los procesos redox de la fisiología de la planta. Pero, a diferencia de hierro, las enzimas que contienen cobre pueden reaccionar con oxígeno molecular y catalizan preferentemente procesos terminales de oxidación. Varias proteínas que contienen cobre desempeñan un papel fundamental en procesos como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación. Las enzimas polifenol oxidasa, ascorbato oxidasa y diamino oxidasa que contienen cobre aparecen en las paredes celulares de la planta y desempeñan un papel importante en la biosíntesis del fenol, vía quinona, a sustancias melanóticas y a lignina (KIRKBY y ROMHELD, 2007).

De acuerdo a ETPUSOEN RIEGO (2005), el  $\text{Cu}^+$  y  $\text{Cu}^{2+}$  son las formas de cobre que pueden ser absorbidas por las plantas. La disponibilidad de cobre para las plantas depende de factores que incluyen el tipo de suelo, su composición y textura, la actividad microbiana del suelo, pH, potencial óxido reducción, humedad, y la especie de la planta. El cobre está menos disponible para las plantas en suelos con alto contenido orgánico y alto pH. Según KIRKBY

y ROMHELD (2015), el retraso en la floración y la senescencia, observados frecuentemente en plantas con deficiencia de cobre, pueden ser causados por elevadas concentraciones del ácido indolacético (AIA) resultante de la acumulación de ciertas sustancias fenólicas, las cuales inhiben la acción del AIA oxidasa.

La falta de cobre afecta al crecimiento reproductivo (formación de granos, semillas y frutos) mucho más que al crecimiento vegetativo. En las flores de plantas con adecuado suplemento de cobre, las anteras y los ovarios tienen mayor contenido y demanda de este nutriente. El polen proveniente de plantas con deficiencia de cobre no es viable, entre las causas de esterilidad masculina se incluyen la falta de almidón en el polen y la inhibición de la liberación de estambres como resultado de problemas en la lignificación de las paredes celulares de las anteras. Los síntomas típicos de la deficiencia de cobre son clorosis, necrosis, distrofia foliar y muerte descendente. Los síntomas generalmente aparecen en los tejidos de los brotes, lo que es un indicativo de la pobre distribución de cobre en plantas con deficiencia de este nutriente. Los cereales deficientes en cobre tienen la apariencia de un arbusto, con la punta de las hojas enrolladas y blancas y con una reducida formación de panículas. Las espigas no se desarrollan totalmente y se quedan parcialmente torcidas. Otros síntomas típicos son la reducción de la lignificación, asociado al acame, en cereales, y baja resistencia a enfermedades. La deficiencia de cobre reduce drásticamente la producción de frutos y semillas como consecuencia de la esterilidad masculina inducida (KIRKBY y ROMHELD, 2007). En el maíz el Cu es fundamental para optimizar el transporte del agua dentro de la planta para

potenciar la síntesis de la lignina (rigidez de tejidos). En la medida que los tejidos se encuentren lignificados, las pérdidas de agua por transpiración serán menores (GASPAR y TEJERINA, 2000). Para la producción de 1 t de maíz en grano se requiere de 13 g de cobre (GARCÍA, 2005).

## **2.2. Descripción del híbrido comercial “XB – 8010”**

El híbrido “XB – 8010” es descrito por AGRICOL (2011) de la siguiente manera:

Tipo de híbrido	: Doble.
Altura de Plantas	: 2.20 m.
Inserción de mazorca	: 0.90 m.
Número de mazorcas por planta	: Superior a 1 en promedio.
Longitud de mazorca	: 17 cm.
Forma de la mazorca	: Cilíndrica.
Número de granos por hilera	: 36.
Número de hileras por mazorca	: 12 a 14 hileras.
Tipo de grano	: Duro.
Peso de 1000 granos	: 365 g.
Relación grano/coronta	: 84/16.
Diámetro coronta	: 2.77 cm.
Color de hojas	: Verde intenso.
Cosecha en invierno	: 135/150 días.
Cosecha en verano	: 120/125 días.
Grosor de tallo	: 2.10 a 2.30 cm.
Rendimiento (promedio)	: 10 t/ha.

### 2.3. Descripción del fertilizante foliar Flower Power®

Flower Power® es un fertilizante foliar que estimula la floración y viabiliza la polinización, a través de la diferenciación y continua división celular en la flor, incrementando la fecundación del óvulo particularmente bajo condiciones de climas adversos, escaso/exceso humedad, poca luminosidad, etc. Sus ventajas son incrementar el vigor de las yemas reproductivas, propiciar la uniformidad de la floración y el cuajado de frutos; incrementar la fortaleza de la polinización; propiciar el desarrollo vigoroso inicial de los frutos jóvenes; retención de flores y frutos, disminuyendo la caída de estos; la resistencia a plagas y enfermedades en la floración, y cuajado de frutos. En el Cuadro 1, se ve la composición química del fertilizante foliar Flower Power® (STOLLER, 2011).

**Cuadro 1.** Composición química del fertilizante foliar.

Composición química	Porcentaje (%)
Boro (B)	2.50
Cobre (Cu)	0.10
Zinc (Zn)	3.50
Contiene cofactores de la floración y la polinización	

Fuente: STOLLER (2011).

### 2.4. Antecedentes

No obstante, el aumento de los rendimientos como resultado del mayor uso de fertilizantes e híbridos o variedades de mayor potencial de rendimiento en la última década hace que cada vez sea más frecuente encontrar respuesta al agregado de elementos menores. El boro y el zinc se mencionan entre los micronutrientes más citados como factibles de producir disminuciones de



rendimientos en situaciones de deficiencias y, a su vez, relativamente fáciles de corregir mediante fertilizaciones y lograr aumentos económicos de rendimientos (ANDRADE *et al.*, 2000). El boro es uno de los micronutrientes que provoca deficiencias más frecuentes en cultivos como el maíz. Asimismo, el zinc es uno de los más asociados a la producción de maíz (MELGAR *et al.*, 2001).

Ensayos hechos en Argentina, se determinaron incrementos significativos en los rendimientos por agregado de estos nutrientes por vía foliar. La aplicación foliar de zinc y boro produjeron una tendencia positiva en los rendimientos, incrementó los rendimientos en forma significativa, alcanzando las diferencias a 845 kg/ha. Los resultados obtenidos durante tres años de ensayos permiten afirmar que, fuera de N, P, K, y S, el Zn y B son los nutrientes que mayores posibilidades tienen de incrementar los rendimientos en maíz (FERRARIS y COURETOT, 2008). Se encontraron que la aplicación de 5 kg/ha de zinc como sulfato de zinc, logró reducir el crecimiento y peso de larvas y pupas de gusano cogollero del maíz (RATTO y MIGUEZ, 2008).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Ubicación del campo experimental**

La presente tesis se desarrolló en las instalaciones del Centro de Investigación y Producción Tulumayo – Anexo La Divisoria (CIPTALD) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), en el distrito de José Crespo y Castillo, desde el 22 de Julio al 25 de Noviembre de 2011.

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

Este	:	386011 m.
Norte	:	8990008 m.
Altitud	:	600 msnm.

##### **3.1.2. Ubicación política**

Departamento	:	Huánuco.
Provincia	:	Leoncio Prado (Tingo María).
Distrito	:	José Crespo y Castillo.

##### **3.1.3. Historia del campo experimental**

El campo donde se ejecutó el presente experimento fue utilizado en el siguiente orden cronológico:

Hasta el 2000	:	Producción de maíz (San Fernando).
2001 – 2009	:	Campo sin cultivar.
2010 – 2011	:	Producción de maíz (CIPTALD).

##### **3.1.4. Condiciones climáticas**

Para el presente trabajo de investigación se tomaron datos de la Estación Meteorológica del SENAMHI “Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones” – Tulumayo (Cuadro 2). Se observa que la temperatura media

mensual durante el periodo de ejecución, varió de 23.20 a 24.60 °C, valores que se encuentran dentro del rango óptimo para el desarrollo del maíz, según PALIWAL *et al.* (2001), porque el rango debe estar entre los 10 y 28 °C; asimismo agregan que desde la siembra a la madurez, el maíz necesita de 500 a 800 mm de precipitación, con un promedio de 120 a 150 mm mensuales; condiciones que fueron sobrepasadas en la localidad donde se desarrolló el experimento, con una precipitación promedio de 191.66 mm mensuales, siendo el mes de noviembre el más lluvioso con 329.40 mm.

**Cuadro 2.** Datos meteorológicos registrados entre los meses de julio y noviembre del año 2011 que duró la investigación.

Meses	Temperatura (°C)			Humedad (%)		Precipitación (mm)
	Max.	Min.	Med.	Max.	Min.	
Julio	28.00	18.40	23.20	94	74	149.10
Agosto	28.40	19.00	23.70	93	72	112.50
Septiembre	28.80	19.40	24.10	92	72	140.10
Octubre	29.50	19.50	24.50	92	75	227.20
Noviembre	29.60	19.60	24.60	93	73	329.40
Total	144.30	95.90	120.10	464	366	958.30
Promedio	28.86	19.18	24.02	93	73	191.66

Fuente: Estación Meteorológica José Abelardo Quiñones (2011).

### 3.1.5. Análisis de suelo

Los resultados del análisis físico y químico (Cuadro 3), nos indican que el suelo del campo experimental ha sido establecido en un suelo de topografía plana, caracterizado por presentar textura franca, con reacción neutra, cuyo contenido de materia orgánica es alto, nitrógeno total alto, con contenido

de fósforo y potasio disponible alto y medio respectivamente, cumpliendo con las características mínimas necesarias para el cultivo de maíz.

**Cuadro 3.** Análisis físico-químico del suelo del campo experimental Tulumayo.

Característica		Resultados	Métodos
<b>Análisis físico</b>			
Arena	(%)	27.0	Hidrómetro
Limo	(%)	47.0	Hidrómetro
Arcilla	(%)	26.0	Hidrómetro
Clase textural		Franco	Triángulo textural
<b>Análisis químico</b>			
pH		7.11	Potenciómetro
M. O.	(%)	4.48	Walkley y Black
N total	(%)	0.23	Micro – Kjeldahl
P	(ppm)	16.6	Olsen modificado
K	(ppm)	143.0	Acetato de amonio
CIC	cmol (p+)/kg	23.52	Suma de cationes
Ca	cmol (p+)/kg	16.70	Acetato de amonio
Mg	cmol (p+)/kg	3.40	Acetato de amonio
K	cmol (p+)/kg	2.20	Acetato de amonio
Na	cmol (p+)/kg	1.22	Acetato de amonio

Fuente: Laboratorio de Suelos y Plantas de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

### 3.2. Diseño estadístico

#### 3.2.1. Componentes en estudio

a. Niveles de fertilizante foliar:

$$a_1 = 0 \text{ L/ha}$$

$$a_2 = 2 \text{ L/ha.}$$

$$a_3 = 4 \text{ L/ha.}$$

$$a_4 = 6 \text{ L/ha.}$$

b. Maíz híbrido doble "XB - 8010".

### 3.2.2. Tratamientos en estudio

La descripción de los tratamientos se puede observar en el Cuadro 4 que se presenta a continuación:

**Cuadro 4.** Descripción de los tratamientos en estudio.

Clave	Dosis del fertilizante foliar Flower Power®	Dosis de abonamiento al suelo: N – P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O (kg/ha)
T <sub>1</sub>	0 L/ha	200 - 40 - 160
T <sub>2</sub>	2 L/ha	200 - 40 - 160
T <sub>3</sub>	4 L/ha	200 - 40 - 160
T <sub>4</sub>	6 L/ha	200 - 40 - 160

### 3.2.3. Diseño experimental

Para este trabajo de investigación, se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DCBA) con un total de cuatro tratamientos distribuidos en cuatro bloques. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}.$$

$Y_{ij}$  = Es la respuesta obtenida en la unidad experimental correspondiente al j – ésimo bloque a la cual se aplicó el i – ésimo nivel del fertilizante foliar.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\alpha_i$  = Es el efecto de la i – ésimo nivel del fertilización foliar.

$\beta_j$  = Es el efecto del j – ésimo bloque.

$\varepsilon_{ijk}$  = Es el efecto aleatorio del error experimental obtenido en la unidad experimental correspondiente al j – ésimo bloque a la cual se aplicó el i – ésimo nivel del fertilizante foliar.

Para:

i = 1, 2,... 4 niveles del fertilizantes foliar.

j = 1, 2,... 4, bloques.

### 3.2.4. Análisis estadístico

Para hallar el análisis de variancia (F. tab. = 0.01 y 0.05) se utilizó el software Microsoft Office Excel 2016 (Cuadro 5). Con el mismo software se halló las diferencias entre las medias obtenidas por los tratamientos en estudio en las diferentes evaluaciones realizadas por la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ).

**Cuadro 5.** Esquema del análisis de variancia.

FV	GL	SC	CM	F Cal.	F Tab.
Bloques	2	SC <sub>bloq</sub>	SC <sub>bloq</sub> /gl <sub>bloq</sub> = CM <sub>bloq</sub>	CM <sub>bloq</sub> /CM <sub>ee</sub>	F $_{\alpha}(gl_{bloq}, gl_{ee})$
Tratamientos	3	SC <sub>trat</sub>	SC <sub>trat</sub> /gl <sub>trat</sub> = CM <sub>trat</sub>	CM <sub>trat</sub> /CM <sub>ee</sub>	F $_{\alpha}(gl_{trat}, gl_{ee})$
Error exp.	9	SC <sub>ee</sub>	SC <sub>ee</sub> /gl <sub>ee</sub> = CM <sub>ee</sub>		
Total	15	SC <sub>total</sub>			

### 3.2.5. Características del campo experimental

#### a. Dimensiones del campo experimental

- Largo 32.00 m
- Ancho 16.40 m
- Distanciamiento entre bloques 1.20 m
- Área total 524.80 m<sup>2</sup>

#### b. Bloques

- Número de bloques 4
- Largo de bloque 32.00 m
- Ancho de bloque 03.20 m

- Área de bloque 102.40 m<sup>2</sup>
- Ancho entre bloques 1.20 m

**c. Parcela**

- Número de parcelas/bloques 4
- Número total de parcelas 16
- Largo de la parcela 8.00 m
- Ancho de la parcela 3.20 m
- Área de la parcela 25.60 m<sup>2</sup>

**d. Hileras y golpes**

- Número de hileras/parcela 10
- Distanciamiento entre hileras 0.8 m
- Distancia entre golpes 0.40 m
- Número de golpes por hilera 8
- Número de golpes por parcela 80
- Número de plantas por golpe 2

**3.3. Ejecución del experimento**

**3.3.1. Obtención de semillas**

La semilla certificada de maíz que se utilizó en el presente experimento fue el híbrido doble "XB – 8010".

**3.3.2. Preparación y demarcación del terreno**

La preparación del terreno consistió en una limpieza total del terreno y una labranza con arado y rastra con una posterior nivelación. La demarcación y alineación del terreno se realizó de acuerdo al croquis del campo experimental (ver anexo).

### **3.3.3. Muestreo de suelos**

El muestreo de suelo se realizó en forma de zig-zag dentro del campo experimental, a una profundidad aproximada de 30 cm; luego se mezclaron homogéneamente las sub muestras para obtener 1 kg de muestra, que fue llevada al Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su análisis.

### **3.3.4. Siembra**

La siembra se realizó en forma manual el 10 de Agosto de 2011, empleando un promedio de 25 kg/ha, correspondiendo tres semillas por golpe. Posteriormente después de los 15 días de siembra se realizó el raleo o desahijé, dejando dos plantas por sitio (las más vigorosas) a un distanciamiento de 0.80 m entre surcos o hileras y 0.40 m entre golpes, con una densidad de siembra de 62,500 plantas/ha.

### **3.3.5. Control de malezas**

Se realizó un control preemergente con Atrazina a razón de 2 L/ha de acción selectiva inmediatamente después de la siembra del maíz, luego se complementó con deshierbos manuales a los 25 días junto con el aporque y 45 días después de la siembra utilizando como herramienta el azadón.

### **3.3.6. Control de plagas y enfermedades**

Para el control del cogollero (*Spodoptera frugiperda*), se realizó la aplicación de Tamarón (Metamidophos + Carbofuran) y Furadan (a nivel de 2.5 ‰ a los 10, 20 y 30 días después de la siembra. Posteriormente se hizo la aplicación de Caporal (Cipermetrina + Metamidophos) a razón de 2.5 ‰ a los 40 días después de la siembra.



### **3.3.7. Fertilización**

La fórmula de fertilización que se utilizó fue de 200 - 40 - 160 kg/ha de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O. Se usó como fuente de nitrógeno a la urea, como fuente de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) al superfosfato triple de calcio y como fuente de potasio (K<sub>2</sub>O) al cloruro de potasio. La primera fertilización se hizo a los diez días después de la siembra aplicando todo el fósforo y el 50 % de nitrógeno y potasio, la segunda fertilización se hizo a los 30 días después de la siembra y se aplicó el 50 % de nitrógeno y potasio restante. La forma de aplicación fue manual haciendo hoyos con un tacarpo a una distancia de 8 a 10 cm, de la base de las plantas en la totalidad de tratamientos (incluido el testigo).

### **3.3.8. Aplicación del fertilizante foliar**

La fertilización foliar con micronutrientes (zinc, boro y cobre), del producto comercial Flower Power®. La aplicación del fertilizante foliar con micronutrientes, se realizó con un aspersor manual (bomba de mochila) de 20 litros de capacidad, con gasto fijo por aplicación de 200 litros por hectárea, se calibró el gasto de agua en el área de la parcela testigo. Los niveles del fertilizante foliar a aplicar fueron: 2, 4 y 6 L/ha, se aplicó en dos fracciones, la primera aplicación se realizó aproximadamente a los 40 días y la segunda a los 50 días de la siembra de maíz, cuando el desarrollo vegetativo terminó.

### **3.3.9. Cosecha**

Esta labor se realizó en forma manual a los 120 días después de la siembra, cuando las mazorcas de cada unidad experimental presentaron una maduración comercial; las mazorcas fueron recolectadas con un contenido de humedad promedio en campo de 19 a 24 %.

### **3.4. Evaluaciones registradas**

#### **3.4.1. Altura de planta**

Se midió desde el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la panoja (hoja bandera), las mediciones se realizaron a los 60 días después de la siembra, en diez plantas tomadas al azar en cada unidad experimental.

#### **3.4.2. Altura de inserción de la mazorca**

Estuvo determinada por la distancia comprendida entre el nivel del suelo hasta el punto de inserción de la mazorca principal (nudo donde se produce la yema axilar que da lugar a la mazorca superior), en diez plantas tomadas al azar por unidad experimental.

#### **3.4.3. Longitud y diámetro de mazorca**

Se utilizó 10 mazorcas seleccionadas al azar para determinar dicho carácter, haciendo uso de una regla milimetrada y un vernier.

#### **3.4.4. Número de hileras por mazorca**

Se seleccionó diez mazorcas y contabilizó el número de hileras, empezando de la parte central de la mazorca.

#### **3.4.5. Número de granos por hilera**

De las diez mazorcas seleccionadas se contabilizó el número de granos de una hilera seleccionada al azar, dentro de cada mazorca.

#### **3.4.6. Rendimiento**

Los datos de rendimiento se obtuvieron pesando el número total de mazorcas por parcela; para este fin se empleó una balanza convencional. Los rendimientos ajustados en kilogramos/parcela para su mejor expresión se refirieron a t/ha, según la fórmula siguiente:

$$\text{Rdto. (t ha}^{-1}\text{)} = P_c \times \frac{10}{A} \times H^{\circ} \times \%D \times F_c \times 0.971$$

En donde:

- P<sub>c</sub> = Peso de campo (kg)
- A = Área de parcela
- %D = Porcentaje de desgrane
- F<sub>c</sub> = Factor de corrección por fallas
- 0.971 = Coeficiente de contorno

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Altura de planta

En el Cuadro 6 se muestra el análisis de variancia para la altura de planta de maíz híbrido 'XB – 8010', donde para los bloques no existe diferencias estadísticas, mientras que para los tratamientos si se encontró diferencia estadística significativa, indicando que al menos uno de los niveles del fertilizante foliar fue diferente a los demás tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue de 3.04 %, indicándonos que hubo una excelente homogeneidad en los resultados experimentales.

**Cuadro 6.** Análisis de variancia para la altura de planta de maíz híbrido doble "XB – 8010".

Fuente de Variación	GL	SC	CM	Sig.
Bloques	3	0.0130	0.0043	NS
Tratamientos	3	0.1795	0.0598	S
Error experimental	9	0.0418	0.0046	
Total	15	0.2344		
C.V. :		3.04 %		

NS : No existe significación estadística.

S : Significación estadística al 5% de probabilidad.

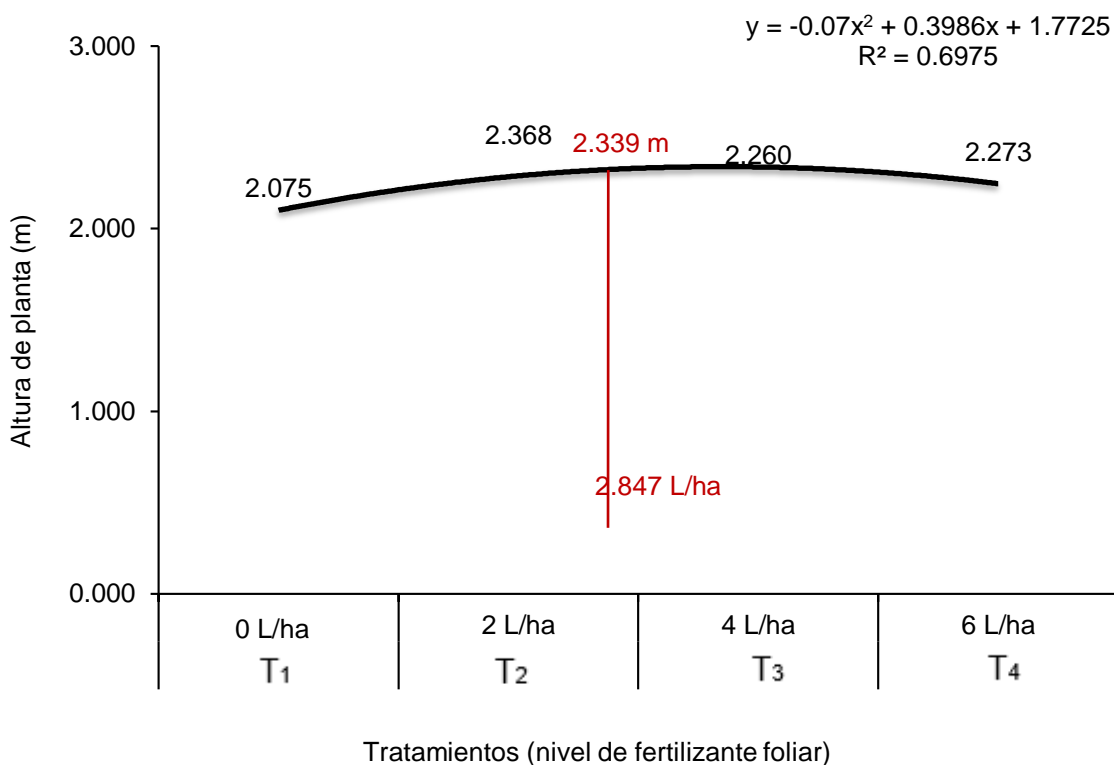
En el Cuadro 7 se puede observar la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la altura de planta, donde se encontró que los tratamientos T<sub>2</sub> (2 L/ha), T<sub>4</sub> (6 L/ha) y T<sub>3</sub> (4 L/ha), con 2.368, 2.273 y 2.260 m de altura respectivamente, fueron estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al tratamiento T<sub>1</sub> (0 L/ha) que sólo alcanzó 2.075 m de altura de planta.

**Cuadro 7.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la altura de planta del maíz híbrido doble "XB-8010".

Clave	Tratamientos	Altura (m)	Sig.
T <sub>2</sub>	2 L/ha del fertilizante foliar	2.368	a
T <sub>4</sub>	6 L/ha del fertilizante foliar	2.273	a
T <sub>3</sub>	4 L/ha del fertilizante foliar	2.260	a
T <sub>1</sub>	0 L/ha del fertilizante foliar	2.075	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

En la Figura 1 podemos ver la curva de tendencia polinómica ( $y = -0.07x^2 + 0.3986x + 1.7725$ ) de orden 2 (tendencia cuadrática), para el efecto de la fertilización foliar en la altura del maíz híbrido "XB-8010". Esta curva nos indica un incremento de altura por efecto del aumento de los niveles de fertilizante foliar, hasta alcanzar a los 2.847 L/ha, siendo este el nivel óptimo, donde el híbrido alcanzaría su mayor altura de planta (2.339 m), a partir de este nivel la altura empieza a decrecer, aunque se siga incrementado los niveles de fertilizante foliar. También se puede ver el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.6975, indicándonos que 69.75% de la variación de la altura de maíz esta explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 30.25% esta explicado por otros factores externos, que no se pueden controlar en el modelo.



**Figura 1.** Altura de planta de maíz híbrido “XB-8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

El incremento de la altura del maíz híbrido “XB-8010” estaría obedeciendo a los micronutrientes aplicados con los tratamientos (Zn, B y Cu), ellos tienen efectos muy importantes en el desarrollo fisiológico de la planta, como el intervenir en la síntesis de auxinas (RATTO y MIGUEZ, 2008). El Zn participa en la síntesis de triptófanos y lípidos, además de que junto con el N es promotor del crecimiento de la planta al promover la síntesis de la hormona de crecimiento y el alargamiento de entrenudos (GASPAR y TEJERINA, 2000), una deficiencia de Zn promueve la alteración del metabolismo de la auxina, particularmente del ácido indolacético (AIA) y que está estrechamente relacionado con el crecimiento retardado, es decir, inhibición en la elongación de los entrenudos. La forma cómo funciona el Zn en el metabolismo de las auxinas no está completamente clara;

pero parece probable que el triptófano, el cual requiere de Zn para su formación, sea el precursor en la biosíntesis del AIA. De todas maneras, cuando se da la deficiencia de Zn, no solo que existe menos AIA sintetizado, sino que éste se ve sujeto a una mayor degradación oxidativa (KIRKBY y ROMHELD, 2007), pero principalmente este nutrientes tiene un efecto favorable ha sido mencionado reiteradamente con potencial para mejorar la productividad del cultivo del maíz (FERRARIS y COURETOT, 2008). El B promueve la división apropiada y la elongación de las células participa en la síntesis del almidón y la traslación o movilización de azúcares (NAVARRO y NAVARRO, 2003). El Cu participa en el metabolismo del AIA, en la actividad de la peroxidasa, catalasa y biosíntesis del fenol, vía quinona, a sustancias melanóticas y la lignina (KIRKBY y ROMHELD, 2007).

En el año 2005, en estudios realizados dentro de la provincia de Leoncio Prado, en las localidades de Naranjillo y Afilador, se encontró que el maíz híbrido "XB - 8010" alcanzó una altura de planta de 2.06 m (ROJAS, 2005). Por otra parte, AGRICOL (2011) reporta que el híbrido doble de maíz "XB – 8010" tiene una altura promedio de 2.20 m, para ensayos realizados con este material en la costa norte del Perú. En trabajos reciente en nuestra región como lo realizado por LOBATO (2011), se encontró una altura de planta de 2.38 m en este mismo cultivar, aunque este autor utilizó silicato de potasio como fertilización foliar y aplicación al suelo. En el presente trabajo se encontró en promedio una altura de planta de maíz híbrido doble de maíz "XB – 8010" de 2.368 m, lo cual nos demuestra que la altura de planta fue influenciado por la aplicación foliar de Zinc, Boro y Cu.

#### 4.2. Altura de inserción de mazorca

En el Cuadro 8 se muestra el análisis de variancia para la altura de inserción mazorca de maíz híbrido doble “XB-8010”, donde no se encontró diferencias significativas para los bloques, pero si hubo significación estadística al 5 % de probabilidad para los tratamientos, indicando que al menos uno de estos tratamientos mostró ser diferente que los demás. También podemos ver que el coeficiente de variabilidad fue de 5.09 %, indicándonos que hubo una excelente homogeneidad en la respuesta de los resultados experimentales.

**Cuadro 8.** Análisis de variancia para el carácter altura de inserción de mazorca de maíz híbrido doble “XB – 8010”.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Sig.</b>
Bloques	3	0.0127	0.0042	NS
Tratamientos	3	0.0179	0.0060	S
Error experimental	9	0.0280	0.0031	
Total	15	0.0585		

C.V. : 5.09 %

NS : No existe significación estadística.

S : Significación estadística al 5% de probabilidad.

En el Cuadro 9 se puede ver la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para la altura de inserción de mazorca del maíz híbrido doble “XB – 8010”, donde se encontró que los tratamientos T<sub>4</sub> (6 L/ha), T<sub>3</sub> (4 L/ha) y T<sub>2</sub> (2 L/ha), con 1.260, 1.213 y 1.198 cm respectivamente, tuvieron comportamientos estadísticamente similares entre sí, pero superiores al tratamiento T<sub>1</sub> (0 L/ha) donde no se aplicó el fertilizante foliar, que sólo alcanzó 1.068 m de altura.



**Cuadro 9.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), para el carácter altura de inserción de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010”.

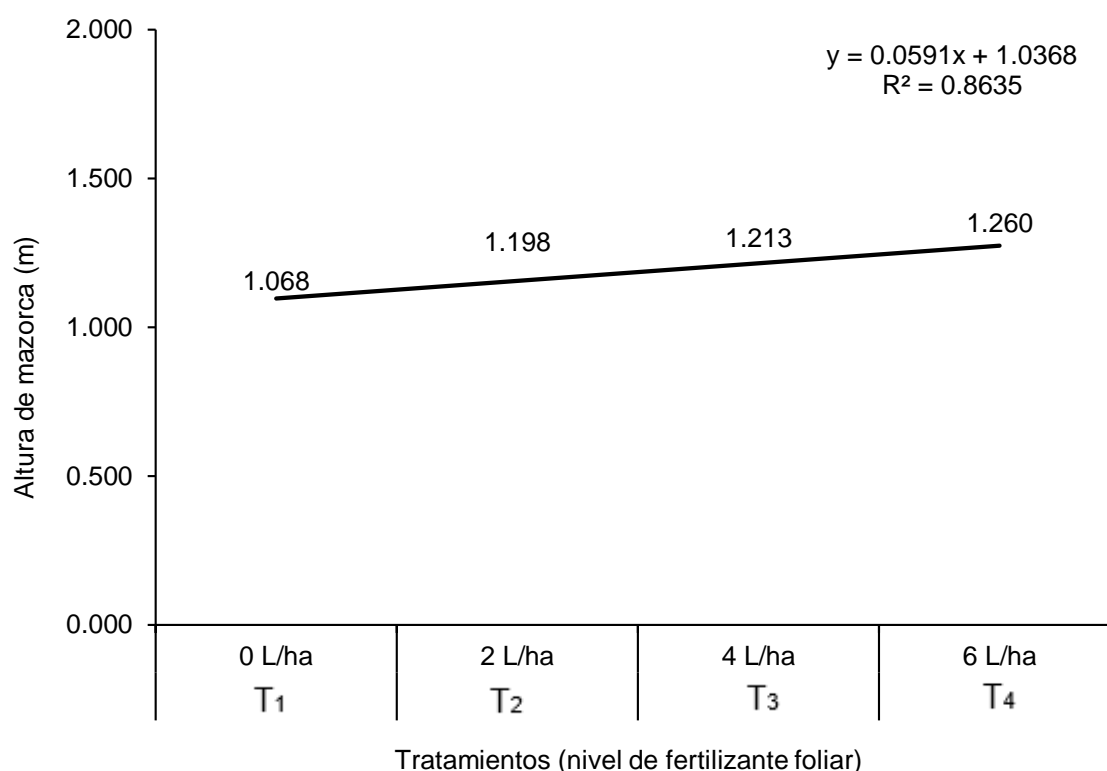
Clave	Tratamientos	Altura (m)	Sig.
T <sub>4</sub>	6 L/ha de fertilizante foliar	1.260	a
T <sub>3</sub>	4 L/ha de fertilizante foliar	1.213	a
T <sub>2</sub>	2 L/ha de fertilizante foliar	1.198	a
T <sub>1</sub>	0 L/ha de fertilizante foliar	1.068	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

En la Figura 2 podemos ver la tendencia lineal positiva ( $y = 0.0591x + 1.0368$ ) para el efecto del fertilizante foliar en la altura de inserción de mazorca de maíz híbrido doble “XB - 8010”, Esta línea de tendencia nos explica que a medida que se aumente el nivel del fertilizante, en la altura de inserción de mazorca de maíz se percibe un incremento proporcional. También vemos el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.8635, indicándonos que 86.35% de la variación de la altura de inserción mazorca esta explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 13.65 % esta explicado por otros factores externos, que no se pueden controlar en el modelo.

El efecto fisiológico del Zn, B y Cu sobre la altura de inserción de mazorca es un tema poco reportado por los trabajos realizados en la fertilización con micronutrientes, enfocándose mayormente en su efecto sobre el rendimiento del maíz, motivo por el cual no se cuenta con reportes que nos permitan ampliar

exclusivamente estos efectos, pero supuestamente la función de estos micronutrientes en la síntesis de triptófanos y lípidos, en el metabolismo de la auxina, la biosíntesis del AIA, síntesis del almidón y la traslación o movilización de azúcares, además de la actividad de la peroxidasa, catalasa y biosíntesis del fenol (GASPAR y TEJERINA, 2000; KIRKBY y ROMHELD, 2007; FERRARIS y COURETOT, 2008; NAVARRO y NAVARRO, 2003) influenciaron en la altura de la inserción de mazorca, tan igual como lo hicieron en la altura de planta.



**Figura 2.** Altura de inserción de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

ROJAS (2005) en su investigación realizado en la localidad de Naranjillo, encontró que el híbrido de maíz “XB - 8010” alcanzó una altura de inserción de mazorca de 1.17 m, AGRICOL (2011) reporta que el híbrido doble de maíz “XB

- 8010” tiene una altura de inserción de mazorca promedio de 0.90 m para ensayos realizados con este material en la costa norte del Perú.

En el presente trabajo la mayor altura de inserción de mazorca se encontró en el tratamiento T<sub>4</sub> (6 L/ha), con una altura de mazorca de 1.26 m, lo cual nos demuestra una altura superior a lo reportado por los autores antes mencionados. También se encontró que en el tratamiento testigo T<sub>1</sub> (0 L/ha), la altura de mazorca fue casi similar a lo encontrado por ROJAS (2005), para la misma región. LOBATO (2011) encontró una altura máxima de mazorca de maíz de 1.275 m ligeramente superior a lo encontrado en el presente trabajo (1.260 m), señalando que en esta investigación el autor utilizó silicato de potasio como componente de estudio.

#### **4.3. Longitud de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera**

En el Cuadro 10 se puede ver el análisis de variancia para las características: longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, donde a nivel de bloques no se ve diferencias estadísticas en las cuatro características evaluadas; es decir, los bloques no influyeron sobre los resultados. Mientras que para los tratamientos en estudio si se encontró diferencias estadísticas significativas en casi todo las características evaluadas, con excepción para el número de hileras por mazorca. Los valores de los coeficientes de variabilidad fueron de 3.53, 1.75, 2.34 y 2.92 % respectivamente; lo que nos indica una excelente homogeneidad en los resultados experimentales.

**Cuadro 10.** Análisis de variancia para las características longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera del maíz híbrido “XB – 8010”.

Fuente de Variación	GL	Longitud de mazorca		Diámetro de mazorca		Hileras por mazorca		Granos por hilera	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Bloques	3	0.1375	NS	0.0081	NS	0.0390	NS	4.8264	NS
Tratamientos	3	0.9142	S	0.0345	S	0.2756	NS	6.5455	S
Error experimental	9	0.4581		0.0077		0.0978		1.4653	
C.V. :		3.53 %		3.75 %		2.34 %		2.92 %	

NS : No existe significación estadística.

S : Significación estadística.

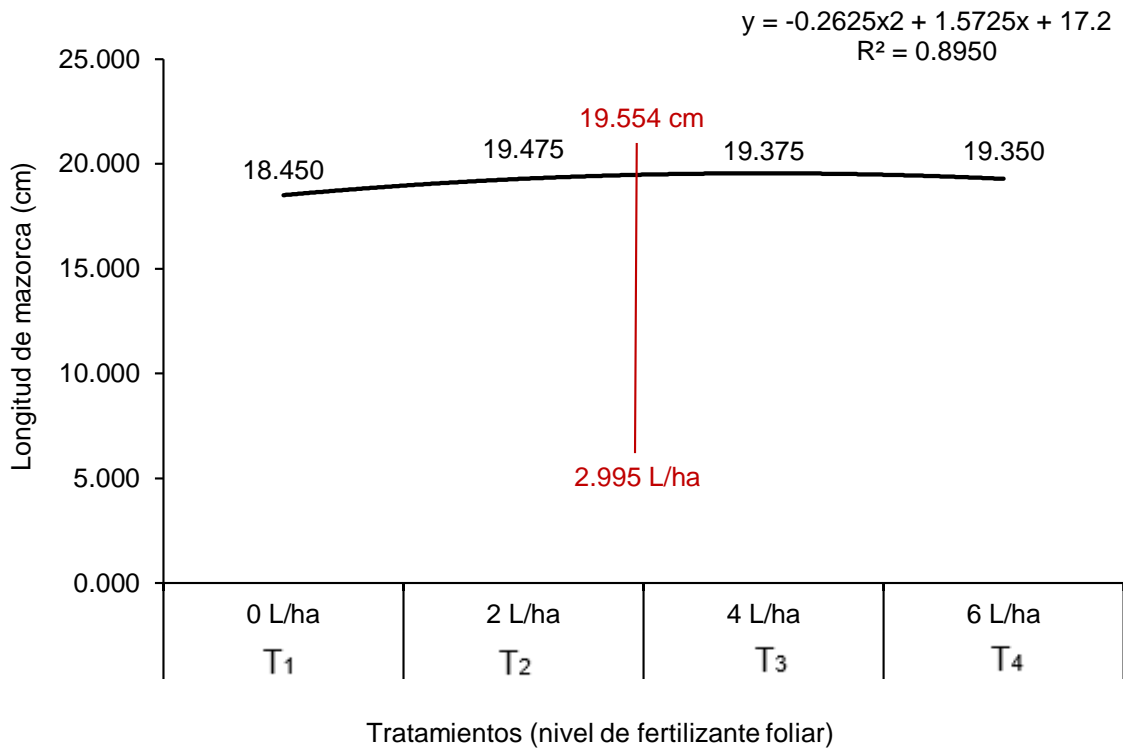
El Cuadro 11 muestra la comparación de medias mediante la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) que para las características longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera, donde se encontró que existe un comportamiento similar entre los tratamientos T<sub>4</sub> (6 L/ha), T<sub>3</sub> (4 L/ha) y T<sub>2</sub> (2 L/ha), es decir, que los tratamientos fueron iguales estadísticamente entre sí, pero a la vez superiores al tratamiento T<sub>1</sub> (0 L/ha); sin embargo, a excepción de la característica número de hileras por mazorca, donde el testigo tuvo similar comportamiento que el resto los tratamientos en estudio. Numéricamente, el tratamiento T<sub>2</sub> (2 L/ha) tuvo la mayor longitud y el mayor diámetro de mazorca con 19.475 y 5.013 cm respectivamente, mientras que el tratamiento T<sub>4</sub> (6 L/ha) obtuvo mayor número de hileras por mazorca y mayor número de granos por hilera con 13.780 y 42.804 unidades respectivamente.

En la Figura 3 podemos observar la curva de tendencia polinómica ( $y = -0.2625x^2 + 1.5725x + 17.2$ ) de orden 2 (cuadrática) en base a los promedios de longitud de mazorca mostrados en el cuadro anterior (Cuadro 11). En esta curva de tendencia, el punto máximo o vértice, según la función cuadrática, se alcanzó con una nivel de 2.995 L/ha, obteniendo una longitud de mazorca de 19.554 cm en este punto, a niveles superiores del fertilizante foliar la longitud de la mazorca comienza a decrecer, además se puede observar que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es de 0.8950, indicándonos que 89.50 % de la variación de la longitud de mazorca esta explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 10.50 % esta explicado por otros factores externos, que no se pueden controlar en el modelo.

**Cuadro 11.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ), para las características longitud de mazorca, diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca y número de granos por hilera del maíz híbrido “XB – 8010”.

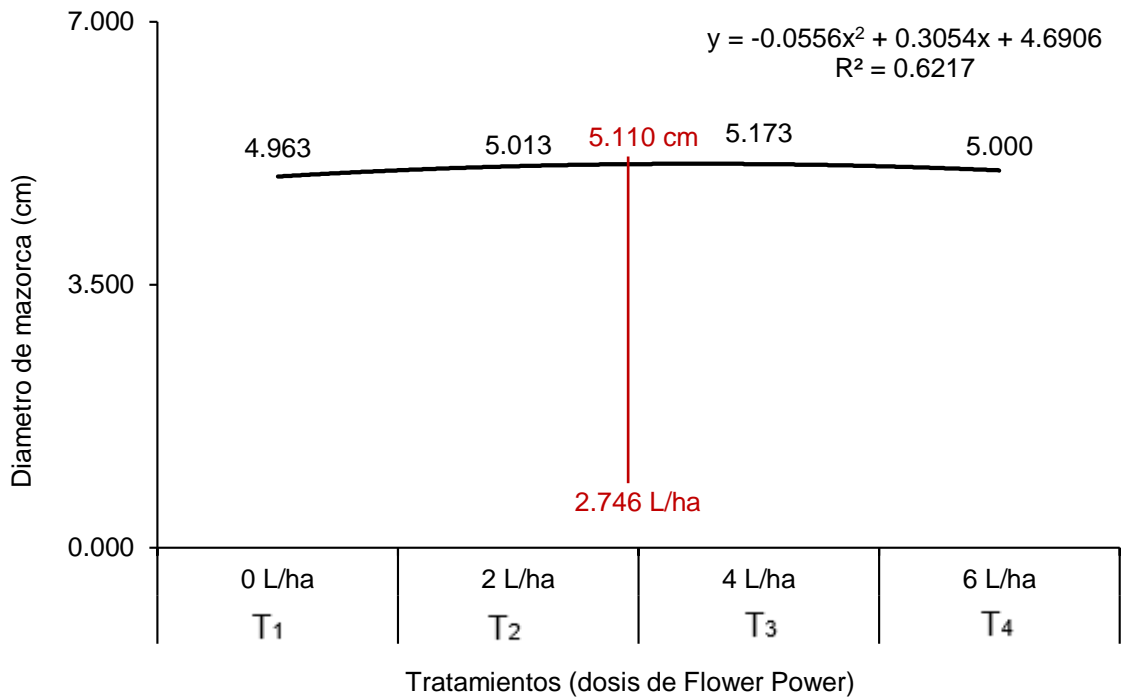
Clave	Tratamientos	Longitud (cm)		Diámetro (cm)		Hileras por mazorca		Granos por hilera	
T <sub>2</sub>	2 L/ha de fertilizante foliar	19.475	a	5.013	a	13.250	a	41.223	a
T <sub>3</sub>	4 L/ha de fertilizante foliar	19.375	a	5.173	a	13.780	a	42.806	a
T <sub>4</sub>	6 L/ha de fertilizante foliar	19.350	a	5.000	a	13.250	a	41.944	a
T <sub>1</sub>	0 L/ha de fertilizante foliar	18.450	b	4.963	b	13.250	a	39.784	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.



**Figura 3.** Longitud de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

La Figura 4 muestra la curva de tendencia polinómica ( $y = -0.0556x^2 + 0.3054x + 4.6906$ ) de orden 2 (cuadrática) en base a los promedios de diámetro de mazorca mostrados en el cuadro anterior (Cuadro 11). Para esta curva el punto máximo o vértice, según su función cuadrática, se alcanzó a los 5.110 cm de diámetro de mazorca con un nivel de 2.746 L/ha, esto significa que al incrementar el nivel de fertilizante foliar, el diámetro de la mazorca comienza a decrecer paulatinamente. También podemos ver que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.6217, indicándonos que 62.17% de la variación del diámetro de mazorca esta explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 37.83% esta explicado por otros factores externos, que no se pueden controlar en el modelo.

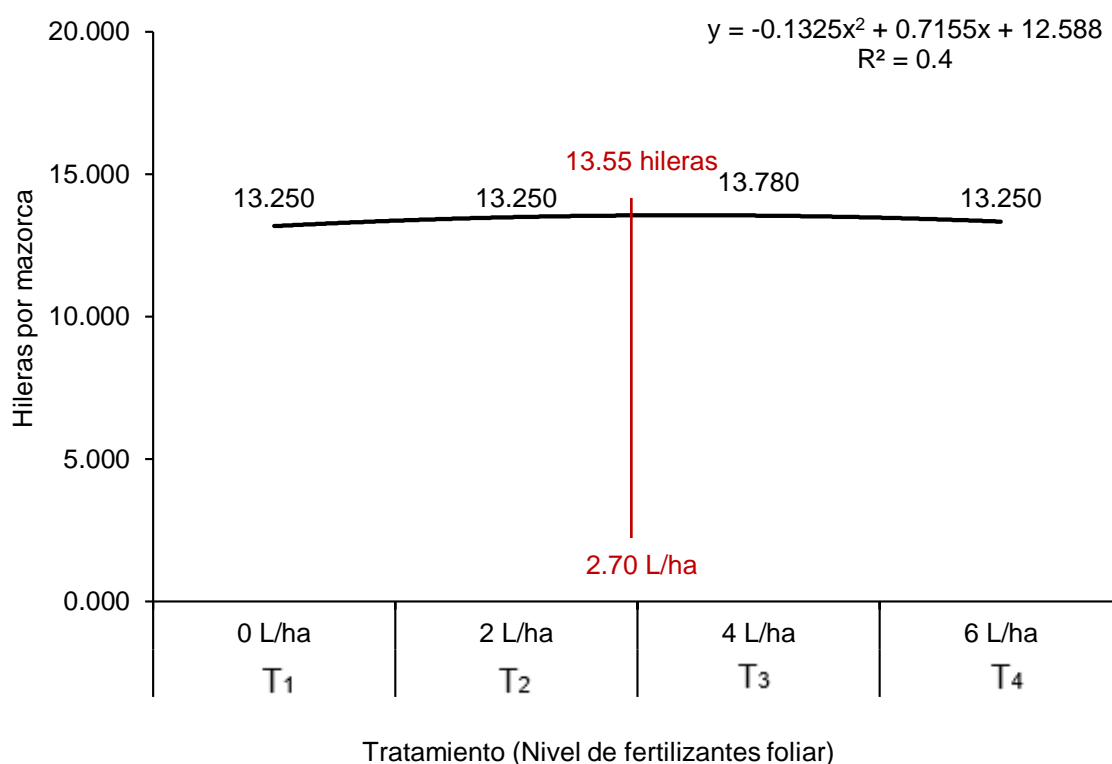


**Figura 4.** Diámetro de mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

En la costa norte del Perú se encontró que la longitud en promedio para el cultivar “XB – 8010” es de 17.00 cm según lo reportado por AGRICOL (2011), ROJAS (2005) encontró valores para longitud de mazorca que fluctuaron entre 18.00 y 18.13 cm en la localidad de Afilador y valores entre 17.00 y 17.17 cm en la localidad de Naranjillo, ratificando que este carácter está influenciado por factores nutricionales y condiciones edafoclimáticas. Esto nos permite asegurar que la aplicación del fertilizante foliar con Zn, B y Cu en los niveles evaluados (2, 4 y 6 L/ha), superó a la longitud encontrada por este autor que solo utilizó una fertilización sin micronutrientes. Estos mismos autores en sus ensayos encontraron que el diámetro de mazorca fluctuó entre 4.75 y 4.83 cm, estos resultados son inferiores a lo encontrado en el presente trabajo, ya que se obtuvieron diámetros de 5.0 a 5.173 cm en los tratamientos.



En la Figura 5 podemos ver la curva de tendencia polinómica ( $y = -0.1312x^2 + 0.7087x + 12.594$ ) en base a los datos de número de hileras por mazorca mostrados en el cuadro anterior (Cuadro 11). Para esta curva el punto máximo se encuentra en el nivel de 2.700 L/ha, con una número de 13.550 hileras por mazorca, a niveles mayores a este (2.700 L/ha) el número de hileras comienza a decrecer. Se observa que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.4, indicándonos que 40% de la variación de hileras por mazorca esta explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 60 % se explica por otros factores externos, que no se pueden controlar en la regresión.

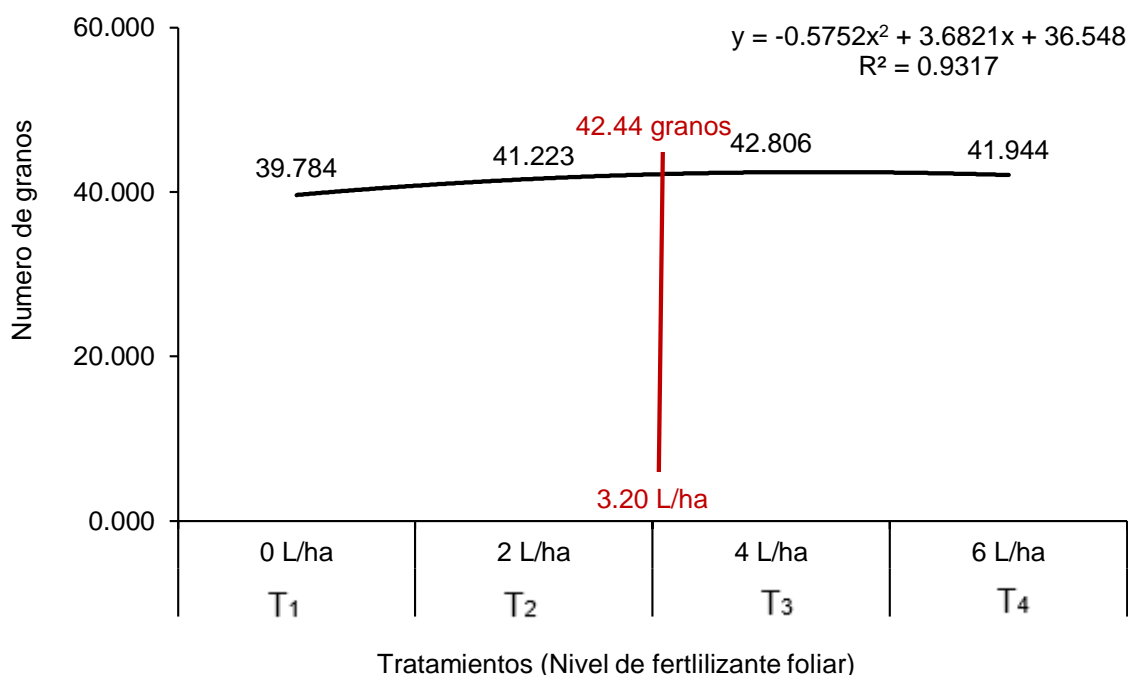


**Figura 5.** Número de hilera por mazorca de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

En la costa norte del Perú, según AGRHICOL (2011), el número de hileras por mazorca promedio para el cultivar “XB – 8010” fue de 12 a 14, en el presente

trabajo los promedios fueron entre 13.25 y 13.78 hileras por mazorca, valores que están dentro de los valores de la costa similares a lo reportado por ROJAS (2005), que encontró que este mismo híbrido obtuvo entre 13.00 y 13.4 hileras por mazorca.

La Figura 6 muestra la curva de tendencia polinómica ( $y = -0.5752x^2 + 3.6821x + 36.548$ ) en base a los promedios de número de granos por hilera mostrados en el cuadro anterior (Cuadro 11), esta curva tuvo el vértice a un nivel de 3.20 L/ha del fertilizante foliar con 42.44 granos por hilera, al seguir incrementando los niveles del fertilizante el número de granos por hilera comienza a decrecer. También podemos ver que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.9317, indicándonos que 93.17% de los cambios en el número de granos por hileras se asocia a los cambios en los niveles de fertilizante foliar y 6.83% de la variabilidad no está explicada por la regresión.



**Figura 6.** Número de granos por hilera de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

El número de granos por hilera en cada mazorca de maíz se determina en una etapa temprana del desarrollo; sin embargo, el número de óvulos funcionales que se desarrollaran como granos, se determina más tarde, aproximadamente una semana después de la emergencia de los estigmas (PALIWAL *et. al.*, 2001). En un ensayo realizado en la localidad de Naranjillo – Tingo María, se llegó a encontrar que el cultivar de maíz amarillo duro “XB – 8010” obtuvo 37.56 granos por hilera, afirmando que esta respuesta se deba a la expresión genética del cultivar (ROJAS, 2005).

Sin embargo, para AGRICOL (2011), el número de granos por hilera de maíz amarillo duro, es de 36, basándose en lo encontrado por ensayos realizados en la costa norte del Perú. Además, lo que reportan estos autores es diferente a lo hallado en la presente investigación, ya que se encontró mayor número de granos por hilera (de 39.78 a 42.81), debido supuestamente al efecto del zinc, boro y cobre sobre esta característica, pero lamentablemente no se pudo encontrar mayores reportes en el número de grano que nos permitan definir mejor estos efectos.

#### **4.4. Peso de 100 semillas y rendimiento**

En el Cuadro 12 se muestra el análisis de variancia para las características peso de 100 granos y rendimiento de grano de maíz híbrido doble “XB - 8010” al 14 % de humedad; donde se encontró diferencias estadísticas significativas sólo para los tratamientos en ambas características, es decir que al menos uno de los tratamientos mostro una respuesta superior al resto. También podemos ver que el coeficiente de variabilidad fue de 6.31% y 4.69% respectivamente, indica que existe buena homogeneidad en los resultados experimentales.

**Cuadro 12.** Análisis de variancia para el peso de 100 granos y el rendimiento del maíz híbrido “XB - 8010”.

Fuente de Variación	GL	Peso de 100 semillas		Rendimiento	
		CM	Sig.	CM	Sig.
Bloques	3	1.0625	NS	0.0828	NS
Tratamientos	3	7.7292	S	1.3881	S
Error experimental	9	6.0069		0.1311	
C.V.:		6.31 %		4.69 %	

NS : No existe significación estadística  
 S : Significación estadística

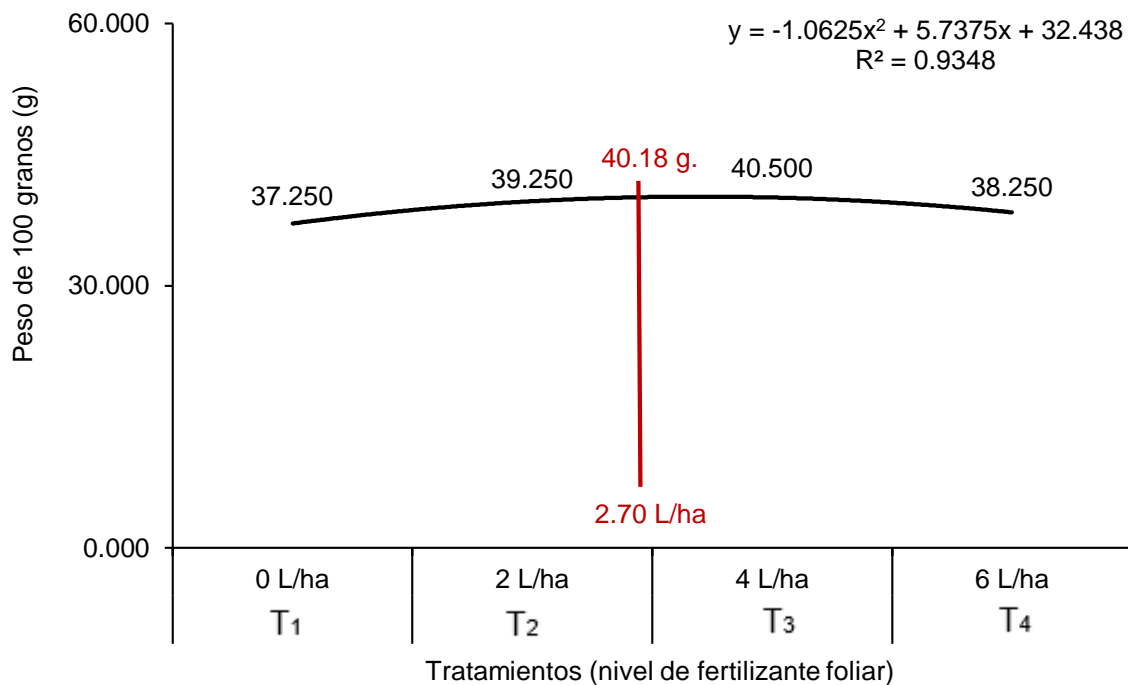
El Cuadro 13 muestra la prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el peso de 100 granos y el rendimiento de maíz híbrido doble “XB - 8010” con 14% de humedad, donde se encontró que los tratamientos T<sub>3</sub> (4 L/ha), T<sub>2</sub> (2 L/ha) y T<sub>4</sub> (6 L/ha) con pesos de 40.50, 39.25 y 38.25 g y con rendimientos de 8.557, 7.417 y 7.711 t/ha respectivamente, tuvieron un comportamiento similar entre sí, pero superiores al tratamiento testigo (T<sub>1</sub>) que sólo obtuvo un peso 37.25 g de 100 granos y un rendimiento de 7.220 t/ha.

**Cuadro 13.** Prueba de Duncan ( $\alpha = 0.05$ ) para el peso de 100 granos y el rendimiento del maíz híbrido “XB - 8010”.

Clave	Tratamientos	Peso 100 granos (g)		Rendimiento (t/ha)	
T <sub>3</sub>	4 L/ha de fertilizante foliar	40.50	a	8.557	a
T <sub>2</sub>	2 L/ha de fertilizante foliar	39.25	a	7.417	a
T <sub>4</sub>	6 L/ha de fertilizante foliar	38.25	a	7.711	a
T <sub>1</sub>	0 L/ha de fertilizante foliar	37.25	b	7.220	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

En la Figura 7 se puede observar la curva de tendencia polinómica ( $y = -1.0625x^2 + 5.7375x + 32.438$ ) en base a los promedios de peso de 100 granos mostrados en el cuadro anterior (Cuadro 13), el punto máximo o vértice de esta curva se encuentra a un nivel de 2.70 L/ha del fertilizante foliar donde se logra un peso de 40.18 g, al seguir incrementado el nivel del fertilizante el peso de 100 granos comienza a disminuir. También podemos ver que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.9348, indicándonos que 93.48 % de la variación del peso de 100 granos está explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 6.62 % está explicado por otros factores externos, que no se pueden controlar en el modelo.



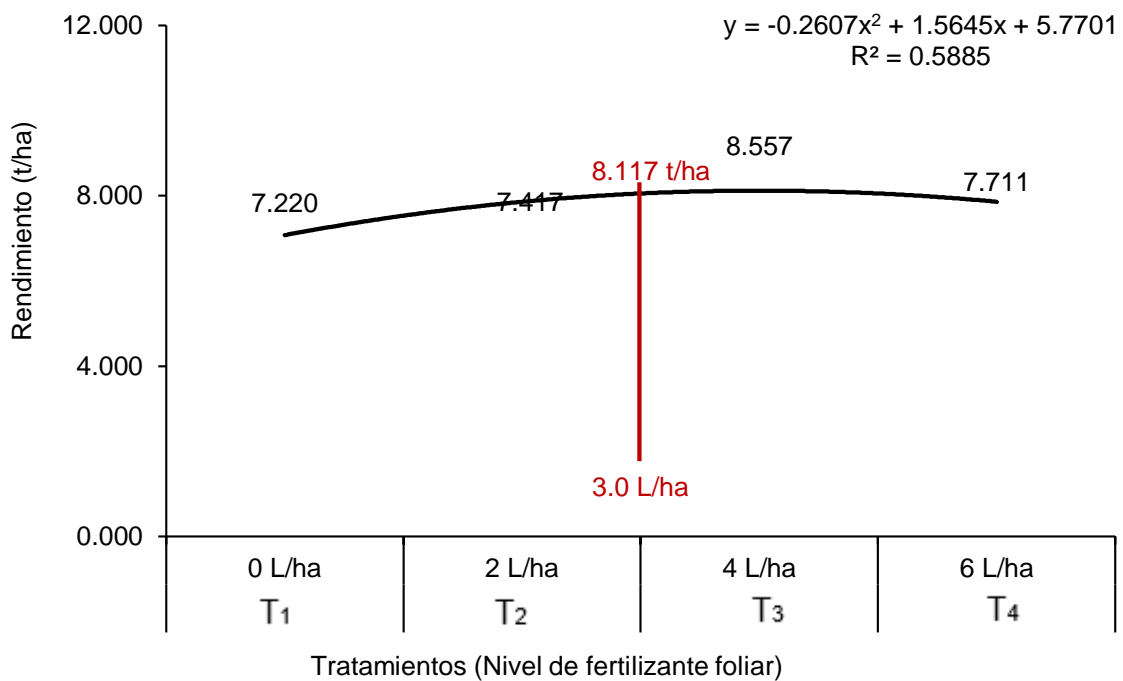
**Figura 7.** Peso de 100 granos de maíz híbrido “XB - 8010” por efecto de los niveles de fertilización foliar.

El peso de 100 granos de maíz híbrido “XB – 8010” oscila de 37.25 a 40.50 g, superando a ROJAS (2005), quien encontró en la misma región que el peso

de este mismo cultivar es de 28.39 g en la localidad de Afilador y 30.47 g en la localidad de Naranjillo. Estudios realizados el 2002 con cinco cultivares comerciales de maíz (híbrido XB-8010, Marginal 28-T, PM-702, PM-104 y G-5423), encontraron peso de 31.63 a 34.82 g para la localidad de Afilador y de 31.19 a 33.76 g para Tulumayo, siendo el cultivar de maíz XB-8010 que obtuvo el mejor peso de 100 granos, con 34.82 g (URQUIA, 2004). LOBATO (2011) encontró peso de 37.214 a 38.418 g en este mismo híbrido, pero por efectos de la aplicación foliar de silicato de potasio que fue la fuente de estudio. Los resultados superiores a los trabajos de investigación se deben al efecto de fertilizante foliar, que al contener B y Zn según NAVARRO y NAVARRO (2003) favorece el llenado de grano. El Zn actúa en el metabolismo de los carbohidratos e induce la síntesis de proteínas y el B en el transporte azúcares en la síntesis de sacarosa, en la biosíntesis de carbohidratos y en el metabolismo de ácidos nucleicos.

En condiciones de deficiencia de boro la ruta de la pentosa fosfato, y no la de la glicólisis, es la que se torna predominante en la degradación de carbohidratos, llevando a la formación de compuestos fenólicos (y triptófano) por la vía del ácido shiquímico (KIRKBY Y ROMHELD, 2007). Mientras que el Cu mantiene el contenido adecuado de plastocianina (proteína que contiene Cu) de las plantas evita la reducción del transporte fotosintético de electrones, evitando que disminuya la tasa de fijación de CO<sub>2</sub>, de modo que el contenido de almidón y de carbohidratos solubles (sacarosa) también se reduzca, afectando al crecimiento reproductivo (formación de granos, semillas y frutos) mucho más que al crecimiento vegetativo (KIRKBY y ROMHELD, 2007).

En la Figura 8 se puede ver la curva de tendencia polinómica ( $y = -0.2607x^2 + 1.5645x + 5.7701$ ) de orden 2 (tendencia cuadrática) en base a los datos de rendimiento (Cuadro 13). Esta curva muestra que el rendimiento va incrementándose según se eleva el nivel del fertilizante foliar hasta llegar al nivel de 3.0 L/ha, con 8.117 t/ha, pasando este nivel el rendimiento comienza a decrecer. También podemos ver que el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) fue de 0.5885, indicándonos que 58.85% de la variación del rendimiento está explicada por la variación de los niveles de fertilizante foliar y 41.15% está explicado por otros factores externos, que no se pueden controlar en el modelo.



**Figura 8.** Rendimiento de grano de maíz híbrido "XB - 8010" por efecto de los niveles de fertilización foliar.

El rendimiento alcanzado en el presente trabajo por el híbrido "XB-8010" es de 8.557 t/ha, fue similar a lo obtenido por ROJAS (2005), y superior a las 7.115 t/ha que fueron obtenidos por URQUIA (2004), pero inferior a los 11.239

t/ha obtenidos por LOBATO (2011). La adaptabilidad de este híbrido de maíz ("XB-8010") según AGRICOL (2011), hace que se siga comportando como uno de los más rendidores frente a otras variedades introducidas a selva peruana, teniendo en cuenta sus excelentes características agronómicas, además de un manejo adecuado, el que permitirá lograr grandes resultados.

MELGAR *et al.* (2001), reporta que los incrementos en el rendimiento de maíz es de carácter lineal hasta el primer nivel de B aplicado, sin aumentos más allá del nivel de 0,5 kg/ha de B. Con este nivel de aplicación, los rendimientos promedio de maíz aumentaron 0,58 Mg/ha. En cambio, la respuesta a la aplicación de Zn fue lineal en todo el rango de los niveles evaluados a razón de 0,109 Mg de maíz por kg de Zn aplicado. Para Frink, (1995) citado por MELGAR *et al.* (2001), el Zn es uno de los nutrientes más asociados a la producción de maíz, pero la fertilización con niveles altos de fósforo, en especial en bandas, puede inducir una deficiencia de Zn al cultivo, explicando de cierta manera el porqué de la producción baja del maíz en ciertas zonas de nuestra región y la necesidad de realizar aplicaciones de boro y zinc vía foliar. La producción intensiva de maíz con altos niveles de fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre, afectan los niveles frecuentemente de B y Zn en el suelo, por lo que podrían limitar la expresión del rendimiento de los híbridos de maíz de alto potencial (MELGAR *et al.*, 2001).

Cuando en la planta aparece una deficiencia de zinc, la síntesis de la auxina queda reducida indirectamente, por no sintetizarse antes el triptófano, que requiere para ello, ya que esta enzima (triptófano sintetasa) es activada por zinc (NAVARRO y NAVARRO, 2003). Para RATTO y MIGUEZ (2008), el



microelemento más importante en maíz es el Zinc, porque favorece el desarrollo en épocas frías y en zonas humedad como nuestra región, asegura una maduración uniforme y mejora el rendimiento. FERRARIS y COURETOT (2008), determinaron incrementos significativos del rendimiento del maíz por agregado de este nutriente por vía foliar (rápida absorción por la planta). Para PÉREZ y PÉREZ (2013), la fertilización con Zn en el maíz incremento los rendimientos en un 19%, realizando bajo la técnica de impregnación de semillas con fertilizante fosforado líquido.

El boro es un elemento que mejora el uso del nitrógeno a través del transporte de los azúcares y metabolitos, favoreciendo el desarrollo de las semillas y frutos (STOLLER, 2011). Está comprobado experimentalmente según NAVARRO y NAVARRO (2003), que la deficiencia de este elemento provoca una acumulación de azúcares en los tejidos. Este hecho se relaciona con la capacidad complejante que presenta el anión borato con los polialcoholes y por ello se sugiere que cuando se halla en cantidad adecuada en la planta forma complejos boro-hidratos de carbono, que favorecen la movilidad del azúcar. Muy aparte de participar en la biosíntesis de carbohidratos, en el metabolismo de ácidos nucleicos y síntesis de sacarosa (KIRKBY y ROMHELD, 2007), la intervención del B en la germinación del polen y en el crecimiento del tubo polínico es particularmente importantes para la producción de los cultivos. Son necesarias altas concentraciones de B para promover el crecimiento del tubo polínico en el estigma y en el estilo, esto se logra por la desactivación fisiológica de la calosa mediante la formación de borato de calosa en la interface del tubo polínico con el estilo (KIRKBY y ROMHELD, 2007), por lo que la aplicación del

fertilizante foliar con B, corrigió y favorecía la producción del maíz, incrementado así su rendimiento a comparación de otros trabajos de investigación donde no se tomó en cuenta la deficiencia natural de este nutriente en el suelo.

El cobre en el cultivo de maíz según RATTO y MIGUEZ (2008), es muy necesario tan igual como el N. Sin Cu, no habría fotosíntesis ya que este nutriente es necesario para la formación de clorofila el material que le da su color verde a las plantas y que les permite la producción de hidratos de carbono a partir de luz solar, aire y agua. El maíz es sensible a la carencia de Cu y la demanda más fuerte lo tiene durante la parte generativa del desarrollo. La deficiencia de Cu reduce drásticamente la producción de frutos y semillas como consecuencia de la esterilidad masculina, afectando al crecimiento reproductivo (formación de granos, semillas y frutos) mucho más que al crecimiento vegetativo (KIRKBY y ROMHELD, 2007), lo que en el maíz se manifiesta como un reducción en el rendimiento en granos, por lo que la aplicación del fertilizante foliar (0.1 % de Cu) corrigió esta deficiencia y favoreció en el incremento de la producción de 7.22 a 8.55 t/ha de maíz en grano, ya que el requerimiento de este nutriente por el maíz, es relativamente bajo a comparación de otros micronutrientes según MELGAR *et al.* (2001).

#### **4.5. Análisis de rentabilidad**

En el Cuadro 14, se puede ver el resumen de los resultados del análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio, donde el tratamiento T<sub>3</sub> (4 L/ha) es el de mayor utilidad neta y rentabilidad, con 4005.55 Soles y 97.14 % respectivamente, mientras que el tratamiento T<sub>2</sub> (2 L/ha) fue el de menor utilidad neta y rentabilidad con 3001.55 Soles y 74.23 % respectivamente. Asimismo, el

análisis económico nos da la posibilidad de conocer la conveniencia o no del uso o aplicación de los tratamientos en estudio, cuya viabilidad va depender de que la relación B/C sea mayor que 1.0. En forma general (Cuadro 14), se puede apreciar que el tratamiento T<sub>3</sub> obtuvo la mayor relación B/C con 1.97 y una rentabilidad de 97.14 %, explicado básicamente por la respuesta del cultivar a la aplicación de boro y zinc foliarmente, influyendo directamente en una mayor producción e ingreso bruto. El tratamiento T<sub>2</sub> (2 L/ha), presenta la menor relación B/C con 1.74, que en términos económicos nos indica que es un tratamiento viable con una rentabilidad de 74.23 %. En forma general se observa que todos los tratamientos son económicamente viables y están en función a los altos rendimientos alcanzados, el cual a su vez está en función de buenas prácticas de manejo realizadas, tales como: utilización de semilla híbrida certificada, mecanización del terreno, deshierbo oportuno, fertilización adecuada, control de plagas y enfermedades oportunas.

**Cuadro 14.** Resumen del análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

<b>Tratamiento</b>	<b>Rdto. (t/ha)</b>	<b>Valor Bruto (S/.)</b>	<b>Costo Prod. (S/.)</b>	<b>Costo x kg</b>	<b>Utilidad</b>	<b>Relación B/C</b>	<b>Rentabilidad (%)</b>
T <sub>1</sub> (0 L/ha de fertilizante foliar)	7.22	6859.00	3798.6	0.53	3060.40	1.81	80.57
T <sub>2</sub> (2 L/ha de fertilizante foliar)	7.417	7045.15	4043.6	0.55	3001.55	1.74	74.23
T <sub>3</sub> (4 L/ha de fertilizante foliar)	8.557	8129.15	4123.6	0.48	4005.55	1.97	97.14
T <sub>4</sub> (6 L/ha de fertilizante foliar)	7.711	7325.45	4203.6	0.55	3121.85	1.74	74.27

Costo por kilogramo de maíz comercial = S/. 0.95 Nuevos Soles a Diciembre de 2012  
Precio del Flower Power ® = 40.00 soles.

## V. CONCLUSIONES

1. No existió diferencias estadísticas entre los rendimientos y resultados de las características biométricas obtenidos por las aplicaciones de 2, 4 y 6 L/ha del fertilizante foliar Flower Power® al maíz híbrido doble XB – 8010; sin embargo, estas dosis aplicadas estadísticamente se diferenciaron de los resultados obtenidos por el tratamiento T<sub>1</sub> (0 L/ha del fertilizante foliar Flower Power®). Asimismo, aritméticamente la aplicación de 4 L/ha del fertilizante foliar Flower Power® obtuvo un rendimiento de 8.56 t/ha grano de maíz, superando al resto de niveles del fertilizante foliar aplicados.
2. El mejor análisis de rentabilidad lo obtuvo con el tratamiento T<sub>3</sub> (4 L/ha del fertilizante foliar Flower Power®) alcanzando un valor en la relación de beneficio/costo de 1.97 soles, con una rentabilidad de 97.14 % y utilidad de 4005.55 soles; estos valores fueron superiores a los obtenidos por los demás tratamientos en estudio.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Utilizar el fertilizante foliar Flower Power® como fuente de B, Zn y Cu para corregir la deficiencia de estos micronutrientes en el suelo en la producción de maíz.
2. Realizar ensayos en otras localidades con diferentes condiciones edafoclimáticas y determinar bajo qué condiciones existe una mejor respuesta del producto Flower Power® en el rendimiento en grano de maíz.
3. Realizar otro experimento con la finalidad de determinar cuál de los 3 micronutrientes (B, Zn o Cu) influyo en mayor medida sobre el incremento en los rendimientos del maíz.

## VII. RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo entre los meses de julio y noviembre del 2011, en la localidad de Tulumayo, ubicado en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, con la finalidad de determinar el efecto de cuatro nivel de Boro y zinc (Flower Power®) en el rendimiento de un híbrido doble de maíz (*Zea mays* L.), XB-8010, en Tulumayo y su respectivo análisis económico. La siembra de semillas se realizó en forma manual, empleando un promedio de 25 kg/ha, correspondiendo cuatro semillas por golpe para desahijar plantas antes del aporque, dejando dos plantas por golpe. Para el control de malezas se realizó la aplicación de una Atrazina a razón de 2 L/ha. El control fitosanitario estuvo dirigido al control de cogollero (*Spodoptera frugiperda*), para lo cual se realizó la aplicación de Tamarón (Metamidophos) + Furadan (Carbofuran) a nivel de 2.5 ‰ a los 10 y posteriormente se hizo la aplicación de Caporal (Cipermetrina + Metamidophos) a razón de 2.5 ‰ a los 40 días. Los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con dosis de 2, 4 y 6 L/ha de Flower Power® respectivamente; pero sí existió diferencias estadísticas altamente significativas con el tratamiento T<sub>1</sub> (0 L/ha de Flower Power®) en todas las características evaluadas; asimismo, aritméticamente el tratamiento donde se aplicó 4 L/ha de Flower Power, mostró el mejor rendimiento con 8.557 t/ha y con una rentabilidad de 97.14 %.

## ABSTRACT

The present work was carried out between the months of July and November 2011, in the town of Tulumayo, located in the district of José Crespo y Castillo, province of Leoncio Prado, department of Huánuco, in order to determine the effect of Four levels of Boron and zinc (Flower Power) in the yield of a double hybrid of corn (*Zea mays* L.), XB-8010, in Tulumayo and their respective economic analysis. The sowing of seeds was done manually, using an average of 25 kg/ha, with four seeds per stroke to eliminate plants before hilling, leaving two plants per stroke. For the control of weeds, an Atrazine was applied at a rate of 2 L/ha. The phytosanitary control was directed to the control of cogollero (*Spodoptera frugiperda*), for which the application of Tamarón (Metamidophos) + Furadan (Carbofuran) was carried out at the level of 2.5 ‰ at 10 and later the application of Caporal was made (Cypermethrin + Metamidophos) at a rate of 2.5 ‰ at 40 days. The results showed that there were no statistically significant differences between the treatments with 2, 4 and 6 L/ha of Flower Power respectively; but there were significant statistical differences with the T<sub>1</sub> treatment (0 L/ha of Flower Power) in all the evaluated characteristics; also, arithmetically the treatment where 4 L/ha of Flower Power was applied, showed the best performance with 8.557 t/ha and with a profitability of 97.14 %.



## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. AGRICHOL. 2011. Calidad puesta en cada bolsa de semilla. Lima, Perú.  
[En línea]: (<http://www.agrichol.com/> Documento revisado el 9 de diciembre del 2012).
2. ASTURIAS, M. A. 2004. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. Acción Ecológica. Red por una América Latina libre de transgénicos. Quito, Ecuador. 150 p.
3. ETPUSOEN RIEGO. 2005. Cobre; Criterios de calidad de suelos y de aguas o efluentes tratados para uso en riego. [En línea]: [http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_aguas/informe\\_final.pdf](http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_aguas/informe_final.pdf). Documento en PDF revisado el 05 de junio del 2017).
4. DERAS, H. 2012. Guía técnica: el cultivo de maíz. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA). El Salvador. 42 p.
5. FERRARIS, G., y COURETOT, L. 2008. Respuesta del maíz a la fertilización complementaria con nitrógeno y zinc por vía foliar. Campaña 2007/08 resultados del segundo año de ensayos. Proyecto regional agrícola, CERBAN, EEA Pergamino y General Villegas – Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Pp. 116-122.
6. GARCIA, F. 2005. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Jornada "Maíz 2005". Córdoba, Argentina. 21 p.
7. GASPAR, L., y TEJERINA, W. 2000. Fertilización del cultivo de maíz. Rosario, Argentina. [En línea]: (<http://www.agroestrategias.com/pdf/>

Cultivos%20%20Fertilizacion%20de%20Maíz.pdf. Documento en PDF revisado el 01 de junio del 2017).

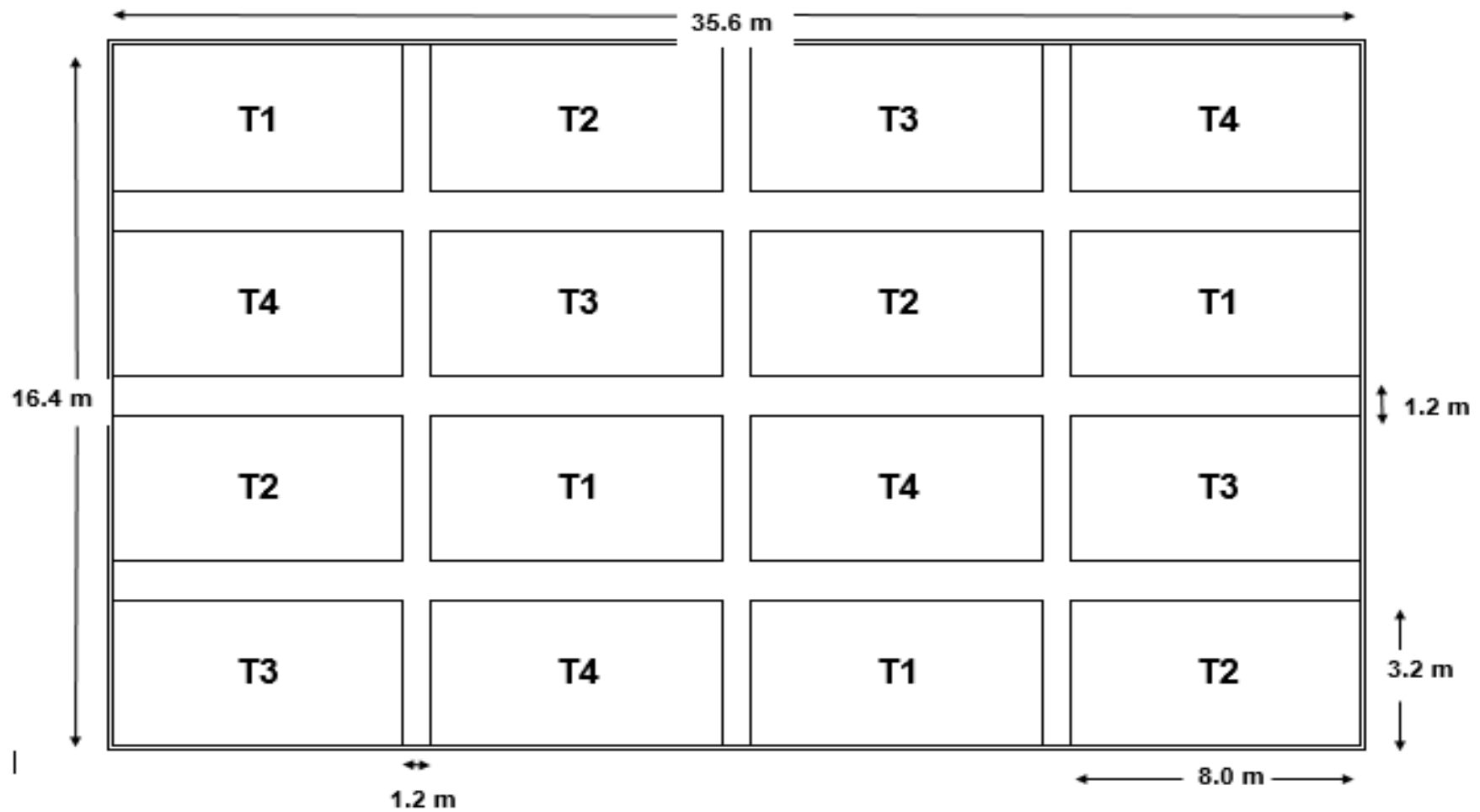
8. HIDALGO, E. 2013. Manejo técnico del cultivo de maíz amarillo duro en la región San Martín. Ministerio de Agricultura y Riego - Instituto Nacional de Innovación Agraria. Primera edición, Serie Folleto N° 2. Impresiones del Programa Nacional de Medios y Comunicación Técnica – INIA. Lima, Perú. 25 p.
9. INTAGRI. 2016. Los micronutrientes en la nutrición de maíz. México. [En línea]: (<https://goo.gl/qEZkUw>, documento en la Web de INTAGRI revisado el 20 de noviembre del 2018).
10. INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM (ITIS). 2018. ITIS Report, Zea mays L. Número de serie taxonómico: 42269. [En línea]: (<https://goo.gl/dqmeSq>, documento en línea revisado el 23 de mayo del 2018).
11. KUKIRKBY, E., y ROMHELD, V. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. Proceedings 543. The International Fertilizer Society, P. O. Box, York, YO32, United Kingdom. 21 p.
12. LOBATO G. R. H. 2011. Efecto del silicato de potasio en el rendimiento del híbrido doble de maíz (*Zea mays* L.) XB-8010, en Tulumayo. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 120 p.
13. MELGAR, R.; LAVANDERA, J.; TORRES, M.; DUGGAN, L., y VENTIMIGLIA, L. 2001. Respuesta a la fertilización con boro y zinc

en sistemas intensivos de producción de maíz (*Zea mays L.*). Ciencia del Suelo, 9 (2): 109-114.

14. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. 2011. Situación actual del maíz amarillo duro. Oficina de estudios económicos y financieros. Boletín técnico N° 5. Lima, Perú. 8 p.
15. NAVARRO, G., y NAVARRO, S. 2003. Química Agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Editorial Mundi - Prensa. Madrid, España. 487 p.
16. OÑATE, L. 2016. Duración de las etapas fenológicas y profundidad radicular del cultivo de maíz (*Zea mays*) var. Blanco Harinoso Criollo, bajo las condiciones climáticas del Cantón Cevallos. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Ambato. Cevallos, Ecuador. 102 p.
17. PALIWAL, R.; GRANADOS, G.; LAFITTE, H., y VIOLIC, A. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 370 p.
18. PÉREZ, G., y PÉREZ, A. 2013. Fertilización con Zn del cultivo de maíz; impregnación de fertilizantes fosforados. Estación experimental agropecuario pergamino "Walter Kugler". INTA Bolívar. Argentina. Pp. 1 - 6.
19. RATTO S., y MIGUEZ F. 2008. Zinc en el cultivo de maíz, deficiencia de oportunidades. Informaciones Agronómicas, 63 (1) : 8-15

20. ROJAS, R. 2005. Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de tres cultivares comerciales de maíz (*Zea mays* L.) en dos localidades. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 136 p.
21. STOLLER. 2011. Otorgando poder a las plantas. Lima, Perú. [En línea]. (<http://www.stoller.pe/home.html>. Documento revisado el 25 de enero del 2013).
22. URQUIA, M. 2004. Efecto de tres densidades de siembra en el comportamiento de cinco cultivares comerciales de maíz en dos localidades. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 128 p.

## **IX. ANEXO**



**Figura 9.** Dimensiones y croquis del campo experimental.

**Cuadro 15.** Costo de producción del maíz.

Área: 1 ha

Cultivo: Maíz

Lugar: CIPTALD - Tulumayo

Tecnología: Media

ACTIVIDADES	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario	Total	
				2/.	3/.
1. Preparación de terreno					
Arado	H. maq.	4	70.00	280.00	280.00
Rastra	H. maq.	2	70.00	140.00	140.00
2. Siembra					
Semilla	Bolsa (25 kg)	1	300.00	300.00	300.00
Siembra	Jornal	4	25.00	100.00	100.00
3. Labores Agronómicas					
Abonamiento	Jornal	4	25.00	100.00	100.00
Deshierbo (2)	Jornal	8	25.00	200.00	200.00
Aplicación herbicidas	Jornal	5	25.00	125.00	125.00
Aplicación insecticidas	Jornal	5	25.00	125.00	125.00
Aplicación Flower Power	Jornal	5	25.00	-	125.00
4. Insumos					
Urea	kg	430	1.98	851.40	851.40
SPT	kg	90	2.57	231.30	231.30
KCI	kg	260	2.09	543.40	543.40
Atrazina	L	2	40.00	80.00	80.00
Caporal	L	1	68.00	68.00	68.00
Tamaron	L	1	60.50	60.50	60.50
Furadan	L	1	82.00	82.00	82.00
Flower Power	L	6	40.00	-	240.00
5. Cosecha					
Cosecha manual	Jornal	10	25.00	250.00	250.00
Trilla manual	Jornal	6	25.00	150.00	150.00
6. Transporte					
Transporte	q.q	160	0.70	112.00	112.00
Total				3798.6	4203.60
				0	

**Cuadro 16.** Promedio de las repeticiones de los rendimientos (t/ha).

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	7.28	7.37	7.24	7.00	28.88	7.22
T <sub>2</sub>	7.85	7.52	7.72	6.58	29.67	7.42
T <sub>3</sub>	8.30	8.60	8.61	8.72	34.23	8.56
T <sub>4</sub>	8.07	7.40	7.55	7.84	30.84	7.71

**Cuadro 17.** Promedio de las repeticiones de la altura de planta (m).

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	2.10	2.05	2.00	2.15	8.30	2.08
T <sub>2</sub>	2.45	2.24	2.38	2.40	9.47	2.37
T <sub>3</sub>	2.30	2.20	2.30	2.24	9.04	2.26
T <sub>4</sub>	2.22	2.29	2.35	2.23	9.09	2.27

**Cuadro 18.** Promedio de las repeticiones de la altura de mazorca (m).

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	1.10	1.02	1.05	1.10	4.27	1.07
T <sub>2</sub>	1.24	1.16	1.23	1.16	4.79	1.20
T <sub>3</sub>	1.22	1.24	1.25	1.14	4.85	1.21
T <sub>4</sub>	1.17	1.34	1.24	1.29	5.04	1.26

**Cuadro 19.** Promedio de las repeticiones de longitud de mazorca (cm).

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	18.90	18.00	18.10	18.80	73.80	18.45
T <sub>2</sub>	19.90	19.30	19.00	19.70	77.90	19.48
T <sub>3</sub>	19.20	20.70	19.30	18.30	77.50	19.38
T <sub>4</sub>	19.30	19.00	19.20	19.90	77.40	19.35



**Cuadro 20.** Promedio de las repeticiones de diámetro de mazorca (cm).

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	5.00	5.00	4.85	5.00	19.85	4.96
T <sub>2</sub>	5.00	5.05	5.00	5.00	20.05	5.01
T <sub>3</sub>	5.04	5.10	5.15	5.40	20.69	5.17
T <sub>4</sub>	5.00	5.00	5.00	5.00	20.00	5.00

**Cuadro 21.** Promedio de las repeticiones de hileras por mazorca.

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	12.90	13.20	13.20	13.70	53.00	13.25
T <sub>2</sub>	13.80	13.00	13.20	13.00	53.00	13.25
T <sub>3</sub>	14.00	13.80	13.80	13.50	55.10	13.78
T <sub>4</sub>	13.40	13.40	13.00	13.20	53.00	13.25

**Cuadro 22.** Promedio de las repeticiones de granos por hilera.

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	37.88	39.13	41.19	40.94	159.14	39.78
T <sub>2</sub>	42.63	38.56	41.17	42.53	164.89	41.22
T <sub>3</sub>	41.11	42.89	43.47	43.75	171.22	42.81
T <sub>4</sub>	41.06	41.11	41.72	43.89	167.78	41.94

**Cuadro 23.** Promedio de las repeticiones de peso de 100 granos (g).

Clave	Bloques				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
T <sub>1</sub>	39.00	38.00	34.00	38.00	149.00	37.25
T <sub>2</sub>	39.00	40.00	39.00	39.00	157.00	39.25
T <sub>3</sub>	39.00	44.00	40.00	39.00	162.00	40.50
T <sub>4</sub>	36.00	36.00	42.00	39.00	153.00	38.25



**Figura 10.** Cosecha del maíz híbrido “XB - 8010” en el campo experimental de Tulumayo.



**Figura 11.** Evaluación del maíz en el laboratorio de semillas – UNAS.



**Figura 12.** Evaluación biométrica de las mazorcas cosechas de maíz.



**Figura 13.** Mazorcas cosechas del tratamiento 1 (0 L/ha).



**Figura 14.** Medición de la longitud de mazorca de maíz.



**Figura 15.** Muestra de maíz para determinar el peso de 100 granos.