



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE NITROGENADO DE  
LIBERACIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE CEBADA  
(*Hordeum vulgare* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL  
YUYUCOCHA**

**Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTOR:**

**Rivera Anrango Elvis Eduardo**

**DIRECTOR:**

**Ing. Doris Chalampunte M.Sc.**

**Ibarra – Ecuador**

**2017**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

#### EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener Título de:

#### INGENIERO EN AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Doris Chalampunte M.Sc.

**DIRECTORA**

Ing. Miguel Gómez M.Sc.

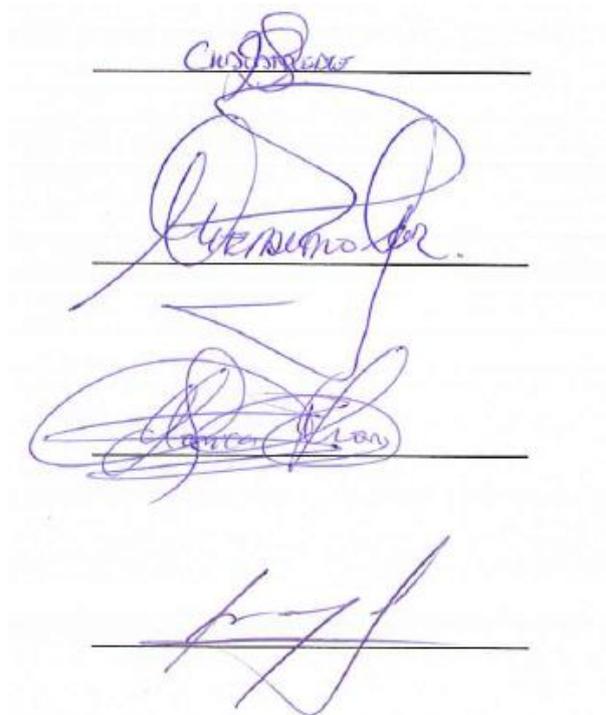
**MIEMBRO TRIBUNAL**

Ing. Monica León M.Sc.

**MIEMBRO TRIBUNAL**

Ing. Juan Pablo Aragón M.Sc.

**MIEMBRO TRIBUNAL**



Ibarra – Ecuador

2017

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN A**  
**FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>Cédula de identidad:</b>	100351151-4
<b>Apellidos y nombres:</b>	Rivera Anrango Elvis Eduardo
<b>Dirección:</b>	Otavaló - Comunidad San Francisco de la Rinconada
<b>Email:</b>	<a href="mailto:elvisriv@hotmail.com">elvisriv@hotmail.com</a>
<b>Teléfono fijo:</b>	0988395797

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>Título:</b>	Evaluación de un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.) en la Granja Experimental Yuyucocha
<b>Autor:</b>	Rivera Anrango Elvis Eduardo
<b>Fecha:</b>	2017
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Agropecuario
<b>Director:</b>	Ing. Doris Chalampunte M.Sc.

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Rivera Anrango Elvis Eduardo, con cédula de ciudadanía Nro. **100351151-4**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital. Autorizo a la Universidad Técnica de Norte, la publicación de la obra en el repositorio digital institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin los derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 31 de Julio del 2017.

### **EL AUTOR**



Rivera Anrango Elvis Eduardo  
C.I.: 100351151-4

### **ACEPTACIÓN:**



Ing. Betty Chávez  
**JEFE DE BIBLIOTECA**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rivera Anrango Elvis Eduardo, bajo mi supervisión.

Ibarra, 31 de Julio del 2017



Ing. Doris Chalampunte M.Sc.

DIRECTOR DE TESIS

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Rivera Anrango Elvis Eduardo con cédula de identidad Nro. 100301151-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Agropecuario en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 31 de Julio del 2017



Rivera Anrango Elvis Eduardo  
C.I.: 100351151-4

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA – UTN

**Fecha:** 31 de Julio del 2017

**Rivera Anrango Elvis Eduardo** “Evaluación de un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en la Granja Experimental Yuyucocha” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria Ibarra, 31 de Julio del 2017. 80 páginas.

**DIRECTOR:** Ing. Doris Chalampunte M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue Evaluar un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la Granja experimental Yuyucocha. Entre los objetivos específicos se encuentran: Comparar el fertilizante nitrogenado de liberación controlada con el fertilizante de uso convencional. Establecer la dosis óptima tanto el fertilizante nitrogenado de liberación controlada con el fertilizante nitrogenado de uso convencional. Determinar el mejor fraccionamiento tanto el fertilizante nitrogenado de liberación controlada con el fertilizante nitrogenado de uso convencional y Analizar la rentabilidad de los tratamientos.

**Fecha:** 31 de Julio del 2017



Ing. Doris Chalampunte M.Sc.  
**Directora de Trabajo de Grado**



Rivera Anrango Elvis Eduardo  
**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios y toda mi familia quienes con su apoyo a través de toda mi vida fueron la fuerza para culminar con este sueño.*

*A mis profesores quienes con sus enseñanzas marcaron nuestro presente y nos prepararon para un futuro competitivo nos sólo como profesionales sino también como persona.*

*A la Ing. Doris Chalampunte, Directora de Tesis, por la orientación brindada durante la investigación.*

*A los Ing. Miguel Gómez, Ing. Mónica León e Ing. Juan Pablo Aragón, por la colaboración desinteresada y la confianza brindada durante este trabajo de investigación en calidad de asesores.*

*Al Ing. Javier Colimba quien me apoyo para iniciar con la investigación y a todas las personas que de una u otra forma hicieron lo posible para hacer realidad este logro.*

*Y por último a mis compañeros con quienes compartimos buenos momentos hasta llegar a la culminación de esta meta.*

***Elvis Rivera Anrango***

## DEDICATORIA

*A Dios porque sin el nada de esto hubiera sido posible.*

*A mis abuelitos quienes antes de partir me transmitieron las enseñanzas necesarias para superar cualquier adversidad.*

*A mis padres Luis Gerardo Rivera y Rosa María Anrango, quienes a lo largo de mi vida me apoyaron y motivaron en mi formación tanto académica como personal con sus consejos, esfuerzo y arduo trabajo me brindaron la mejor de las herencias “La Educación”, por esta razón, son un ejemplo a seguir por mí y mis hermanos por el cual estaremos eternamente agradecidos.*

*A mis hermanos Gustavo, Alvaro, Richard, Sisa y Linsey, cuñadas; Delia, Blanca y cuñado Ricardo con quienes he podido contar en los momentos de mayor necesidad. En especial a mi hermano Gustavo aunque ya no se encuentre físicamente conmigo, supo plantar en mí una meta a través de sus consejos y apoyo incondicional.*

*Por estas y muchas razones más, este logro es para ellos.*

***Elvis Rivera Anrango***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS .....	V
ÍNDICE DE ANEXOS .....	V
RESUMEN .....	VI
SUMMARY .....	VII
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación .....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.5. Hipótesis .....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	4
2.1.1. Origen y distribución .....	4
2.1.2. Clasificación botánica.....	4
2.1.3. Características botánicas.....	4
2.2. Variedades de cebada.....	5
2.2.1. INIAP-Cañicapa 2003 .....	5
2.3. Manejo del cultivo.....	7
2.3.1. Preparación del suelo .....	7
2.3.2. Siembra .....	7
2.3.3. Calidad de semilla.....	8
2.3.4. Cantidad de semilla.....	8
2.3.5. Riego.....	8
2.3.6. Control de malezas .....	9
2.3.7. Cosecha y trilla .....	9
2.3.8. Almacenamiento .....	9
2.3.9. Productividad y costo de producción.....	9
2.4. Fases de desarrollo del cultivo.....	9
2.4.1. Desarrollo vegetativo.....	9

2.4.2. Escala de Zadoks .....	10
2.4.3. Importancia .....	10
2.5. Fertilización .....	11
2.5.1. Nitrógeno .....	12
2.5.2. Pérdida de nitrógeno .....	12
2.5.3. Fertilizante nitrogenado convencional .....	13
2.5.4. Fertilizante nitrogenado de liberación controlada .....	13
2.5.5. Eficiencia del uso de nitrógeno (EUN) .....	14
2.5.6. Fósforo .....	14
2.5.7. Potasio .....	14
2.5.8. Azufre .....	15
2.5.9. Nutrientes secundarios y micronutrientes .....	15
CAPÍTULO III .....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
3.1. Tipo de estudio .....	16
3.2. Caracterización del área de estudio .....	16
3.2.1. Ubicación geográfica .....	16
3.3. Materiales y equipos .....	17
3.3.1. Material experimental .....	17
3.3.2. Materiales de campo .....	17
3.3.3. Materiales de laboratorio .....	17
3.3.4. Insumos .....	17
3.4. Métodos .....	18
3.4.1. Factores en estudio .....	18
3.4.2. Tratamientos .....	19
3.4.3. Diseño experimental .....	19
3.4.4. Características del experimento .....	19
3.4.5. Características de las unidades experimentales .....	20
3.4.6. Análisis estadístico .....	20
3.4.7. Análisis funcional .....	20
3.5. Variables a evaluarse: .....	21
3.5.1. Porcentaje de acame (%) .....	21
3.5.2. Altura de planta .....	21
3.5.3. Rendimiento total .....	21
3.5.4. Peso de 1000 granos .....	21

3.5.5. Producción de materia seca (paja + grano).....	21
3.5.6. Eficiencia del uso de nitrógeno (EUN).....	21
3.5.7. Análisis económico.....	22
3.6. Manejo específico del experimento .....	22
3.6.1. Delimitación del área de experimento .....	22
3.6.2. Toma de muestras del suelo.....	22
3.6.3. Preparación del suelo .....	22
3.6.4. Siembra.....	22
3.6.5. Riego.....	22
3.6.6. Fertilización química .....	22
3.6.7. Controles fitosanitarios .....	23
3.6.8. Control de malezas .....	23
3.6.9. Cosecha.....	23
3.6.10. Registro de datos.....	23
CAPÍTULO IV .....	24
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
4.1. Porcentaje de acame.....	24
4.2. Altura de planta .....	28
4.3. Rendimiento total .....	30
4.4. Peso de 1000 granos.....	34
4.5. Producción de materia seca (paja + grano).....	37
4.6. Eficiencia del uso de nitrógeno (EUN) .....	38
4.7. Análisis económico .....	41
CAPÍTULO V .....	44
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
CONCLUSIONES.....	44
RECOMENDACIONES .....	46
BIBLIOGRAFÍA .....	47
ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características de calidad (14% de humedad) de la variedad INIAP-Cañicapa 2003 .....	6
<b>Tabla 2.</b> Características morfológicas de la variedad INIAP-Cañicapa 2003 .....	6
<b>Tabla 3.</b> Características agronómicas de la variedad INIAP-Cañicapa 2003 .....	7
<b>Tabla 4.</b> Fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (0 a 9) .....	10
<b>Tabla 5.</b> Cuadro de tratamientos .....	19
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza.....	20
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza para porcentaje de acame .....	24
<b>Tabla 8.</b> Prueba DMS 5% de (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en porcentaje de acame .....	25
<b>Tabla 9.</b> Análisis de varianza para altura de planta en la cosecha .....	28
<b>Tabla 10.</b> Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en altura de planta a la cosecha.....	28
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza para rendimiento total .....	30
<b>Tabla 12.</b> Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en rendimiento total .....	31
<b>Tabla 13.</b> Análisis de correlación entre rendimiento total y porcentaje de acame. ....	33
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza para peso 1000 granos .....	34
<b>Tabla 15.</b> Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en peso de 1000 granos .....	35
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza para la variable materia seca .....	37
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza para el uso eficiente de nitrógeno.....	38
<b>Tabla 18.</b> Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) uso eficiente de nitrógeno.....	39
<b>Tabla 19.</b> Costos de producción en el cultivo de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.). ....	41
<b>Tabla 20.</b> Costos que varían en la producción de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	42
<b>Tabla 21.</b> Análisis económico de los tratamientos. ....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Escala decimal de Zadocks .....	11
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación. ....	16
<b>Figura 3.</b> Correlación lineal entre rendimiento total y porcentaje de acame.....	34

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Ubicación del área de estudio. Granja Experimental Yuyucocha. ....	52
<b>Anexo 2:</b> Croquis del experimento .....	52
<b>Anexo 3:</b> Análisis de suelo.....	53
<b>Anexo 4:</b> Fertilizantes empleados y su concentración (%) .....	54
<b>Anexo 5:</b> Costo de fertilizantes .....	54
<b>Anexo 6:</b> Recomendación de fertilización según el análisis químico de suelo para cebada (kg/ha).....	54
<b>Anexo 7:</b> Fraccionamiento nitrógeno 100% de la dosis en gramos por parcela 6 m <sup>2</sup> ....	54
<b>Anexo 8:</b> Fraccionamiento nitrógeno 80% de la dosis en gramos por parcela 6 m <sup>2</sup> .....	54
<b>Anexo 9:</b> Datos recopilados para la variable porcentaje de acame (%). ....	55
<b>Anexo 10:</b> Datos recopilados para la variable producción de materia seca (kg/ha). ....	55
<b>Anexo 11:</b> Datos recopilados para la variable peso de 1000 granos (g). ....	56
<b>Anexo 12:</b> Datos recopilados para la variable rendimiento total (kg/ha).....	56
<b>Anexo 13:</b> Datos recopilados para la variable uso eficiente de nitrógeno (EUN) (kg grano/kg N aplicado). ....	57
<b>Anexo 14:</b> Producción de materia seca (kg/ha).....	57
<b>Anexo 15:</b> Datos climáticos registrados en la época de estudio. ....	58
<b>Anexo 16:</b> Escala decimal de Zadoks .....	59
<b>Anexo 17:</b> Implementación del área de investigación .....	60

**TÍTULO:** “EVALUACIÓN DE UN FERTILIZANTE NITROGENADO DE LIBERACIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA”

**Autor:** Elvis Eduardo Rivera Anrango

**Director de Trabajo de Titulación:** Ing. Doris Chalampunte. M.Sc.

**Año:** 2017

## RESUMEN

El Ecuador produce 3.000 toneladas de este cereal anualmente, por lo tanto es totalmente dependiente de las importaciones para suplir la demanda de las necesidades. Por ende como ocurre en todos los cultivos, los esfuerzos se concentran en obtener una mayor producción. Por tal motivo la investigación tuvo como objetivo evaluar un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad INIAP Cañicapa. Los factores en estudio fueron dos fuentes nitrogenadas, dosis tanto al 100% y 80% y fraccionamientos teniendo como referencia escala decimal de Zadocks Z00; Z22; Z30. Con doce tratamientos y tres bloques analizados bajo un arreglo factorial (A x B x C), con distribución de Bloques Completos al Azar, además se empleó la prueba DMS (Diferencia Mínima Significativa) al 5%. Los resultados permitieron identificar diferencias significativas para la interacción de los factores, señalando también un comportamiento variable en los resultados. No obstante el T6 con la influencia del fertilizante nitrogenado de uso convencional con dosis al 80% y tres fraccionamientos, muestra una tendencia ya que muestra el menor porcentaje de acame (1,4%), presenta mayor rendimiento 4.482,38 kg/ha, EUN (12 kg grano /kg N) y una relación beneficio/costo de 1,57 USD. Por el contrario el T8 con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada presenta 17,4% de acame, rendimiento de 3.109, 63 kg/ha, EUN (5,6 kg grano /kg N) y una relación beneficio/costo de 1,36 USD. Sin embargo no hay que descartar a la urea verde como alternativa medioambiental ya que reduce la emisión de gases por volatilización.

(Palabras claves: rendimiento, nitrógeno, volatilización)

**TITLE:** “EVALUATION A CONTROLLED RELEASE NITROGEN FERTILIZER IN THE BARLEY (*Hordeum vulgare* L.) AT THE YUYUCOCHA EXPERIMENTAL FARM”

**Author:** Elvis Eduardo Rivera Anrango

**Director:** Eng. Doris Chalampunte. M.Sc.

**Year:** 2017

## SUMMARY

Ecuador produces 3,000 tons of this cereal annually, therefore it is totally dependent on imports to supply the demand. Thus, as in all crops, the efforts are focused on obtaining a higher production. For this reason the objective of this research was to evaluate a controlled release nitrogen fertilizer in the barley (*Hordeum vulgare* L.) variety INIAP Cañicapa. The factors under study were two nitrogen sources, doses at both 100% and 80% and fractions with reference to Zadocks Z00 decimal scale; Z22; Z30. With twelve treatments and three blocks analyzed under a factorial arrangement (A x B x C), with distribution of Complete Randomized Block, in addition was used the test DMS (Significant Minimum Difference) to 5%. The results allowed to identify significant differences for the interaction of the factors, also indicating a variable behavior in the results. However, the T6 with the influence of nitrogen fertilizer in conventional use with doses at 80% and three fractionations, shows a tendency since it shows the lowest percentage of lodging (1.4%), presents a higher yield of 4,482.38 kg / ha, EUN (12 kg grain / kg N) and a benefit / cost ratio of 1.57 USD. On the other hand, T8 with controlled release nitrogen fertilizer presented 17.4% of lodging, yield of 3.109, 63 kg / ha, EUN (5.6 kg grain / kg N) and a benefit / cost ratio of 1.36 USD. However, green urea should not be ruled out as an environmental alternative as it reduces the emission of gases by volatilization.

(Keywords: performance, nitrogen, volatilization)

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Actualmente la cebada ocupa el cuarto puesto entre los cereales que más se producen en el mundo; la superficie cosechada de cebada abarca 66,55 millones de hectáreas, con una producción de 155 millones de toneladas y un rendimiento medio de 2.333 kg/ha debido a la gran capacidad de adaptación de este cereal a climas y suelos muy diversos, también tiene diversidad de aplicaciones en el consumo humano y en mínima proporción como forraje (Alvarado, et al., 2010).

El Ecuador produce unas 3.000 toneladas de este cereal anualmente, por lo tanto es, totalmente dependiente de las importaciones para suplir la demanda de las necesidades (Alvarado, et al., 2010). En el país, la cebada es considerada un producto de innegable connotación social en nuestra región interandina, ya que se trata de un cultivo de subsistencia, intercambio y comercialización (Guevara, 2008).

Como ocurre en todos los cultivos, los esfuerzos se concentran en obtener una mayor producción y calidad de grano por tal motivo de cereales no son la excepción por tal motivo, Lázari et al. (2005), afirma que el uso de fertilizantes nitrogenados tiene prioridad en este rubro ya que de esta manera se obtiene un rendimiento económicamente aceptable además de fortalecer la cantidad de proteína que se proyecta de manera que satisfagan las exigencias de calidad tanto para la industria como para el consumo humano de no ser así generaría pérdidas importantes. Así mismo Garófalo (2012), menciona que la fertilización nitrogenada inicial puede influir en el rendimiento con un aumento entre el 24 y 45%.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT, 2015), menciona que la urea es un fertilizante muy común, pero puede causar mayores pérdidas de nitrógeno en la agricultura de conservación debido al aumento de la actividad de la ureasa en los residuos del cultivo por tal motivo los agricultores necesitan evaluar cuál fuente de nitrógeno es la adecuada para sus condiciones específicas y minimizar las pérdidas por volatilización y para superar los efectos de la inmovilización del nitrógeno. Razones por el cual se plantea la siguiente investigación al comparar fuentes nitrogenadas tales como:

fertilizante nitrogenado de liberación controlada y el fertilizante nitrogenado convencional, evaluando las mejores dosis y épocas de aplicación que repercutan de manera positiva en aspectos de manejo, disminuyendo costos de producción e impactos ambientales.

## **1.2. Problema**

En el Ecuador las importaciones de cebada son de 29.420 tn anuales los cuales demuestran ser superiores con respecto a la producción de 21.154 tn anuales que se genera en el país (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Dirección de Estadística [FAOSTAT], 2013). En consecuencia el mercado nacional es dependiente en su totalidad de las importaciones por lo cual no cubre los requerimientos de consumo y procesamiento industrial.

Las pérdidas de nitrógeno tanto por la volatilización como lixiviación son las razones principales para que los fertilizantes amoniacales presenten baja eficiencia a causa de un sin número de procesos químicos, físicos y biológicos que están vinculados a una incorrecta absorción de N en las plantas (Ferraris, Couretot, y Toribia, 2008). Agregando también, que los agricultores dedicados a este rubro al desconocer sobre la eficiencia en el uso del fertilizante y la magnitud de las pérdidas de nitrógeno por el manejo inadecuado de los fertilizantes nitrogenados, no permite alcanzar óptimos rendimientos de las áreas cultivadas.

## **1.3. Justificación**

Con el fin de establecer una correcta fertilización nitrogenada, la investigación permitirá conocer los beneficios del fertilizante nitrogenado de liberación controlada como alternativa de producción, ya que al reducir las pérdidas de N que se originan a través de las aplicaciones de urea, optimizara la eficiencia en el uso de nitrógeno y beneficiara a agricultores cebaderos con un óptimo rendimiento, reduciendo costos de inversión de mano de obra por número de fraccionamientos y problemas de contaminación ambiental.

De acuerdo a estimaciones previas, las tierras cultivables del norte de la Sierra ecuatoriana tienen condiciones favorables para el cultivo de cebada cervecera, pero no se han determinado los niveles adecuados en cuanto a fertilización nitrogenada para los potenciales cultivos que se realicen en esa zona (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2009).

## 1.4. Objetivos

### Objetivo General

Evaluar un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la Granja Experimental Yuyucocha.

### Objetivos Específicos

- Comparar el fertilizante nitrogenado de liberación controlada con el fertilizante de uso convencional.
- Establecer la dosis óptima tanto el fertilizante nitrogenado de liberación controlada con el fertilizante nitrogenado de uso convencional.
- Determinar el mejor fraccionamiento tanto el fertilizante nitrogenado de liberación controlada con el fertilizante nitrogenado de uso convencional.
- Analizar la rentabilidad de los tratamientos.

## 1.5. Hipótesis

**Ho:** El fertilizante nitrogenado de liberación controlada presenta la misma eficiencia que el fertilizante nitrogenado convencional en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

**Ha:** El fertilizante nitrogenado de liberación controlada presenta mayor eficiencia que el fertilizante nitrogenado convencional en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Cebada (*Hordeum vulgare* L.)

##### 2.1.1. Origen y distribución

El cultivo de cebada en el Ecuador tiene sus inicios desde la conquista española como fuente de alimentación para los equinos, el cual fue cultivado antes que el trigo. Y que pasaría a formar parte de la dieta alimenticia de las personas. La superficie cultivada de este cereal tiene una alta distribución en la región interandina, tal es el caso que a la alimentación humana se destina un 40% a amplios sectores poblacionales, aproximadamente 3 millones de habitantes, por otro lado el sector industrial dedicados a la elaboración de malta y cerveza utiliza el 40%, mientras que al sector forrajero se destina el 20% restante de la producción (INIAP, 2011).

##### 2.1.2. Clasificación botánica

Según Chase y Lucas (1971), la clasificación taxonómica de la cebada es:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Poales
Familia:	Poacea
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	<i>H. vulgare</i>
Nombre científico:	<i>Hordeum vulgare</i> L.
Nombre común:	Cebada
Variedad:	INIAP-Cañicapa 2003

##### 2.1.3. Características botánicas

Perez (2010), describe las siguientes características:

**Hojas:** La cebada es una planta de hojas estrechas y color verde claro. La planta de cebada suele tener un color verde más claro que el del trigo y en los primeros estadios de su desarrollo la planta de trigo suele ser más erguida.

**Raíces:** El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. Se estima que un 60% del peso de las raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que las raíces apenas alcanzan 1,20 m. de profundidad.

**Tallo:** El tallo es erecto, grueso, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 m. a un metro.

**Flores:** Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es autógama. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada.

Infocebada (2011), sostiene que el grano de la cebada es una cariósipide que posee las glumillas adheridas exceptuando el caso de la cebada desnuda; la semilla viene a ser parte del fruto en donde las paredes del ovario es decir el pericarpio y la cubierta seminal o testa se hallan unidos, siendo imposible separarlas consiguientemente el fruto sería indehisciente.

## **2.2. Variedades de cebada**

Según INIAP (2010), el Programa de Cereales del INIAP se encuentra trabajando constantemente en el mejoramiento de las variedades, especialmente para incrementar el rendimiento, los niveles de resistencia a enfermedades y mayor adaptación a condiciones agrícolas de la sierra ecuatoriana, entre las cuales tenemos INIAP Palmira 2014, INIAP Guaranga 2010". INIAP Pacha 2003, INIAP Cañicapa 2003, INIAP Cañari 2003, INIAP Quilotoa 2003. En la última década el INIAP ha venido trabajando para obtener nuevas variedades, tales como INIAP- Pacha 2003 e **INIAP-Cañicapa 2003**, ambas variedades dísticas (dos hileras) han mostrado mayor rendimiento que las variedades hexásticas (seis hileras) (INIAP, 2003).

### **2.2.1. INIAP-Cañicapa 2003**

Es una variedad que se adapta a alturas de 2400 a 3200 msnm, requiere precipitaciones de 500 a 700 mm para completar todas las fases del cultivo. Una de sus características es el de poseer un alto contenido de proteína, hay que mencionar además el buen rendimiento de grano considerando que contribuirá a incrementar la dieta de los campesinos que habitan en las zonas altas de la sierra ecuatoriana (INIAP, 2003).

En cuanto al grano el 65% corresponde al rendimiento harinero, el 13,99% su proteína además de mostrar resistencia a enfermedades como la roya amarilla (*Puccinia striiformis*), escaldadura (*Rhynchospodium secalis*), carbón desnudo (*Ustilago nuda f. sp. hordei.*) y Fusarium (*Fusarium graminearum*) (Agronegocios Ecuador, 2011). Es decir una alternativa ideal para la producción destinada a la alimentación humana cuyas características de la variedad se presentan en la Tabla 1, 2 y 3.

**Tabla 1.** Características de calidad (14% de humedad) de la variedad INIAP-Cañicapa 2003

<b>Características</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Proteína	13.99
Fibra	5.65
Extracto libre de nitrógeno	62.47
Almidón	46.84
Rendimiento harinero	65

Fuente: INIAP (2003)

**Tabla 2.** Características morfológicas de la variedad INIAP-Cañicapa 2003

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Número de hileras	2
Número de granos por espiga	30
Tipos de espiga	Barbada
Tipo de grano	Cubierto
Densidad de espiga	Compacta
Forma de grano	Oblongo
Color de espiga	Amarillo claro
Color de aleurona	Blanco
Numero de macollos	8-10
Tipo de tallo	Tolerante al vuelo
Tamaño de espiga	12 cm
Peso de 1000 gramos	62 g

Fuente: INIAP (2003)

**Tabla 3.** Características agronómicas de la variedad INIAP-Cañicapa 2003

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Altura de planta	110-130 cm
Días al espigamiento	85-90
Ciclo del cultivo	170-180
Rendimiento	3.0-5.0 t/ha
Susceptibilidad stress hídrico	Tolerante
Reacción a enfermedades	
Roya amarilla	Resistente
Roya de la hoja	Resistente
Escaldadura	Resistente
Fusarium	Resistente
Carbón desnudo	Resistente

**Fuente:** INIAP (2003)

## **2.3. Manejo del cultivo**

### **2.3.1. Preparación del suelo**

Chicaiza (2014), el objetivo principal de la preparación del terreno consiste en mejorar las condiciones físicas del suelo para proporcionar un ambiente favorable a la planta es decir formar en el suelo una buena estructura para que exista equilibrio entre el aire y agua disponible cuyos factores son esenciales para el crecimiento del cultivo.

### **2.3.2. Siembra**

La siembra normalmente se realiza al inicio de las épocas con lluvia con una humedad adecuada y profundidad no mayor a los 5 cm con el fin de garantizar la óptima germinación de semillas teniendo en consideración que la cosecha coincida con la época seca (Falconi, et al., 2010).

Chicaiza (2014), menciona que en el Ecuador hay tres épocas de siembra establecidas para este cultivo:

- Octubre, noviembre e inicios de diciembre, para la zona centro, que corresponde a las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo.

- Finales de diciembre, enero e inicios de febrero para la zona norte, que corresponde a las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi.
- Finales de febrero, marzo y abril, para la zona centro sur, que corresponde a las provincias de Bolívar, Cañar, Azuay y Loja.

### **2.3.3. Calidad de semilla**

La primera condición para tener una cosecha exitosa es emplear una semilla de buena calidad, de preferencia de categorías “Registrada” o “Certificada” con un porcentaje mínimo de germinación del 85%. Es recomendable seleccionar y desinfectar la semilla para evitar enfermedades que se transmiten por este medio. Para desinfectar la semilla se recomienda utilizar Carboxin + Captan (*Vitavax 300®*), en dosis de 2,0 g por kilo de semilla (Falconi, et al., 2010).

### **2.3.4. Cantidad de semilla**

Es uno de los factores de mayor importancia para obtener un buen rendimiento y calidad. Si la siembra es manual la cantidad de semilla recomendada es de 135 kg/ha (3,0 qq/ha), para la siembra mecanizada se recomienda 110 kg/ha (2,5 qq/ha) (Falconi, et al., 2010).

La variedad INIAP Cañicapa 2003, es mayormente cultivada debido a que cubre cerca del 60% de la demanda para la producción cervecera en el Ecuador (Lema, Basantes, & Pantoja, 2017).

### **2.3.5. Riego**

Por lo general, la cebada se cultiva en regiones agroclimáticas con menor disponibilidad de agua que el trigo, pues en comparación con otros cereales de grano pequeño, posee una alta adaptabilidad al estrés hídrico debido a su sistema radical más extenso y su desarrollo precoz le permite escapar a la sequía. Además, el efecto de la falta de agua está en función de la intensidad y duración del déficit hídrico y de la etapa fenológica en la cual se produce (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP], 2011).

Las etapas de desarrollo de la cebada sensibles al déficit hídrico son: la primera se presenta en la germinación (inadecuada población y baja densidad), la segunda en el inicio de la floración, reduce número de espigas y número de hijuelos; la tercera, en la polinización (disminución del número de granos por espiga) y la cuarta se localiza al iniciar con el llenado de grano disminuyendo el peso de la semilla (INIFAP, 2011).

### **2.3.6. Control de malezas**

Chicaiza (2014) señala que, controlar las malezas en el cultivo tiene como finalidad impedir competitividad por nutrientes y obtener un buen rendimiento y calidad de grano, hay que acotar también, una favorable preparación del suelo, emplear semilla certificada, fertilización y densidad de siembra apropiada, con una época oportuna de siembra las plantas alcanzan un buen desarrollo capaces de combatir con las malas hierbas, no obstante, es preciso realizar el control de malezas por la agresividad de algunos arvenses.

### **2.3.7. Cosecha y trilla**

Se realiza en la época seca, si tenemos que emparvar es necesario empezar a cortar cuando el grano ha pasado la madurez fisiológica (cao), para evitar desgrane, pero para la trilla el grano debe estar completamente seco con un porcentaje de humedad de alrededor del 15% (INIAP, 2011).

### **2.3.8. Almacenamiento**

Una vez realizadas las labores de post-cosecha, la semilla debe ser almacenada en un lugar seco, libre de humedad, con buena ventilación y libres de roedores. Los sacos no deben estar en contacto directo con el suelo o junto a las paredes, ya que la semilla puede absorber humedad (Ponce, Abad, y Garófalo, 2011).

### **2.3.9. Productividad y costo de producción**

En el Ecuador se producen solamente 21.154 toneladas de grano al año, con una productividad promedio de 0,60 toneladas por hectárea, y con costos de producción de hasta 700,00 dólares por hectárea (Lema, Basantes, & Pantoja, 2017).

## **2.4. Fases de desarrollo del cultivo**

### **2.4.1. Desarrollo vegetativo**

La duración de las diferentes etapas de desarrollo varía ampliamente. La tasa de crecimiento depende de varios factores, clima, suministro de agua, fertilidad del suelo, grado de competencia con otras plantas, presencia de plagas, enfermedades y momento de siembra. Inicialmente, el crecimiento es lento, mientras que las plántulas se establecen y forman macollos. El tiempo total hasta la maduración depende de la variedad, el lugar y fecha de siembra (Pachacama, 2011).

### 2.4.2. Escala de Zadoks

El desarrollo es un proceso complejo en el que diferentes órganos crecen, se desarrollan y mueren, siguiendo una secuencia que a veces se superpone. Sin embargo, es más sencillo considerar el desarrollo como una serie de fases tal como en la escala Zadoks (FAO, 2001).

La escala de Zadoks (Z) es una de las más usadas para describir los estados de desarrollo del cultivo de trigo y cebada, y es útil para la toma de decisiones de manejo, ya sea de fertilización u otras (García, 2008).

### 2.4.3. Importancia

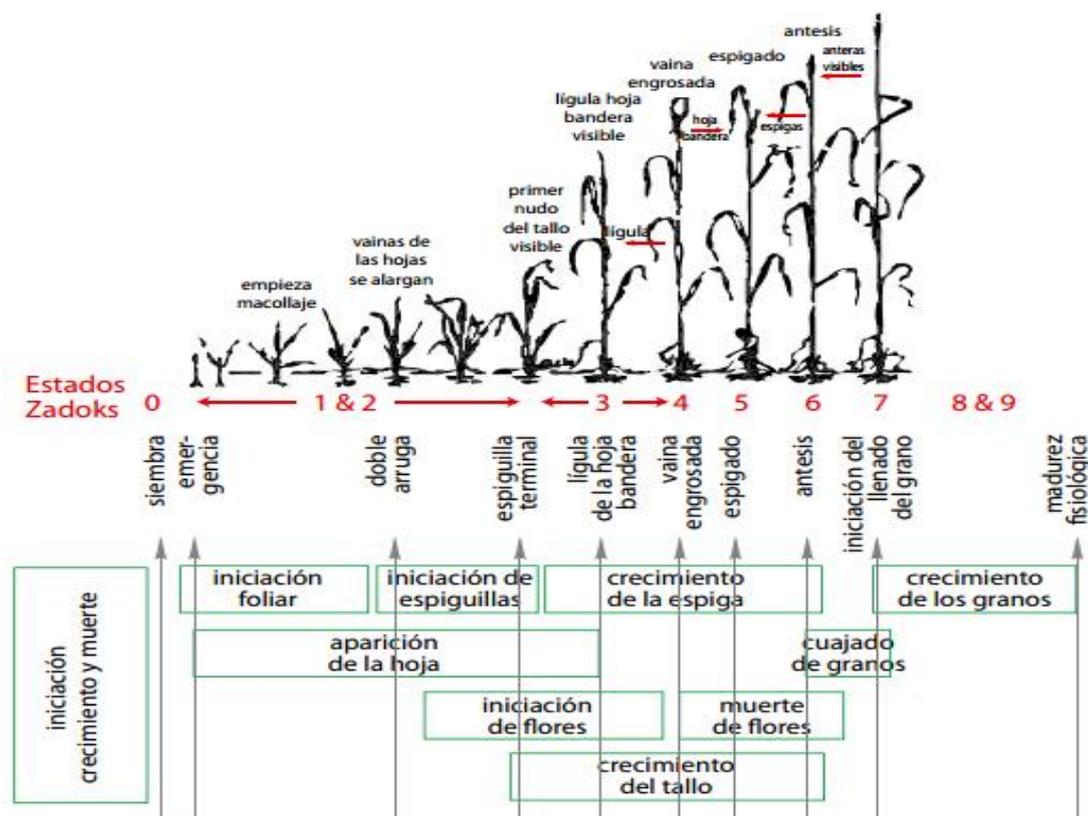
La escala de Zadoks permite, por medio de una apreciación de la morfología exterior (Figura 1) del cultivo, tener idea de las etapas de desarrollo, esta escala sirve como herramienta para unificar criterios a la hora de tomar una decisión agronómica, además describe estados morfológicos externos, que involucran procesos de desarrollo y otros de crecimiento, por lo cual deben ser tomados en cuenta y ser analizados (Satorre, et al., 2003).

La escala decimal Zadoks presenta fases numeradas de 0 a 9 (Tabla 4), permite por medio de una apreciación de la morfología exterior del cultivo, tener idea del estado de desarrollo en que se encuentra.

**Tabla 4.** Fases de desarrollo siguiendo la escala decimal Zadoks (0 a 9)

<b>Etapas principales</b>	<b>Descripción</b>
0	Germinación
1	Producción de hojas TP
2	Producción de macollos
3	Producción de nudos TP (encañado)
4	Vaina engrosada
5	Espigado
6	Antesis
7	Estado lechoso del grano
8	Estado pastoso del grano
9	Madurez

**Fuente:** Satorre et al. (2003)



**Figura 1.** Escala decimal de Zadocks

**Fuente:** Satorre et al. (2003)

Las etapas críticas de asimilación de nitrógeno por parte del cultivo de cebada, para evitar deficiencias o excesos que afecten el rendimiento y la calidad industrial son: la siembra (Zadoks Z0), macollamiento (Zadoks 22) y producción de nudos (Zadoks 30), definidos en base a estadios fisiológicos del cultivo (Quelal, 2014).

## 2.5. Fertilización

Chicaiza (2014), la fertilización es un punto importante que influirá en la formación de las plantas altas y con buen potencial de producción forrajera. Dentro de los nutrientes esenciales que necesitan los forrajes están el nitrógeno y el fósforo.

Las dosis de fertilización deben basarse en un análisis de suelo; sin embargo, cuando el agricultor no dispone de este, la fertilización se establece en base a la extracción de nutrientes que toma del suelo por lo tanto el cultivo de cebada requiere 60 kg de Nitrógeno (N), 26 kg de Fósforo (P), 35 kg de Potasio (K) y 20 kg de Azufre (S) para un rendimiento de 3 a 4 toneladas de grano (Falconi, et al., 2010).

De la misma manera como ocurre en los demás cultivos, los ajustes de fertilización de nutrientes en la cebada no son iguales ya que, el fósforo (P) y Potasio (K) se justifican en la siembra, mientras que, el nitrógeno debe ser fraccionado más de una vez (INIAP, 2012).

### **2.5.1. Nitrógeno**

El N cumple funciones vitales dentro de los seres vivos, encontrándose dentro de las plantas tanto en formas orgánicas como inorgánicas. Estas últimas son en realidad de escasa magnitud, estando la mayoría como Nitratos ( $\text{NO}_3$ ), única forma inorgánica capaz de ser almacenada (Chicaiza, 2014).

La fertilización nitrogenada en los cereales es una herramienta que incrementa el contenido de proteína en los granos además de alcanzar potenciales en cuanto a rendimiento (Prystupa, et al., 2006). Por su parte Molina (2000), el nitrógeno, es esencial para la adecuada absorción y distribución de otros nutrientes tales como P, K, Ca y Mg. Como constituye de proteínas y aminoácidos, es de vital importancia para la división celular, por esta razón la deficiencia afecta severamente el crecimiento de la planta. Quelal (2014) menciona que, las principales formas de asimilación de nitrógeno por la planta son los iones de nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ).

Considerando al maíz un cereal al igual que la cebada cultivos demandantes de nitrógeno. Morán (2012) afirma que, reducir el 20% de la dosis a la recomendación del fertilizante nitrogenado a partir del análisis de suelo responde de manera favorable tanto en el rendimiento como en el tema económico.

### **2.5.2. Pérdida de nitrógeno**

#### **2.5.2.1. Volatilización del Amoníaco ( $\text{NH}_3$ )**

La pérdida de Nitrógeno (N) por volatilización del gas amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) puede ser la principal causa de la baja eficiencia de algunos fertilizantes amoniacales. Dichas pérdidas son el resultado de numerosos procesos químicos, físicos y biológicos, cuya magnitud es afectada por factores de ambiente, suelo y manejo tales como temperatura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, cobertura y calidad de residuos en superficie, viento, tensión de vapor superficial y la dosis y localización del fertilizante (Ferraris, et al., 2008).

El fertilizante nitrogenado se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” produciéndose iones de amonio y de amoníaco, en suelos con aplicaciones superficiales el

nitrógeno se pierde como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) por volatilización, el amonio ( $\text{NH}_4$ ) es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas (Pacifex, 2015).

### **2.5.3. Fertilizante nitrogenado convencional**

Aguilera, et al., (2012), el fertilizante nitrogenado de uso convencional al ser aplicado sobre la superficie tanto en bandas o al voleo presenta una alta tasa de volatilización del amoníaco, por lo cual ocasiona pérdidas económicas por la deficiente absorción sino también una considerable contaminación al ambiente.

Insutria Sulfúrica Sociedad Anonima (ISUSA, 2014) señala que, las pérdidas del fertilizante convencional son considerables pocos días después de la aplicación pues factores como; suelos húmedos, viento y altas temperaturas origina mayor volatilización en un 30%.

### **2.5.4. Fertilizante nitrogenado de liberación controlada**

Dispone de nitrógeno (N) al momento que la planta lo necesita, según su etapa de desarrollo cuya función es retardar la hidrólisis de la urea que es catalizada por la enzima ureasa evitando pérdidas de nitrógeno por volatilización además este inhibidor enzimático, n-(n-butil) triamida tiofosfórica ha demostrado mayor aprovechamiento de Nitrógeno a menor costo y facilidad de aplicación (Fertiandino, 2010).

Por su parte Asan (2012) el fertilizante nitrogenado con NBPT n-(n-butil) triamida tiofosfórica reduce riesgos de lixiviación y volatilización por ende los costos por insumos es menor y al mismo tiempo se obtiene un mejor rendimiento por parte del cultivo dado que el nitrógeno se encuentra disponible a largo plazo.

El n-(n-butil) triamida tiofosfórica es un polímero cuya acción es controlar la solubilidad y liberación moderada de la molécula de urea al suelo permite una continua nutrición en un periodo de 2 a 3 meses (Asan, 2012).

#### **2.5.4.1. Ventajas**

Fertiandino (2010), indica que la urea verde presenta las siguientes ventajas:

- Reduce las pérdidas de amoníaco por volatilización
- Mayor aprovechamiento de N
- Reduce los daños en la semilla

- No quema las raíces, por lo tanto no hay estrés químico.
- Excelente relación beneficio/costo
- Reduce la emisión de gases en la atmosfera

#### **2.5.5. Eficiencia del uso de nitrógeno (EUN)**

La práctica frecuente de fertilización con N en los sistemas de producción que se llevan a cabo en la actualidad depende del manejo racional con el objetivo de incrementar la eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN) por lo tanto la calidad del grano (Orcellet, et al., 2015).

Diferentes definiciones se presentan para la EUN dentro de los cuales establecen que es el resultado de la proporción de rendimiento en grano por unidad de nitrógeno disponible en el suelo, incluyendo la fuente de nitrógeno aplicado como fertilizante y los residuos presentes en el suelo (CIMMYT, 2015). Además una mayor eficiencia en el uso de nitrógeno involucra pequeñas pérdidas económicas y también la calidad del ambiente (Otegui, et al., 2001).

#### **2.5.6. Fósforo**

El fósforo mejora la precocidad de los cereales y favorece el desarrollo radicular, teniendo un papel esencial en la formación de la espiga y del grano y soporte para la planta (López, 2012).

El fósforo permanece en las capas externas de las células de los pelos radiculares y el ápice de las raíces. Por otro lado la deficiencia de fósforo deprime los procesos de utilización de carbohidratos, aun cuando continúa la producción de estos compuestos por medio de la fotosíntesis (Mazzilli & Hoffman, 2010).

#### **2.5.7. Potasio**

El potasio tiene especial importancia en las funciones que aseguran el crecimiento de la planta. La resistencia de los cereales a las heladas, al encamado y a las enfermedades es mayor si disponen de una alimentación mineral rica en potasio. Asimismo, el peso específico y el peso de 1.000 granos aumentan gracias al potasio. También se afirma que el valor panadero del trigo y el valor cervecero de la cebada se mejora con el potasio (López, 2012).

### **2.5.8. Azufre**

El azufre (S) es un nutriente móvil en suelo con dinámica similar al N, que es requerido en cantidades balanceadas por los cultivos (Mazzilli & Hoffman, 2010). Así mismo Sabino, Lavres y Ferreira (2007) mencionan que, el azufre es tan importante como el N en las plantas, pero además juega un papel importante en los mecanismos de defensa de las plantas contra plagas y enfermedades.

### **2.5.9. Nutrientes secundarios y micronutrientes**

El nitrógeno, fósforo y potasio, junto con carbono e hidrógeno del aire y del agua, son los nutrientes principales que precisa la planta para su buen desarrollo, pero para que una correcta absorción, es preciso que estén presentes otros nutrientes, que son los denominados elementos secundarios y micro elementos, que van a potenciar y mejorar dicha eficiencia, de tal forma que, la carencia de alguno de ellos puede provocar desajustes fisiológicos y problemas nutricionales que puedan desembocar en anormalidades de crecimiento, floración, cuajado, engorde de los frutos, falta de calidad, etc (Fertilizante y Productos Químicos Industriales [FERTIBERIA], 2006).

La fertilización adecuada de micronutrientes en la planta es esencial para que el nitrógeno (N) y el fósforo (P) sean asimilados eficientemente además, desempeñan un importante papel en la resistencia a plagas y enfermedades. De igual manera, se ha reconocido que los micronutrientes hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), boro (B), cloro (Cl) y níquel (Ni), son vitales para el crecimiento reproductivo de las plantas tanto a nivel fisiológico como agronómico (Kyrkby & Romheld, 2016).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo de estudio

Investigación experimental

#### 3.2. Caracterización del área de estudio

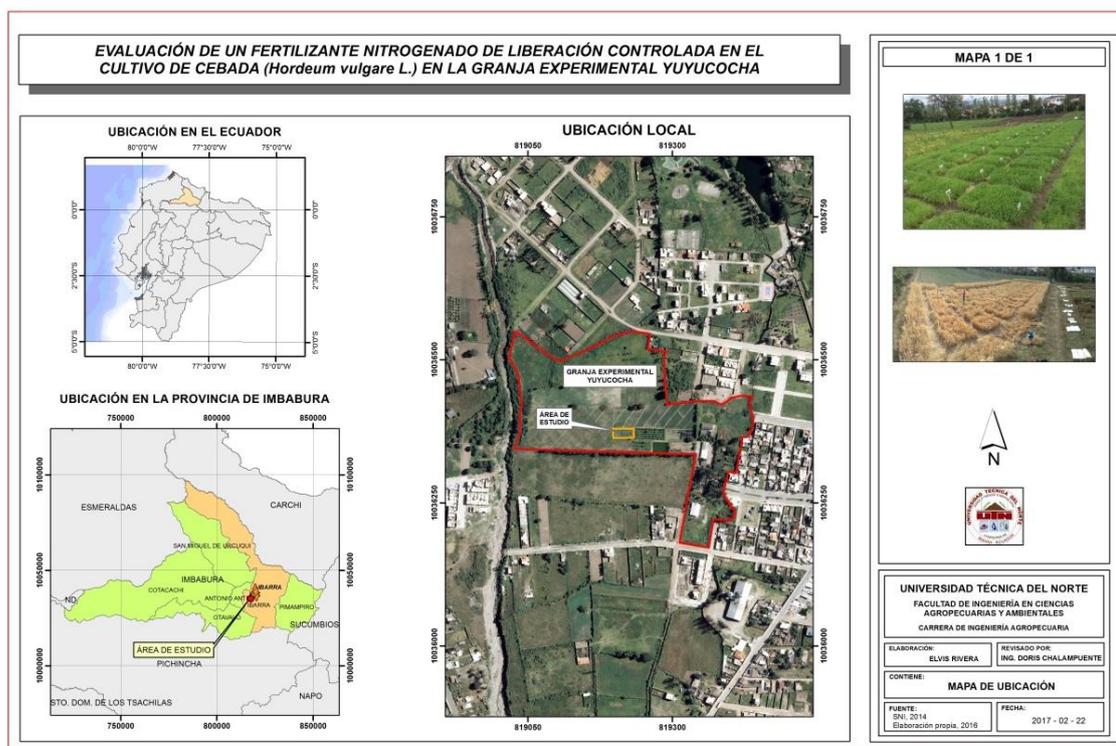
##### 3.2.1. Ubicación geográfica

La investigación se realizó en la “Granja Experimental Yuyucocha” ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, Ciudadela Municipal Yuyucocha cuyas coordenadas son:

**Coordenada X:** 819312 m UTM

**Coordenada Y:** 10036401 m UTM

**Altitud:** 2.243 msnm



*Figura 2.* Mapa de ubicación.

Elaborado por: El Autor

En el área de estudio tiene las siguientes características ecológicas:

<b>Temperatura media:</b>	17,5 °C
<b>Precipitación media:</b>	589,3 mm
<b>Meses secos:</b>	Julio, Agosto, Septiembre
<b>Humedad relativa meses secos:</b>	73,9 %

### **3.3. Materiales y equipos**

#### **3.3.1. Material experimental**

- Semillas de cebada INIAP-Cañicapa 2003
- Fertilizantes químicos:
  - Urea común o convencional (46-0-0)
  - Urea verde o de liberación controlada (46-0-0), NBPT n-(n-butil) triamida tiofosfórica

#### **3.3.2. Materiales de campo**

- Herramientas
- Estacas
- Letreros
- Cuaderno de campo
- Azadón
- Frascos y fundas plásticas
- Botas de trabajo
- Cámara fotográfica

#### **3.3.3. Materiales de laboratorio**

- Balanza analítica
- Contador de granos
- Tamices
- Recipientes

#### **3.3.4. Insumos**

- Fungicida

- Insecticidas
- Herbicidas
- Fosfato monopotásico (0-52-34)
- Sulfato de potasio (0-0-50-18)

### **3.4. Métodos**

#### **3.4.1. Factores en estudio**

Los factores en estudio corresponden a fertilizantes nitrogenados, dosificación y fraccionamientos:

**Factor A:** Fertilizantes nitrogenados

**U1:** Urea convencional:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$

**U2:** Urea verde: N-(n-butil) triamida tío fosfórica

**Factor B:** Dosis: (D)

**D1:** 100% recomendación de nitrógeno de acuerdo al análisis de suelo

(90 N – 40  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 40 $\text{K}_2\text{O}$  – 20 S) kg/ha

**D2:** 20% menor la recomendación de nitrógeno de acuerdo al análisis de suelo

(72 N – 40  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 40  $\text{K}_2\text{O}$  – 20 S) kg/ha

**Factor C:** Fraccionamientos (F); se realizó en base a la escala decimal de Zadocks

**F1:** 100% (Z00) Siembra

**F2:** 50% (Z00) Siembra; 50% (Z22) Brote principal más dos macollos

**F3:** 20% (Z00) Siembra; 50% (Z22) Brote principal más dos macollos; 30% (Z30) Elongación tallo

### 3.4.2. Tratamientos

De la interacción de los factores se generan 12 tratamientos, descritos continuación:

**Tabla 5.** Cuadro de tratamientos

Tratamientos	Código	Fuente Nitrógeno	Dosificación (%)	Fraccionamiento o épocas de aplicación		
				Z00	Z22	Z30
T1	U1D1F1	Urea Convencional	100	100%		
T2	U1D1F2			50%	50%	
T3	U1D1F3			20%	50%	30%
T4	U1D2F1		80	100%		
T5	U1D2F2			50%	50%	
T6	U1D2F3			20%	50%	30%
T7	U2D1F1	Urea Verde	100	100%		
T8	U2D1F2			50%	50%	
T9	U2D1F3			20%	50%	30%
T10	U2D2F1		80	100%		
T11	U2D2F2			50%	50%	
T12	U2D2F3			20%	50%	30%

**Z00:** Siembra

**Z22:** Brote principal más 2 cañas visibles (formación macollos)

**Z30:** Elongación del tallo más primer nudo detectable

Elaborado por: El Autor

### 3.4.3. Diseño experimental

Se empleó un Arreglo Factorial (A x B x C), bajo la distribución de Bloques Completos al Azar, con tres Bloques.

### 3.4.4. Características del experimento

Tratamientos:	12
Bloques:	3
Fertilizantes nitrogenados:	2
Dosificación:	2
Épocas de aplicación:	3
Nº de Unidades experimentales:	36

### 3.4.5. Características de las unidades experimentales

Forma:	Rectángulo
Largo:	3 m
Ancho:	2 m
Área parcela total:	6 m <sup>2</sup>
Área parcela neta:	3,75 m <sup>2</sup> (2,5 m x 1,50 m)
Número de semillas por parcela total:	1.200 semillas (81 g)
Número de semillas por parcela neta:	750 semillas (51 g)
Área neta del experimento:	336 m <sup>2</sup>
Área total del experimento:	551 m <sup>2</sup>

### 3.4.6. Análisis estadístico

El esquema del Análisis de Varianza es el siguiente:

**Tabla 6.** Análisis de varianza

<b>FV</b>	<b>GL</b>
Bloques	2
FA (U)	1
FB (D)	1
FC (F)	2
I (U x D)	1
I (U x F)	2
I (D x F)	2
I (U x D x F)	2
Error Experimental	24
Total	38

**C.V.**

**Elaborado por:** El Autor

### 3.4.7. Análisis funcional

Cuando se encontró diferencias estadísticas en los factores en estudio y su interacción, se realizó pruebas de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% para los fertilizantes nitrógenados, dosis y épocas de aplicación.

### **3.5. Variables a evaluarse:**

#### **3.5.1. Porcentaje de acame (%)**

Se realizó a los 90 días después de la siembra considerando el área de acame producida dentro de la parcela y la respectiva conversión a ha<sup>-1</sup>. Para la medición se empleó un cuadrante de 50 x 50 cm con un área de 0,25 m<sup>2</sup>, para luego considerar el número de cuadrantes acamados en la parcela y luego transformarla.

#### **3.5.2. Altura de planta**

La altura de planta se realizó arrojando al azar un cuadrante de 50 x 50 cm en la unidad experimental considerando 10 plantas seleccionadas al azar dentro de la estructura. Se realizó la medición desde la base del tallo hasta el ápice barbal de la espiga. Utilizando una regla graduada en centímetros (cm). Esta variable fue medida en la fase de cosecha.

#### **3.5.3. Rendimiento total**

Una vez realizada la cosecha se pesó el grano seco (14% humedad) que se obtuvo de cada parcela y el resultado se expresó en kilogramos por parcela neta, y posteriormente se transformó a kg/ha.

#### **3.5.4. Peso de 1000 granos**

De la cosecha obtenida de cada parcela y considerando el 14% de humedad del grano se tomó al azar tres muestras de 1.000 granos, para lo cual se realizó el conteo manual de semillas y se pesaron en gramos cada una de las muestras en una balanza de precisión.

#### **3.5.5. Producción de materia seca (paja + grano)**

Las muestras consistieron de hojas, tallos y granos, y fueron recolectadas arrojando un cuadrante de 15 x 15 cm. Se tomaron cinco submuestras por tratamiento y luego, se procedió a realizar un pesado inicial en gramos, para posteriormente ingresarlo a la estufa con una temperatura de 65 °C hasta obtener un peso constante final en gramos, por último se transformó a kg/ha.

#### **3.5.6. Eficiencia del uso de nitrógeno (EUN)**

Previo al análisis estadístico se empleó la siguiente fórmula para el cálculo de EUN.

$$EUN = \frac{\text{Rendimiento tratamiento (kg)} - \text{Rendimiento testigo (kg)}}{\text{Nitrogeno aplicado (kg)}}$$

### **3.5.7. Análisis económico**

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos se obtuvo a través de la relación beneficio/costo.

## **3.6. Manejo específico del experimento**

### **3.6.1. Delimitación del área de experimento**

Se realizó usando un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) y un flexómetro.

### **3.6.2. Toma de muestras del suelo**

Días antes de la siembra, en el área experimental, se tomó una muestra completa de suelo a 20 cm de profundidad. La muestra fue enviada al laboratorio de suelos donde se ejecutó un análisis completo (químico y físico), para conocer el estado nutricional del área experimental.

### **3.6.3. Preparación del suelo**

Con el fin de dar una buena estructura al suelo previa a la siembra, se realizó con una labor de arada y rastrada

### **3.6.4. Siembra**

Se realizó en forma manual con una densidad de siembra de 135 kg/ha, luego se utilizó un rastrillo con la finalidad de tapar la semilla

### **3.6.5. Riego**

El riego se realizó dependiendo de las condiciones climáticas y atmosféricas según los requerimientos del cultivo.

Se consideró además que el área de estudio posee un tipo de suelo con textura franco arenoso por lo cual el agua se infiltra inmediatamente. Por tal motivo, se realizó 4 riegos aportando con 364 mm de precipitación durante el ensayo.

### **3.6.6. Fertilización química**

La fertilización se realizó tomando en cuenta las aplicaciones respectivas según cada tratamiento. El fósforo, potasio, azufre y magnesio se lo aplicó a la siembra de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Para la aplicación de nitrógeno complementario se consideraron las etapas fenológicas según la escala de Zadoks:

Zadoks 00 (Z00: *siembra*), Zadoks 22(Z22: *producción de macollos*) y Zadoks 30 (Z30: *producción de nudos*).

### **3.6.7. Controles fitosanitarios**

Para el control de roya amarilla (*Puccinia striiformis* sp. *hordei*) y roya de la hoja (*Puccinia hordei*), se utilizó Propiconazol en dosis 1 cc/litro. La aplicación se realizó con una bomba de mochila.

### **3.6.8. Control de malezas**

A los 45 días después de la siembra en dosis de 15 g/ha de Metsulfurónmetil, para el control de malezas de hoja ancha, el control se realizó con una bomba de mochila.

### **3.6.9. Cosecha**

La cosecha y trilla se realizó de forma manual, cuando el cultivo alcanzó la madurez completa del grano (14% de humedad).

### **3.6.10. Registro de datos**

Se tomaron los datos de acuerdo a las especificaciones señaladas en las variables a evaluarse.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se detallan los resultados obtenidos en la presente investigación:

#### 4.1. Porcentaje de acame

Según el análisis de varianza (Tabla 7) con respecto a la variable porcentaje de acame presenta un efecto significativo sobre la interacción del tipo de urea o fertilizante nitrogenado, dosis y fraccionamiento ( $F= 10$ ;  $gl=2$ ;  $p=0,0008$ ), además de un CV de 26 %. Gordón y Camargo (2015), señalan que, normalmente en investigaciones agrícolas de campo se tolera hasta el 30% de coeficiente de variación, teniendo en cuenta que CV menores al 10 % son bajos, del 10 a 20 % son medios y del 20 a 30 % son altos.

**Tabla 7.** Análisis de varianza para porcentaje de acame

	<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Bloques		61,98	2	30,99	4,54	0,0223
Urea		130,34	1	130,34	19,10	0,0002
Dosis		27,21	1	27,21	3,99	0,0584
Fraccionamiento		88,01	2	44,01	6,45	0,0063
Urea*Dosis		1,17	1	1,17	0,17	0,6824
Urea*Fraccionamiento		67,06	2	33,53	4,91	0,0172
Dosis*Fraccionamiento		40,61	2	20,31	2,98	0,0718
<b>Urea*Dosis*Fraccionamiento</b>		136,51	2	68,26	10,00	<b>0,0008</b>
Error		150,14	22	6,82		
Total		703,04	35			
<b>p &gt; 0,05</b>	Diferencia no significativa					
<b>p &lt; 0,05</b>	Diferencia significativa					
CV= 26%						

**Elaborado por:** El Autor

Durante el periodo del llenado de grano, en el lugar de la investigación se presentó fuertes lluvias que causó exceso de humedad en el suelo, al mismo tiempo ráfagas de viento de 1,2 m/s (*Anexo 15*) causando caída de la planta dentro de las parcelas. Rawson y Gómez (2001), afirman que un suelo muy húmedo, acompañado de fuertes vientos al finalizar el periodo del llenado de grano, induce al encamado de la planta.

En el cultivo de cebada hay que prestar mayor atención ya que en suelos con una óptima fertilidad y años lluviosos, el acame puede ocasionar problemas en la trilla y una reducción

en la cosecha (Guerrero, 1999). Un estudio realizado en maíz en asociación con fréjol por Baque (2014), señala un acame del 2 a 6% dentro del ensayo, afirmando que el encamado está influenciado por las condiciones medio ambientales, tales como la lluvia acompañadas de fuertes vientos.

La prueba Diferencia Mínima Significativa al 5% (Tabla 8) evidencia cuatro rangos, destacándose el fertilizante nitrogenado de liberación controlada al 100% de dosis y dos épocas de aplicación (T8) con el mayor porcentaje de acame (17,4%); mientras que el T6, con el fertilizante nitrogenado de uso convencional registró el menor porcentaje de acame (1,4%).

**Tabla 8.** Prueba DMS 5% de (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en porcentaje de acame

<b>Tratamientos</b>	<b>Códigos</b>	<b>Medias (%)</b>	<b>Rangos</b>	
T8	U2D1F2	17,4	A	
T5	U1D2F2	12,5	B	
T11	U2D2F2	12,5	B	
T9	U2D1F3	11,8	B	
T12	U2D2F3	11,1	B	C
T1	U1D1F1	10,4	B	C
T3	U1D1F3	9,7	B	C
T7	U2D1F1	9,7	B	C
T10	U2D2F1	9,0	B	C
T4	U1D2F1	8,3	B	C
T2	U1D1F2	6,3	C	
T6	U1D2F3	1,4	D	

**Elaborado por:** El Autor

Al comparar tratamientos homólogos entre las fuentes nitrogenadas se nota que comparten rangos estadísticos de B y BC; sin embargo, se observa que las plantas tratadas con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada presenta mayor porcentaje de acame en comparación a la urea convencional hecho que se ratifica con mayor énfasis al comparar el T2 vs T8 que presentan 6,3% y 17,44% respectivamente; así mismo, el T6 (1,4%) vs T12 (11,1%).

Existe un comportamiento inesperado al comparar tratamientos homólogos esta reacción puede deberse a variables que no fueron estudiadas en esta investigación pues no se estudiaron variables que permitan evaluar el desarrollo radicular u alguna otra

característica que facilite un mejor anclaje de las plantas para evitar volcamientos ya que la producción de biomasa no guarda relación con el porcentaje de acame. Por lo tanto esta información no concuerda con Carrillo (2008), en el cultivo cebada la presencia abundante de agua debilita el anclaje del sistema radicular al incrementar el peso en la planta, incidiendo en el acame.

Se observa que los tratamientos con la urea convencional y dosis al 100% presentan un mayor porcentaje de acame, la tendencia es reducir cuando se aplica una menor dosis como sucede con, T3 vs T6 que demuestran 9,7% y 1,4% respectivamente. Esta información concuerda con lo realizado por Intriago (2013) y Matéo (2005), mencionan que una menor dosis de nitrógeno conlleva a reducir el encamado. Sin embargo, al comparar T2 vs T5 se observó un comportamiento contrario a lo esperado, probablemente la explicación de este comportamiento inesperado se deba a la presencia de lluvias y fuertes vientos además del anclaje radicular. De la misma manera, los tratamientos con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada muestran el mismo comportamiento a lo anteriormente mencionado, es decir, a menores dosis la incidencia de acame disminuye numéricamente como se observa al comparar el T7 vs T10 con 9,7% y 9% respectivamente, con mayor diferencia entre el T8 (17,4%) y el T11 (12,5%).

Al analizar los resultados obtenidos para los tratamientos con urea convencional al 100% de la dosis se observó que el T2 (6,3%) con dos fraccionamientos muestra el menor porcentaje de acame, seguido por T3 y T1; mientras que para los tratamientos con urea convencional al 80% de la dosis, el T6 (1,4%) con tres fraccionamientos fue el que menor incidencia presentó, seguidos por T4 y T5. De acuerdo a Alcívar (2013), al manejar la nutrición de un cultivo con urea convencional durante épocas con precipitación, es conveniente establecer fraccionamientos con las dosis establecidas a partir del análisis de suelo para reducir el encamado. En lo que respecta a los tratamientos con urea verde al 100%, el que menor porcentaje de acame mostró fue el T7 (9,7%) con una sola aplicación, seguido por T9 y T8, por su parte al emplear el 80% de la dosis el T10 (9%) demuestra menor incidencia siendo superiores el T12 y T11. De acuerdo a estos resultados se observa que al manejar fraccionamientos con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada induce al encamado mientras que, con el fertilizante nitrogenado de uso convencional dividir el nitrógeno en épocas de aplicación reduce el encamado.

Estos resultados se deberían a la mayor permanencia en el suelo por parte del fertilizante nitrogenado de liberación controlada el cual facilitaría la liberación de N durante todo el ciclo del cultivo pudiendo incidir así en el acame. De acuerdo a Asan (2012), el n-(n-butil) triamida tiofosfórica es un polímero cuya acción es controlar la solubilidad y liberación moderada de la molécula de urea al suelo permite una continua nutrición en un período de 2 a 3 meses. Por tal motivo se aduce que el fraccionamiento inicial 50% y macollamiento 50% tengan repercusiones en esta variable ya que la urea verde genera abundante nitrógeno. Carrillo (2008), señala que la tendencia al encamado se genera debido a un constante aporte de N. Adicionalmente, Grant y Rawluk (2010), a través de una investigación realizada en Canadá en el cultivo de cebada, encontraron que el amoníaco comienza a volatilizarse en un 4% entre el cuarto y séptimo día después de haber realizado la aplicación de n-(n-butil) triamida tiofosfórica al suelo, mientras que el fertilizante convencional alcanzó el 30% al cuarto día. Así lo afirma Fernández del Pozo (1984), la descomposición del fertilizante nitrogenado convencional ocurre de tres a cuatro días, habiendo casos en que el 90% de la urea se descompone a las 24 horas.

## 4.2. Altura de planta

El análisis de varianza para la variable altura de planta (Tabla 9) detectó diferencias significativas ( $F= 3,59$ ;  $gl=2$ ;  $p=0,0285$ ), producto de la interacción del tipo de urea o fertilizante nitrogenado, dosis y fraccionamientos, además el CV es de 5,71% estableciendo que los datos son relativamente homogéneos.

**Tabla 9.** Análisis de varianza para altura de planta en la cosecha

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	408,11	2	204,05	4,04	0,0184
Urea	204,00	1	204,00	4,04	0,0452
Dosis	1,23	1	1,23	0,02	0,8763
Fraccionamiento	1.308,82	2	654,41	12,96	<0,0001
Urea*Dosis	0,10	1	0,10	2,0E-03	0,9645
Urea*Fraccionamiento	1.123,44	2	561,72	11,12	<0,0001
Dosis*Fraccionamiento	130,65	2	65,33	1,29	0,2756
<b>Urea*Dosis*Fraccionamiento</b>	362,92	2	181,46	3,59	<b>0,0285</b>
Error	17.473,96	346	50,50		
Total	2.1013,22	359			
<b>p &gt; 0,05</b>	Diferencia no significativa				
<b>p &lt; 0,05</b>	Diferencia significativa				
CV= 5,71%					

Elaborado por: El Autor

En la Tabla 10, se muestra la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% de la interacción donde se registran cinco rangos, destacándose el T3 con una altura de 129,12 cm mientras que el T1 presenta una altura de 118,32cm con una diferencia de 11 cm.

**Tabla 10.** Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en altura de planta a la cosecha

Tratamientos	Códigos	Medias (cm)	Rangos		
T3	U1D1F3	129,12	A		
T12	U2D2F3	128,42	A	B	
T7	U2D1F1	126,37	A	B	C
T10	U2D2F1	126,20	A	B	C
T6	U1D2F3	126,08	A	B	C
T9	U2D1F3	125,38		B	C
T8	U2D1F2	124,05			C D
T2	U1D1F2	123,95			C D
T5	U1D2F2	123,60			C D
T11	U2D2F2	121,27			D E
T4	U1D2F1	121,25			D E
T1	U1D1F1	118,32			E

Elaborado por: El Autor

Cabe mencionar que los tratamientos con la influencia del fertilizante nitrogenado ya sea de liberación controlada y de uso convencional alcanzan un comportamiento propio de la variedad para la variable altura de planta a la cosecha, encontrándose dentro del rango con la característica agronómica reportada por INIAP (2003), el cual señala que, la variedad INIAP-Cañicapa presenta una altura de planta que oscila entre 110 a 130 cm.

Al realizar una comparación entre las fuentes nitrogenadas con tratamientos homólogos se nota que no existen diferencias marcadas en altura de planta; sin embargo, se encontró variación al relacionar T1 vs T7 con 118,32 cm y 126,42 cm respectivamente, así mismo T4 (121,12 cm) vs T10 (126,20 cm) cuya superioridad en cuanto altura de planta se atribuyen al fertilizante nitrogenado de liberación controlada. Redagrícola (2013), señala que, los fertilizantes inhibidores de la enzima ureasa incrementan el crecimiento de plantas y reduce pérdidas de N. Contradictoriamente, al contrastar el T3 (129,12 cm) vs T9 (125,38 cm) se observó una tendencia distinta. En este caso, el tratamiento con urea convencional incrementó más la altura de las plantas que la urea verde.

Al aplicar el 100% y 80% de la dosis para las dos fuentes nitrogenadas no se encontró diferencias con alta variación ya que comparten una estrecha relación entre los rangos estadísticos. Esta semejanza se presenta en un estudio realizado en Ilumán, en el cultivo de maíz, el cual afirma que la altura de planta no presentó variación a causa de factores como: el fertilizante nitrogenado, las dosificaciones, ni el número de fraccionamientos (Morán, 2012). Estos datos son corroborados en la presente investigación, mostrando que la eficiencia agronómica de las dos fuentes nitrogenadas es similar.

Se observó que, la urea convencional con el 100% de la dosis existe una tendencia a aumentar la altura de planta al realizar fraccionamientos en dos y tres aplicaciones como sucede con el T3 (129,12 cm) seguidos de T2 y T1. Así mismo en cuanto al 80% tiene el mismo comportamiento partiendo de 126,08 cm correspondientes al T6 con tres épocas de aplicación seguidos del T5 y T4. Mientras que, con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada no existe una tendencia clara ya que se observó comportamientos similares ya que comparten rangos estadísticos; sin embargo, numéricamente al aplicar el 100% de la dosis con una sola aplicación T7 (126,37 cm) muestra mayor altura de planta. Lo que demuestra Quelal (2014), los tratamientos obtuvieron un comportamiento estadístico similar, ya que la altura de planta en la cebada depende específicamente de la genética de las variedades el cual es corroborado por (INIAP 2003). Por el contrario con el 80% de la

dosis se obtuvo un mejor resultado al realizar tres épocas de aplicación así como se muestra en el T12 (128,48 cm) seguido por el T10 y T11.

### 4.3. Rendimiento total

Para el análisis de varianza, rendimiento total se determina que existe diferencia significativa ( $F= 5,59$ ;  $gl=2$ ;  $p=0,0109$ ), lo que permite determinar que hay influencia entre el fertilizante nitrogenado, dosificación y épocas de aplicación respecto a la variable en estudio tal como se aprecia en la Tabla 11. Se debe mencionar además que los datos son relativamente homogéneos, registrando un CV de 11,81%.

**Tabla 11.** Análisis de varianza para rendimiento total

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	1.467.562,23	2	733.781,12	3,95	0,0343
Urea	575.356,54	1	575.356,54	3,1	0,0924
Dosis	231.658,90	1	231.658,90	1,25	0,2763
Fraccionamiento	984.729,51	2	492.364,76	2,65	0,0931
Urea*Dosis	7.935,11	1	7.935,11	0,04	0,8382
Urea*Fraccionamiento	183.264,80	2	91.632,40	0,49	0,6173
Dosis*Fraccionamiento	715.056,83	2	357.528,41	1,92	0,1698
<b>Urea*Dosis*Fraccionamiento</b>	<b>2.079.492,89</b>	<b>2</b>	<b>1.039.746,45</b>	<b>5,59</b>	<b>0,0109</b>
Error	4.088.482,89	22	185.840,13		
Total	10.333.539,72	35			
p > 0,05	Diferencia no significativa				
p < 0,05	Diferencia significativa				
	CV= 11,81%				

**Elaborado por:** El Autor

Según la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% los tratamientos presentan cuatro rangos (Tabla 12), destacándose el T6 con una producción de 4.482,38 kg/ha (4,48 tn/ha) mientras que el T8 presenta un rendimiento de 3.109,63 kg/ha.

**Tabla 12.** Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en rendimiento total

Tratamientos	Códigos	Medias (kg/ha)	Rangos			
T6	U1D2F3	4.482,38	A			
T2	U1D1F2	4.075,82	A	B		
T4	U1D2F1	3.877,00	A	B	C	
T9	U2D1F3	3.846,11	A	B	C	
T10	U2D2F1	3.731,46		B	C	D
T3	U1D1F3	3.588,43		B	C	D
T12	U2D2F3	3.570,85		B	C	D
T11	U2D2F2	3.463,21		B	C	D
T7	U2D1F1	3.417,55		B	C	D
T1	U1D1F1	3.378,49		B	C	D
T5	U1D2F2	3.253,75			C	D
T8	U2D1F2	3.109,63				D

**Elaborado por:** El Autor

Estos resultados tienen relación directa con el acame presentado durante el llenado del grano por tal motivo se registra resultados variables en los tratamientos con interacción del tipo de urea, dosis y fraccionamientos. Rawson y Gómez (2001) señala que el rendimiento puede reducirse más del 1% por cada día que el cultivo se encuentre tendido. Es necesario señalar que durante la investigación se levantó las plantas del suelo con piolas para evitar pérdidas significativas por tal motivo, para el respectivo análisis se descartó el porcentaje de acame.

Los rendimientos presentados en los tratamientos, se encuentran dentro de los rangos establecidos por INIAP (2003), quien asegura que el rendimiento de la variedad INIAP - Cañicapa oscila entre 3 a 5 tn/ha.

Al comparar tratamientos equivalentes entre las fuentes nitrogenadas se observa que los tratamientos con la urea convencional se observa un aumento significativo en el rendimiento al comparar T2 vs T8 con 4.075,82 kg/ha y 3.109,63 respectivamente, así mismo el T6 (4.482,32 kg/ha) vs T12 (3.570,85 kg/ha). Sin embargo, con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada los resultados comparten rangos estadísticos pero numéricamente presentan un mayor rendimiento en comparación a los tratamientos con urea convencional como sucede al relacionar T3 vs T9 presentando 3.588,43 kg/ha y 3.846,11 kg/ha respectivamente. Es posible que existan variedades de cebada que funcionen mejor con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada, tal como lo indica

Fontanetto et al. (2011) en un estudio realizado en el cultivo de cebada variedad Scarlett en Buenos Aires, Argentina menciona que los tratamientos con la influencia de urea con NBPT n-(n-butil) triamida tiofosfórica estimula producciones significativas en un promedio de 5.389 kg/ha superando a tratamientos con fertilizante nitrogenado convencional con valores de 4.562 kg/ha. Hay que señalar también que, si no hubiese existido caída de plantas dentro de las parcelas el potencial del fertilizante nitrogenado de liberación controlada en cuanto a rendimiento podría haber sobrepasado los rangos establecidos cumpliendo así con lo citado anteriormente.

Los tratamientos con urea convencional y dosis al 100% presentan menores rendimientos que al utilizar el 80% debido al acame registrado anteriormente, como ocurre en el T3 (3.588,43 kg/ha) vs T6 (4.482,32 kg/ha) mientras que, al relacionar el T1 vs T4 solo existe diferencia numérica. Por el contrario T2 (4.075,82 kg/ha) vs T5 (3.253,75 kg/ha) muestran resultados inversos.

La urea convencional al 100% de la dosis dividida en dos épocas de aplicación (50% Z00 y 50% Z22) promueve un mayor rendimiento como sucede en el T2 con 4.075,82 kg/ha mientras que al realizar un sola aplicación se reduce significativamente T1 (3.378,49 kg/ha). El cual concuerda con resultados obtenidos por Casanova y Benavides (2009) y Fontanetto et al. (2011) estudios realizados en cebada demuestran que, las mayores pérdidas de  $\text{NH}_3$  por volatilización se dieron a partir de la urea blanca o convencional con valores entre un 18 y 30% por la volatilización generada en campo. Por lo cual se aduce que el déficit de nitrógeno por pérdidas de  $\text{NH}_3$  afecta al rendimiento. Mientras que, con el 80% de la dosis es necesario realizar tres fraccionamientos en la siembra, macollamiento y espigado con la finalidad de incrementar la producción poniendo el caso de T6 cuyo valor es de 4.482,38 kg/ha. El cual concuerda con un estudio realizado en el cultivo de maíz, manifestando que una estrategia recomendable en cuanto a fertilización son aplicaciones fraccionadas, donde garantice el aporte necesario de nitrógeno en fases con mayor demanda del cultivo con el fin de incrementar la producción (Morán, 2012).

Al realizar tres fraccionamiento del 100% de la dosis en cuanto fertilizante nitrogenado de liberación controlada se obtiene un mejor resultado en el T9 (3.846,11 kg/ha) seguido del T7 presentando 3.417,55 kg/ha con una sola aplicación a la siembra (Z00) pero sin olvidar que comparten rangos estadísticos, mientras que, el T8 (3.109,63 kg/ha) refleja menores rendimientos a causa del acame presentado. Por el contrario, con el 80% de la dosis el

número de fraccionamientos no existe variación por compartir rangos estadísticos BCD. No obstante numéricamente se observa mejor rendimiento al realizar una sola aplicación tal como se sucede con el T10 (3.731,46 kg/ha) en este caso se cumple con lo mencionado por Bellido (2010), en el cultivo de cebada al realizar una sola aplicación de nitrógeno a la siembra puede resultar más efectiva sobre la producción a diferencia de aplicaciones posteriores.

Debido al acame presentado durante el llenado de grano se procede a realizar la respectiva correlación entre el porcentaje de acame (Tabla 8) y rendimiento total (Tabla 12).

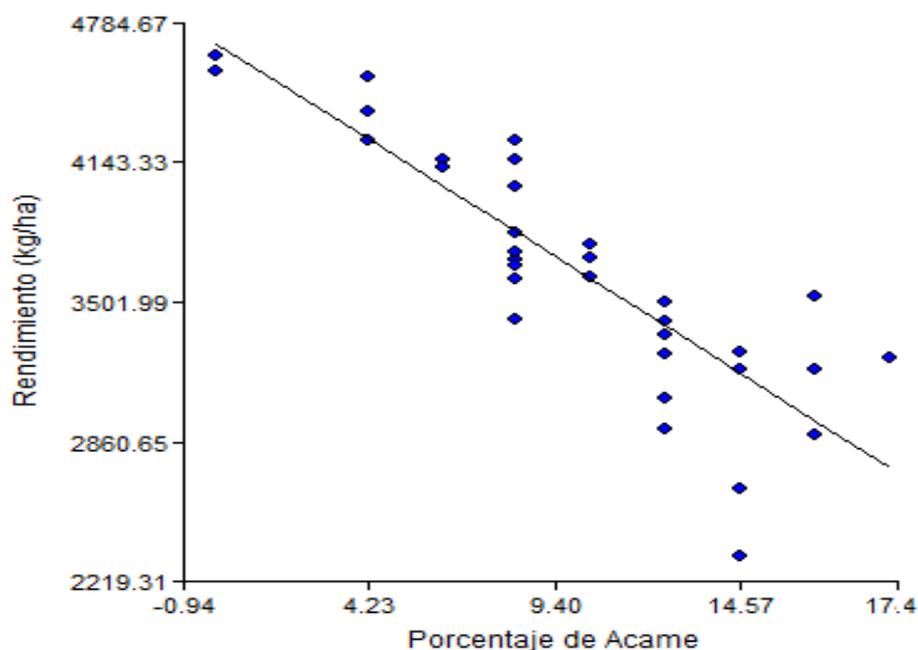
El análisis de correlación (Tabla 13) señala que, el porcentaje de acame tiene efecto significativo ( $p = <0,0001$ ) es decir el 73% del rendimiento total es afectado por el encamado.

**Tabla 13.** Análisis de correlación entre rendimiento total y porcentaje de acame.

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Porcentaje de acame</b>	7.549.536,08	1	7.549.536,08	92,20	<b>&lt;0,0001</b>
Error	2.784.003,64	34	81.882,46		
Total	10.333.539,72	35			
$p > 0,05$	Diferencia no significativa				
$p < 0,05$	Diferencia significativa				
Coeficiente de determinación = 73%					

**Elaborado por:** El Autor

En la Figura 3 se aprecia una correlación inversamente proporcional entre las variables, lo que significa que a medida que el porcentaje de acame incrementa, el rendimiento se reduce; de esta manera, se afirma que el encamado de plantas dentro del cultivo tiene influencia negativa sobre la producción. Esto se corrobora con un estudio realizado en maíz manifestando la presencia de correlación lineal negativa entre el acame y rendimiento con un coeficiente de correlación de 32% (Ayala, 2007).



**Figura 3.** Correlación lineal entre rendimiento total y porcentaje de acame.

**Elaborado por:** El Autor

#### 4.4. Peso de 1000 granos

De acuerdo con la Tabla 14 del análisis de varianza, existe un efecto significativo ( $F=6,81$ ;  $gl=2$ ;  $p=0,0017$ ), para el peso de 1.000 granos producto de la interacción del tipo de fertilizante nitrogenado, dosis y fraccionamiento con un 2,70% de coeficiente de variación estableciendo homogeneidad en los datos.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para peso 1000 granos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	28,39	2	14,19	4,95	0,0090
Urea	1,81	1	1,81	0,63	0,4282
Dosis	12,00	1	12,00	4,19	0,0435
Fraccionamiento	24,50	2	12,25	4,27	0,0167
Urea*Dosis	0,93	1	0,93	0,32	0,5711
Urea*Fraccionamiento	19,91	2	9,95	3,47	0,0351
Dosis*Fraccionamiento	32,06	2	16,03	5,59	0,0051
<b>Urea*Dosis*Fraccionamiento</b>	39,02	2	19,51	6,81	<b>0,0017</b>
Error	269,39	94	2,87		
Total	428,00	107			
<b>p &gt; 0,05</b>	Diferencia no significativa				
<b>p &lt; 0,05</b>	Diferencia significativa				
CV= 2,70%					

**Elaborado por:** El Autor

En la Tabla 15, se muestra la prueba de Diferencia Mínima Significativa al 5% producto de la interacción del tipo de urea, dosis y épocas de aplicación registran tres rangos. Se observa que los tratamientos T6, T2, T9, T3 (64 g - 64,22 g) son los que mejor llenado de grano presentan, a diferencia del T5 y T1 que muestra valores de 61 g. Cabe señalar que los datos fueron tomados al 14% de humedad condiciones óptimas de calidad para el almacenamiento.

**Tabla 15.** Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) en peso de 1000 granos

<b>Tratamientos</b>	<b>Códigos</b>	<b>Medias (g)</b>	<b>Rangos</b>	
T6	U1D2F3	64,22	A	
T2	U1D1F2	64,00	A	
T9	U2D1F3	64,00	A	
T3	U1D1F3	64,00	A	
T7	U2D1F1	62,89	A	B
T4	U1D2F1	62,89	A	B
T10	U2D2F1	62,78	A	B
T8	U2D1F2	62,00		B C
T11	U2D2F2	62,00		B C
T12	U2D2F3	62,00		B C
T5	U1D2F2	61,11		C
T1	U1D1F1	61,00		C

**Elaborado por:** El Autor

Los datos recolectados para la presente variable cumplen con los estándares establecidos por INIAP (2003), el cual señala que el peso de 1000 granos en la variedad INIAP Cañicapa es de 62 g con un 14% de humedad para mantener óptimas características de calidad.

Al contrastar tratamientos homólogos entre fuentes nitrogenadas se observa que el fertilizante nitrogenado de uso convencional muestran valores significativos en el peso de mil granos como ocurre en el T6 vs T12 con valores de 64,22 g y 61,67 g respectivamente; del mismo modo, el T2 (64 g) vs T8 (62 g). Cabe recalcar además, que existen tratamientos se encuentra por debajo de los 62 g como el T1 y T5. Por el contrario, los tratamientos con el fertilizante de liberación controlada simplemente existe diferencia al comparar T1 (61 g) vs T7 (62,89 g), añadiendo además que a pesar de los resultados superiores a 62 g no varían significativamente ya que comparten los mismos rangos estadísticos.

Los tratamientos con urea convencional y dosis al 80% registran mejores resultados en cuanto a peso de mil granos así lo demuestran al comparar T1 vs T4 con valores de 61 g a 62,89 g respectivamente, no obstante en el T2 vs T5 no sucede lo esperado presentando relación directa con la variable rendimiento por ende el acame ya que no se produjo el llenado óptimo del grano. Por otra parte al aplicar tanto el 80% o 100% de dosis del fertilizante nitrogenado de liberación controlada no presentan valores con diferencias marcadas ya que comparten rangos estadísticos. Hay que considerar que los resultados en cuanto al peso de mil granos depende específicamente de la característica de la variedad y la respuesta del cultivo a las condiciones ambientales (Quelal, 2014). A diferencia del T9 vs T12 con 64g y 62 g respectivamente demostrando que aplicar el 100% de fertilizante en tres aplicaciones resulta una buena práctica para el llenado de grano.

Al realizar dos y tres fraccionamientos del 100% de urea convencional resulta en un óptimo llenado de grano como se observa en T2 y T3 demostrando 64 g mientras que al aplicar todo el fertilizante a la siembra el peso disminuye a 61 g. En relación con el 80% se observa que el T5 con dos fraccionamientos presenta 61,11 g debido al acame no permitió un correcto llenado de grano, en cuanto al T6 (64,22 g) supera numéricamente al T4 (62,89). La presente variable en estudio presenta relación con el rendimiento (Tabla 12) así lo afirma Castro, Domínguez, y Paccapelo (2011), el peso de 1000 granos tiene influencia directa con relación al rendimiento total del grano. Con respecto al fertilizante nitrogenado de liberación controlada al 100% de dosis el T9 (64 g) con tres épocas de aplicación presenta un peso mayor, mientras que, los tratamientos T10, T11, T12 al 80% no presenta diferencias marcadas por compartir rangos AB-BC.

Otro aspecto importante que influye en el llenado de grano es brindar al cultivo la cantidad necesaria de agua así lo indica el estudio realizado en Argentina en el cultivo de triticale por Castro, Domínguez, y Paccapelo (2011), al presentarse la precipitación (523 mm) durante las últimas etapas del cultivo favorece al buen llenado de grano ya que al mantener disponible los sustancias sintetizadas por la fotosíntesis esto facilita el transporta al grano.

#### 4.5. Producción de materia seca (paja + grano)

El análisis de varianza en la Tabla 16 con respecto a la variable producción de materia seca no presenta efecto significativo sobre las fuentes de variación.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para la variable materia seca

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	348.088,5	2	174.044,2	0,11	0,8968
Urea	3.484.631,1	1	3.484.631,1	2,19	0,1529
Dosis	956.125,4	1	956.125,4	0,60	0,4463
Fraccionamiento	6.723.387,6	2	3.361.693,8	2,11	0,1446
Urea*Dosis	1.777.822,2	1	1.777.822,2	1,12	0,3018
Urea*Fraccionamiento	3.228.945,8	2	1.614.472,9	1,02	0,3786
Dosis*Fraccionamiento	2.612.474,7	2	1.306.237,4	0,82	0,4528
Urea*Dosis*Fraccionamiento	3.829.450,5	2	1.914.725,3	1,20	0,3189
Error	34.976,1	22	1.589.820,9		
Total	57.936,9	35			
<b>p &gt; 0,05</b>	Diferencia no significativa				
<b>p &lt; 0,05</b>	Diferencia significativa				
CV= 9,19%					

Elaborado por: El Autor

Se debe agregar que luego de que ocurriera el acame dentro de las parcelas en estudio se realizó levantamiento solamente de espigas con piolas cruzadas, más no la planta en su totalidad ya que al aplicar mayor fuerza para devolverlos a su estado vertical los tallos se rompían.

A causa del acame presentado durante el espigado del cultivo la variable producción de materia seca no registra diferencias estadísticas debido a que las plantas en contacto con el suelo (hojas y tallos) entraron en proceso de descomposición reduciendo así la cantidad de material vegetal. Así lo menciona Rawson y Gómez (2001), el encamado destruye la estructura de la parte aérea del cultivo esto ocurre cuando las plantas no permanecen verticales debido a elementos combinados como vientos fuertes, lluvias intensa en la etapa del llenado de grano.

Independientemente de los resultados estadísticos no significativas obtenidos en la presente investigación hay que aclarar que la aplicación de cualquier fuente nitrogenada tiene efecto en la producción de materia seca así lo afirma Lázzari, Landriscini, y Echangué (2005), estudio de Argentina realizado en cebada demuestra que los tratamientos con fertilización nitrogenada acumulan una mayor cantidad de materia seca llegando a producir hasta 12000 kg MS/ha con tendencia a aumentar a medida que se incremente la dosis.

Los resultados de la presente investigación no concuerdan con lo manifestado por Grant y Rawluk (2008), quienes mencionan que el efecto de la urea con NBPT n-(n-butil) triamida tiofosfórica, inhibidor de la enzima ureasa aplicada en la cebada bajo un sistema de labranza convencional (voleo) conduce a una mayor producción de la biomasa.

#### 4.6. Eficiencia del uso de nitrógeno (EUN)

La eficiencia agronómica de uso del nitrógeno (EUN) asociado a buenas prácticas de manejo permite reducir la magnitud al utilizar fertilizantes nitrogenados con el fin de aumentar la producción (Boaretto, et al., 2007).

Es necesario recalcar que, previo al análisis estadístico se aplicó la fórmula para obtener el uso eficiente de nitrógeno pertinente, el cual emplea la diferencia entre el rendimiento de los tratamientos y rendimiento de parcelas testigo (*Anexo 12*) dividido para el N aplicado (kg).

Del análisis de varianza presentado en la Tabla 17 para el uso eficiente de nitrógeno, se detecta un efecto significativo sobre la fuente de variación: Tipo de Urea o fertilizante nitrogenado, dosis y fraccionamiento ( $F=3,72$ ;  $gl=2$ ;  $p=0,0406$ ), además de un CV del 25% demostrando heterogeneidad de los datos.

**Tabla 17.** Análisis de varianza para el uso eficiente de nitrógeno

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Bloques	8,24	2	4,12	0,83	0,4482
Urea	2,80	1	2,80	0,57	0,4599
Dosis	48,35	1	48,35	9,77	0,0049
Fraccionamiento	19,59	2	9,80	1,98	0,1619
Urea*Dosis	0,88	1	0,88	0,18	0,6778
Urea*Fraccionamiento	0,36	2	0,18	0,04	0,9643
Dosis*Fraccionamiento	20,11	2	10,06	2,03	0,1549
<b>Urea*Dosis*Fraccionamiento</b>	36,79	2	18,40	3,72	<b>0,0406</b>
Error	108,85	22	4,95		
Total	245,97	35			
<b>p &gt; 0,05</b>	Diferencia no significativa				
<b>p &lt; 0,05</b>	Diferencia significativa				
CV= 25%					

**Elaborado por:** El Autor

En la Tabla 18, la prueba Diferencia Mínima Significativa de la interacción señala al T6 con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno con un valor de 12 kg grano/kg N aplicado

valor altamente superior con el resto de tratamientos, mientras que, T1, T7 y T8 no superan los 6 kg grano/kg N aplicado es decir no existió un uso eficiente de nitrógeno.

**Tabla 18.** Prueba DMS 5% (tipo de urea, dosis y fraccionamientos) uso eficiente de nitrógeno

Tratamientos	Códigos	Medias (kg grano/kg N)	Rangos		
T6	U1D2F3	12,0	A		
T4	U1D2F1	9,9	A	B	
T10	U2D2F1	9,1	A	B	C
T9	U2D1F3	9,0	A	B	C
T12	U2D2F3	9,0	A	B	C
T2	U1D1F2	9,0	A	B	C
T11	U2D2F2	8,2	A	B	C
T5	U1D2F2	6,7		B	C
T3	U1D1F3	6,6		B	C
T7	U2D1F1	5,7			C
T8	U2D1F2	5,6			C
T1	U1D1F1	5,4			C

**Elaborado por:** El Autor

Al comparar tratamientos homólogos entre las fuentes nitrogenadas se observa que no existe una tendencia definida ya que comparten rangos estadísticos. Sin embargo, las plantas tratadas con el fertilizante nitrogenado de uso convencional presentan diferencias numéricas en comparación al fertilizante nitrogenado de liberación controlada como sucede con el T6 (12 kg grano/kg N) vs T12 (9 kg grano/kg N) de la misma manera con T2 vs T8 con 9 y 5,6 kg grano/kg N respectivamente. Quintero et al. (2016) señala que, tanto en la cebada como trigo una respuesta aceptable de recuperación del grano es de 6 a 7 kg por 1 kg de nitrógeno administrado y en casos máximos de 12 a 14 kg de grano.

En cuanto a la dosificación empleada con la urea convencional se aprecia que al utilizar el 80% responde de manera favorable en el uso eficiente de nitrógeno así lo demuestra el T1 vs T4 con 5,4 y 9,9 kg grano/kg N respectivamente lo mismo ocurre al comparar T3 vs T6. Esto parece confirmar una investigación realizada en Argentina en el cultivo de cebada por Orcellet et al. (2015), el cual obtuvo 9 kg grano/kg de N aplicado, a causa de reducir en un 30% la dosis de urea convencional con una sola aplicación en Z12 (formación de dos hojas). Mientras que, al contrastar T2 (9 kg grano/kg N) vs T5 (6,7 kg grano/kg N) se observa una tendencia contraria a lo esperado. Por el contrario, con el fertilizante nitrogenado de liberación controlada, tanto el 100% y 80% de la dosis son estadísticamente

similares pero numéricamente distintos tal como se observa al comparar T7 vs T10 con 5,7 y 9,1 kg grano/kg N así mismo T8 vs T11 mientras que T9 vs T12 son iguales en todo sentido. Hecho contrario a lo mencionado por Bellido (2010), señala que los fertilizantes con inhibidores de la enzima ureasa demuestran mayor eficiencia en el uso de nitrógeno al reducir la dosis. Estos resultados variables se podría deber a la relación entre el rendimiento y el acame mencionado anteriormente ya que la eficiencia del uso de nitrógeno depende directamente de la producción obtenida.

Al realizar dos fraccionamientos del 100% de la urea convencional presenta un eficiente uso de nitrógeno como acontece en T2 (9 kg grano/kg N), mientras que, el T6 con el 80% con aplicaciones tanto en la siembra, macollamiento y espigado registra valor superior al resto con 12 kg grano/kg N aplicado. Orcellet et al. (2015), al fraccionar el fertilizante nitrogenado en ambientes óptimos, permite alcanzar una máxima eficiencia de uso de nitrógeno. Así mismo Boaretto, Muraoka, y Trevelin (2007), afirman que la absorción del fertilizante nitrogenado se optimiza cuando es administrado el momento de mayor requerimiento por la planta. Mientras que al realizar una sola aplicación el EUN se reduce como sucede en T1 (5,4 kg grano/kg N). Así lo afirma García (2004) las pérdidas de N son superiores cuando la cantidad del fertilizante nitrogenado a la siembra es alta, ya que la exposición del elemento en el medio es prolongada.

Con respecto al fertilizante nitrogenado de liberación controlada empleando el 100% de la dosis numéricamente resulta más eficiente realizar tres fraccionamientos, así lo demuestra el T9 (9 kg grano/kg N). Por lo tanto es recomendable, dividir el fertilizante en diferentes épocas de desarrollo, en lugar de una sola aplicación pues es una práctica segura para aumentar la eficiencia del uso de nitrógeno (Intriago, 2013). Mientras que, T10, T11 y T12 con el 80% de la dosis el número de fraccionamientos no influye significativamente por compartir el mismo rango estadístico ABC.

#### 4.7. Análisis económico

En la Tabla 19, se presenta los costos de producción para una hectárea de cebada

**Tabla 19.** Costos de producción en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.).

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1. Preparación del suelo</b>				
Arada	Hora	2	15,00	30,00
Rastrada	Hora	2	15,00	30,00
<b>2. Mano de obra</b>				
Siembra (manual)	Jornal	4	15,00	60,00
Tapado de semilla (tractor)	Hora	2	15,00	30,00
Control de malezas	Jornal	2	15,00	30,00
Controles fitosanitarios	Jornal	4	15,00	60,00
<b>3. Semilla</b>				
Semilla	kg	135	0,80	108,00
<b>4. Fertilizantes</b>				
Sulfato de potasio	kg	28	1,10	30,80
Fosfato Monopotásico	kg	77	2,17	167,09
<b>5. Control químico de plagas y enfermedades</b>				
Vitavax	g	45	0,03	1,13
Thionagro	200 gr/ha	1	4,30	4,30
Tilt	100 cc/ha	1	3,25	3,25
Tryclan	100 gr/ha	1	3,99	3,99
Rodelta	100 cc/ha	1	2,80	2,80
<b>6. Control químico de malezas</b>				
Ally	15 gr/ha	1	8,60	8,60
<b>7. Cosecha</b>				
Sacos	Unidad	100	0,18	18,00
<b>8. Postcosecha</b>				
Secado	Jornal	2	15,00	30,00
Ensacado	Jornal	2	15,00	30,00
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>9. Servicios de laboratorio</b>				
Análisis de suelo completo	Análisis	1	40,00	40,00
Transporte				20,00
<b>11. Otros</b>				
<b>Subtotal</b>				<b>707,96</b>
<b>Imprevistos (5%)</b>				<b>35,40</b>
<b>Costo total de producción</b>				<b>743,35</b>

Elaborado por: El Autor

En la presente investigación es necesario recalcar los costos que varían en cada tratamiento como se muestra en la Tabla 20, considerando los diferentes precios de las fertilizantes nitrogenados (*Anexo 5*), la dosificación empleada en cuanto a los fertilizantes nitrogenados, mano de obra por el fraccionamiento del nitrógeno en fases de desarrollo como: siembra (Z00), brote principal más 2 cañas visibles (Z22) e inicios del espigado (Z30) de acuerdo a la escala decimal de Zadocks.

Así mismo cabe señalar la variación de costos del trillado en la cosecha pues cada tratamiento muestra diferentes rendimientos por ende el valor varía por el número de sacos de 45 kg cosechados.

**Tabla 20.** Costos que varían en la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Tratamiento		Rendimiento medio (kg/ha)	Urea verde (USD/ha)	Urea convencional (USD/ha)	Mano de obra fraccionamientos (USD/ha)	Cosecha trillado (USD/ha)	Total costos que varían (USD/ha)
Cód.	Descrip.						
T1	U1D1F1	3733,33	0,00	92,51	15,00	168,92	<b>276,44</b>
T2	U1D1F2	4344,44	0,00	92,51	30,00	203,79	<b>326,30</b>
T3	U1D1F3	3966,67	0,00	92,51	45,00	179,42	<b>316,93</b>
T4	U1D2F1	4222,22	0,00	74,10	15,00	193,85	<b>282,95</b>
T5	U1D2F2	3711,11	0,00	74,10	30,00	162,69	<b>266,79</b>
T6	U1D2F3	4544,44	0,00	74,10	45,00	224,12	<b>343,22</b>
T7	U2D1F1	3777,78	121,52	0,00	15,00	170,88	<b>307,40</b>
T8	U2D1F2	3766,67	121,52	0,00	30,00	155,48	<b>307,00</b>
T9	U2D1F3	4355,56	121,52	0,00	45,00	192,31	<b>358,83</b>
T10	U2D2F1	4100,00	97,34	0,00	15,00	186,57	<b>298,91</b>
T11	U2D2F2	3955,56	97,34	0,00	30,00	173,16	<b>300,50</b>
T12	U2D2F3	4011,11	97,34	0,00	45,00	178,54	<b>320,88</b>

**Elaborado por:** El Autor

Según el análisis económico detallado en la Tabla 21, todos los tratamientos mostraron rentabilidad en lo que respecta a la relación beneficio/costo, destacándose fertilizante nitrogenado convencional al 80% de dosis y tres fraccionamientos (T6) con un ingreso neto de 1.703,30 USD/ha y un beneficio/costo de 1,57 dólares; es decir, por cada dólar invertido se tiene 0,57 centavos de dólar de utilidad, valor que supera al resto de tratamientos seguido del T2 con 0,45 centavos de utilidad por cada dólar invertido y por último incluye al T4 con un beneficio/costo de 1,44.

Por otro lado el mejor tratamiento con el uso del fertilizante nitrogenado de liberación controlada es el T9 con tres fraccionamientos señalando un beneficio/costo de 1,36 es decir por cada dólar invertido 0,36 centavos representa la utilidad y en cuanto al 80% de dosis es el T10 con una utilidad de 0,33 centavos, hay que recalcar que los resultados de los tratamientos con la influencia de inhibidores de volatilidad se deben al alto costo del fertilizante y el acame producido durante el llenado de grano lo que redujo considerablemente el potencial de producción. Se debe agregar que el tratamiento con menor utilidad es el T8 el cual tiene relación directa con el acame.

**Tabla 21.** Análisis económico de los tratamientos.

Tratamiento		Rendimiento medio (kg/ha)	Precio (kg) USD	Total costos que varían (USD/ha)	Costo de producción (USD/ha)	Total costos producción (USD/ha)	Ingreso total (USD/ha)	Resultado B/C
Cód.	Descripción							
T1	U1D1F1	3.733,33	0,38	276,44	743,35	1.019,79	1.283,83	1,26
<b>T2</b>	<b>U1D1F2</b>	<b>4.344,44</b>	0,38	326,30	743,35	1.069,65	1.548,81	<b>1,45</b>
T3	U1D1F3	3.966,67	0,38	316,93	743,35	1.060,28	1.363,60	1,29
<b>T4</b>	<b>U1D2F1</b>	<b>4.222,22</b>	0,38	282,95	743,35	1.026,30	1.473,26	<b>1,44</b>
T5	U1D2F2	3.711,11	0,38	266,79	743,35	1.010,14	1.236,43	1,22
<b>T6</b>	<b>U1D2F3</b>	<b>4.544,44</b>	0,38	343,22	743,35	1.086,57	1.703,30	<b>1,57</b>
T7	U2D1F1	3777,78	0,38	307,40	743,35	1.050,75	1.298,67	1,24
T8	U2D1F2	3.766,67	0,38	307,00	743,35	1.050,35	1.181,66	1,13
<b>T9</b>	<b>U2D1F3</b>	<b>4.355,56</b>	0,38	358,83	743,35	1.102,18	1.461,52	<b>1,36</b>
<b>T10</b>	<b>U2D2F1</b>	<b>4.100,00</b>	0,38	298,91	743,35	1.042,26	1.417,95	<b>1,33</b>
T11	U2D2F2	3.955,56	0,38	300,50	743,35	1.043,85	1.316,02	1,26
T12	U2D2F3	4.011,11	0,38	320,88	743,35	1.064,23	1.356,92	1,28

**Elaborado por:** El Autor

Al utilizar el fertilizante nitrogenado de liberación controlada puede ofrecer una posibilidad de mitigación ambiental asociada a una alternativa económica viable al emplear menores dosis del fertilizante, el cual permitiría disminuir la emisión de gases hacia la atmosfera además de reducir costos por mano de obra y cantidad de fertilizante. A diferencia del fertilizante nitrogenado de uso convencional que a pesar de mostrar mayor rendimiento, relación beneficio/costo rentable y aparentemente un eficiente uso de nitrógeno no hay que descartar la contaminación debido a la alta volatilidad que presenta, mientras que, el nitrógeno de la urea verde puede quedar presente en el suelo para cultivos posteriores.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

Es preciso resaltar que los datos obtenidos fueron variables, por tal motivo no es posible generalizar los resultados, sin embargo se consideraron los tratamientos con mayor relevancia. Según el análisis de los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación “Evaluación de un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.), en la Granja Experimental Yuyucocha”. Se desglosa las siguientes conclusiones:

- Realizar dos y tres épocas de aplicación ya que presentan similar eficiencia en el uso de nitrógeno tanto para la fuente nitrogenada de liberación controlada y de uso convencional, sin embargo hay que señalar tratamientos T4 y T10 con un fraccionamiento demuestran de igual manera valores de 9 kg grano/kg N aplicado.
- Se identifica al T6 con el fertilizante nitrogenado de uso convencional al 80% de dosis dividida en tres aplicaciones presenta menor incidencia en el acame 1,4% demostrando un rendimiento de 4,4 tn/ha, superando en 0,6 tn/ha al T9 con urea verde que mejor rendimiento obtuvo además existe relación directa con el peso de mil granos que demuestran 64g en los mismos tratamientos ya mencionados
- El fraccionamiento de la dosis del nitrógeno mejora significativamente el rendimiento, debido a la presencia de nitrógeno en el suelo durante todo el ciclo del cultivo por ende la eficiencia agronómica en el uso de nitrógeno aumenta como se muestra en los tratamientos con dos y tres épocas de aplicación cuyos valores se encuentran encima de los 6 kg de grano por cada kg de nitrógeno aplicado sobresaliendo el T6 con 12 kg, por otro lado el T8 presenta 5 kg por la relación directa con el acame.
- Los tratamientos T8, T9, T11 y T12 con la influencia del fertilizante nitrogenado de liberación controlada con dos y tres épocas de aplicación muestran mayor

incidencia de acame del 10 al 17% incluyendo también al T5 con urea convencional, sin embargo, la productividad se encuentra dentro de los rangos óptimos del cultivo.

- Independientemente de las fuentes de nitrógeno aplicadas al cultivo no presentaron diferencia significativa en cuanto a producción de materia seca sin embargo, la cantidad producida en los tratamientos es de 12 a 15 tn MS/ha lo que permite un ingreso económico adicional.
- Los resultados del análisis económico demostraron que todos los tratamientos en estudio son rentables ya que se encuentran con una relación beneficio/costo mayor a uno, destacándose el T6 con el fertilizante nitrogenado de uso convencional la dosis al 80% fraccionadas en tres aplicaciones presentando mejor rentabilidad, cuyo ingreso total fue de 1.703,30 USD/ha y un beneficio/costo de 1,57 dólares, superando con un 14% a la mejor rentabilidad del tratamiento con el fertilizante nitrogenada de liberación controlada T9 (U2D1F3) con ingreso neto de 1.461,52 y un beneficio/costo de 1,36 dólares.
- Aunque los resultados sean superiores con el fertilizante nitrogenado de uso convencional, no hay que descartar los beneficios de la urea verde como alternativa medioambiental ya que reduce la emisión de gases hacia a la atmósfera.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear el fertilizante nitrogenado de uso convencional con dosis del 80% y tres épocas de aplicación, con base al análisis de suelo ya que presenta los mejores resultados en cuanto a rendimiento y aspectos económicos.
- Para el manejo de fertilización nitrogenada en el cultivo de cebada hay que considerar las etapas con mayor demanda de nitrógeno como: la siembra, macollamiento y espigado como se señala en la escala decimal de Zadocks.
- Debido a las diferencias marcadas del fertilizante nitrogenado de liberación controlada sobre la incidencia de acame con respecto al fertilizante nitrogenado de uso convencional se recomienda para futuras investigaciones probar nuevas dosis y fraccionamientos a las empleadas en la presente investigación, para evitar características agronómicas no deseables y ver el efecto sobre los costos de producción.
- Realizar estudios para reducir los problemas del acame evaluando variables que presenten estrecha relación con el mismo como: características del sistema radicular, tallos, biomasa, entre otros.
- Evaluar el efecto de las fuentes nitrogenadas en cuanto a resistencia a plagas y enfermedades, ya que la correcta nutrición con este elemento expresa y aumenta la capacidad genética de las plantas a soportar daños por patógenos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agronegocios Ecuador. (14 de 08 de 2011). *Agricultores recuperan el cultivo de cebada en Chimborazo*. Obtenido de [http://agronegocioecuador.ning.com/notes/Agricultores\\_recuperan\\_el\\_cultivo\\_de\\_cebada\\_en\\_Chimborazo](http://agronegocioecuador.ning.com/notes/Agricultores_recuperan_el_cultivo_de_cebada_en_Chimborazo)
- Aguilera, D., Albarracín, M., & Silva, A. (2012). *www.sian.inia.gob.ve*. Obtenido de Volatilización de amoníaco a partir de sulfato de amonio y urea recubiertos con proporciones variadas de ácido húmico a diferentes pH: [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/uso\\_manejo\\_suelo/UMS20.pdf](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/congresos/CVCS19/uso_manejo_suelo/UMS20.pdf)
- Alcívar, W. (2013). *Producción, acame y precocidad en época seca de seis variedades de maíz (Zea mays) en la zona de Fumisa (Tesis Pregrado)*. Quevedo - Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Alvarado, P., Malave, J., Suarez, W., & Villavicencio, C. (2010). *Comportamiento Agronómico de Seis Variedades de Cebada (Hordeum Vulgare) en Tres Localidades, Provincia de Santa Elena*. Libertad-Ecuador.
- Asan, J. (2012). *Efectividad de tres ureas comerciales aplicadas en forma superficial e incorporada en el híbrido de maíz HAZ 1 (Tesis pregrado)*. Zamorano - Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Ayala, D. (2007). *Evaluación y caracterización morfoagronómica de 117 líneas de maíz negro y 42 líneas de maíz dulce provenientes del CIMMYT (México)*. (Tesis Pregrado). Sangolquí - Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Baque, J. (2014). *Adaptación de 26 líneas avanzadas de fréjol voluble (Phaseolus vulgaris L.), asociado con maíz (Zea mays L.) en el campo Docente Experimental La Tola, Tumbaco, Pichincha (Tesis Pregrado)*. Quito: UCE.
- Bellido, L. (2010). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Parte II Abonado de los principales cultivos en España. Catedrático de Producción Vegetal, ETSIA*. España: Universidad de Córdoba.
- Boaretto, A., Muraoka, T., & Trevelin, P. (2007). Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales. *Informaciones agronómicas N° 120*, 13-14.
- Carrillo, J. (2008). *Resistencia al encamado*. Obtenido de [http://oa.upm.es/4783/3/INVE\\_MEM\\_2008\\_57828.pdf](http://oa.upm.es/4783/3/INVE_MEM_2008_57828.pdf)
- Casanova, M., & Benavides, C. (2009). Cartografía de las pérdidas potenciales de N-Urea por volatilización en suelos de Chile Central. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 9(1), 14-25.

- Castro, N., Domínguez, R., & Paccapelo, H. (2011). Análisis del rendimiento de grano y sus componentes en cereales sintéticos (trícepiros y triticales). *Revista de la Facultad de Agronomía Vol N° 22*, 13-21.
- Chase, A., & Lucas, Z. (1971). *Primer libro de las gramíneas*. Caracas: Instituto de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- Chicaiza, K. (2014). *Evaluación del efecto del fraccionamiento del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína de grano y validación de fungicidas y épocas de aplicación para el control de enfermedades en cebada cervecera en El Lagucoto, Guaranda*. (Tesis de Pregrado). Guaranda-Ecuador: Universidad Estatal de Bolívar.
- CIMMYT. (20 de 08 de 2015). *Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación*. Obtenido de [http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc\\_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno](http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno)
- Falconi, E., Garófalo, J., Llangari, P., & Espinoza, M. (2010). *El cultivo de Cebada: Guía para la producción artesanal de semillas de calidad*. Quito: EC. INIAP. p 17. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2420>
- FAO. (2001). *Trigo Regado: Manejo del cultivo*. Roma: Food & Agriculture Org. Obtenido de Manejo del cultivo: Manejo de cultivo: <http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s05.htm#TopOfPage>
- FAOSTAT. (2013). *Dirección de Estadísticas*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org/download/T/TP/S>
- Fernández del Pozo, M. (1984). *La urea, fertilizante nitrogenado*. Obtenido de <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR02557.pdf>
- Ferraris, G., Couretot, L., & Toribia, M. (2008). Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz: Efectos de fuente, dosis y uso de inhibidores. *Informaciones Agronómicas #43*, 19. Obtenido de [http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B5B2034B84BF8FF6852579950075F445/\\$FILE/19.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/0/B5B2034B84BF8FF6852579950075F445/$FILE/19.pdf)
- Fertiandino. (2010). *Asopran*. Obtenido de Fertiandino Mezcla UV: <http://www.asopran.org/images/tecnicas/urea%20verde.pdf>
- FERTIBERIA. (25 de 10 de 2006). *Nutrientes y fertilizantes\Nutrientes secundarios y microelementos*. Obtenido de La función de los nutrientes secundarios y microelementos: [http://acm.fertiberia.es/ACM\\_upload/139SVO3462006.pdf](http://acm.fertiberia.es/ACM_upload/139SVO3462006.pdf)
- Fontanetto, H., Gambuado, S., Keller, O., Albrecht, J., Weder, E., Sillón, M., . . . Ruffino, P. (2011). Formas de aplicación, dosis y fuentes nitrogenadas en cebada. *Publicación Miscelánea INTA Rafaela N° 119*, 93-99.
- García, A. (2004). *Manejo de la fertilización con nitrógeno en trigo y su interacción con otras prácticas agronómicas*. Montevideo - Uruguay: RUSCONI.

- García, A. (2008). Criterios para la fertilización Nitrogenada en cultivos de invierno. *Revista INIA. Sitio Argentino de Producción Animal*, 1.
- Garófalo, J. (2012). *Extracción de nutrientes por el cultivo de cebada (Tesis Pregrado)*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Gordón, R., & Camargo, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55-63.
- Grant, C., & Rawluk, C. (05 de 07 de 2010). *Agrotain como herramienta de manejo del Nitrógeno*. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Agrotain%20como%20Herramienta%20de%20Manejo%20de%20Nitrogeno.pdf>
- Guerrero, A. (1999). *Cultivos Herbáceos extensivos*. España: Ediciones Mundi-Prensa. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=ImiIbpnsKr0C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Guevara, O. (2008). *Plan de exportación e internación del arroz de cebada al mercado*. Obtenido de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10604/1/35537\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10604/1/35537_1.pdf)
- Infocebada. (2011). *Información sobre la cebada*. Obtenido de <http://infocebada.galeon.com/botanica.htm>
- INAMHI. (2017). Meteorología. Obtenido de Dirección gestión meteorológica estudios e investigaciones meteorológicas: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/>
- INIAP. (2003). *INIAP-Cañicapa 2003, La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína*. Cañar-Ecuador: Plegable No. 208. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/INIAP%20CA%20CA%20PA%202003.%20La%20primera%20variedad%20de%20cebada%20con%20alto%20contenido%20de%20prote%20C3%ADna..pdf>
- INIAP. (2010). *INIAP-GUARANGA 2010: Nueva variedad de cebada para la provincia de Bolívar*. Quito-Ecuador: Plegable No. 330.
- INIAP. (2011). *Guía práctica para los productores de cebada de la sierra sur*. Obtenido de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Gu%20pr%20pr%20A1ctica%20para%20los%20productores%20de%20cebada%20de%20la%20Sierra%20Sur..pdf>
- INIAP. (2012). *Evaluación del efecto del fraccionamiento del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano y validación de fungicidas y épocas de aplicación para el control de enfermedades en cebada cervecera (Hordeum vulgare L.)*. Tesis Pregrado. Quito: INIAP-CORPOINIAP Y CERVECERÍA NACIONAL.

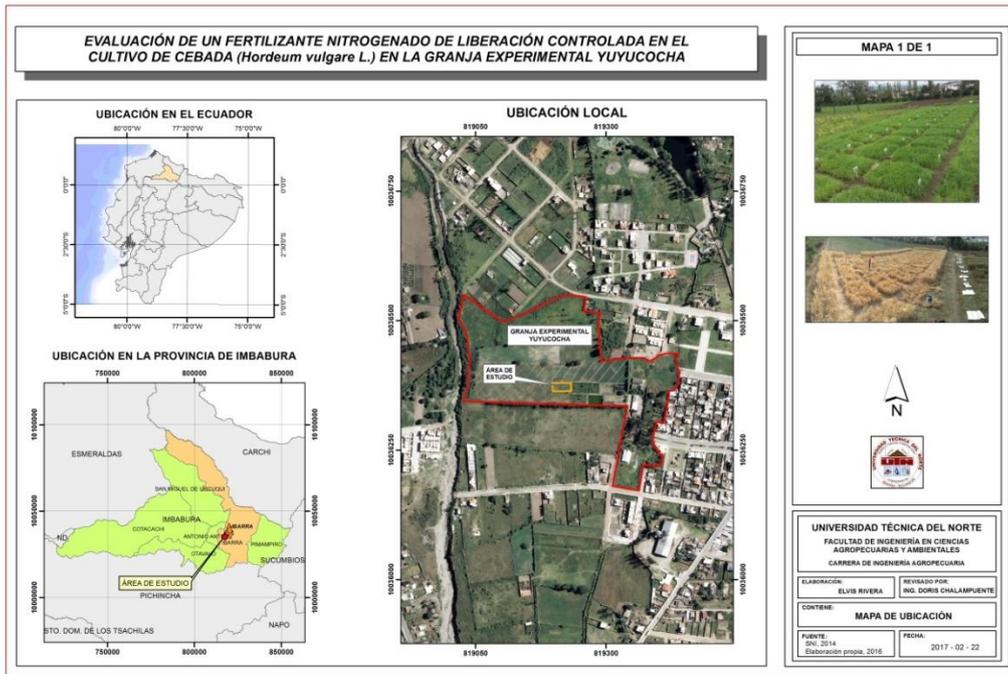
- INIFAP. (2011). *Tecnología de fertilización y riego para producir cebada maltera con nuevas variedades de riego en Guanajuato*. Guanajuato: INIFAP Desplegable Tecnico No. 32.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2009). *Informe de actividades 2009 del convenio INIAP-CORPOINIAP y Cervecería Nacional*. Quito.
- Intriago, N. (2013). *Fertilización nitrogenada en dos híbridos de maíz (Zea mays) amarillo duro DK 1040 e INIAP H-553 en el Empalme (Tesis pregrado)*. Quevedo - Ecuador: Universidad Tecnica Estatal de Quevedo.
- ISUSA. (19 de 11 de 2014). Controle las pérdidas de N con Verde urea. una fuente de nitrógeno estabilizado con Agrotain. Obtenido de <http://www.isusa.com.uy/uploads/media/iaProduct/7b722936bdf54e1f7e62daaa93744b36.jpg>
- Kyrkby, E., & Romheld, V. (2016). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad*. Obtenido de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/MicronutrientesenlaFisiologia.pdf>
- Lázzari, M., Landriscini, M., & Echangué, M. (2005). Patrones de absorción de nitrógeno nativo y del fertilizante en cebada cervecera con fertilizaciones cercanas a la siembra. *Ciencia del suelo*, 23(1), 66-77.
- Lema, A., Basantes, E., & Pantoja, J. (2017). Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana Vol*, 28(1), 97-112.
- López, L. (2012). Abonado de los cereales de invierno: Trigo y cebada. *Guía Práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*, 124.
- Matéo, J. (2005). *Prontuario de agricultura: cultivos agrícolas*. España: Mundi-Prensa Libros.
- Mazzilli, S., & Hoffman, E. (2010). Respuesta a la fertilización con azufre en el cultivo de colza-canola en suelos del litoral norte de Uruguay. *Informaciones Agronómicas*, N° 48, 16.
- Molina, E. (2000). Nutrición y fertilización de la Naranja. *Informaciones Agronómicas*, 6.
- Morán, J. (2012). *Efecto de dos fuentes de fertilizantes nitrogenados en el cultivo de maíz (Zea mays L.), en la parroquia de Ilumán provincia de Imbabura (Tesis Pregrado)*. Ibarra - Ecuador.
- Orcellet, J., Reussi, N., Echeverría, H., Sainz, H., Diovisalvi, N., & Berardo, A. (2015). Eficiencia de uso de nitrógeno en cebada en el sudeste bonaerense: Efecto de aplicaciones divididas. *Ciencia del suelo*, 33(1). *Ciencia del suelo*, 33(1), 1-10.

Obtenido de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-20672015000100010](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672015000100010)

- Pachacama, S. (2011). *Aplicación de un consorcio de hongos micorrícicos arbusculares (hma) y su evaluación como posible biofertilizante en el cultivo de cebada (hordeum vulgare, variedad cañicapa) en la hacienda aychapicho. Machachi - Ecuador (Tesis Pregrado)*. Sangolqui: Escuela Politécnica del Ejército.
- Pacifex. (01 de 09 de 2015). *Pacifex Fertilizantes. Ficha Técnica*. Obtenido de Urea 46-00-00: <http://pacifex.com.mx/pdf/Ficha%20Técnica%20Urea%202014.pdf>
- Perez, J. (03 de 06 de 2010). *La Cebada*. Obtenido de Morfología y Taxonomía de la cebada: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html>
- Ponce, L., Abad, S., & Garófalo, J. (2011). *Guía del cultivo de trigo*. Quito-Ecuador: INIAP Boletín Divulgativo No. 411.
- Prystupa, P., Bergh, R., Ferraris, G., Loewy, T., Ventimiglia, L., & Boem, F. (2006). Fertilización nitrogenada y azufrada en cebada cervecera cv. Scarlett. *Informaciones Agronómicas*, 5.
- Quelal, N. (2014). *Evaluación del fraccionamiento y épocas de aplicación del nitrógeno complementario en el rendimiento y contenido de proteína del grano en las variedades de cebada maltera Scarlett y Metcalfe (Hordeum vulgare L.) en Chaltura-Imbabura. (Tesis pregrado)*. Ibarra - Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Quintero, C., & Boschetti, G. (2016). *Fertilizando*. Obtenido de <http://www.fertilizando.com/articulos/Eficiencia%20de%20Uso%20del%20Nitrógeno%20en%20Trigo%20y%20Maiz.asp>
- Rawson, H., & Gómez, H. (2001). *Trigo Regado: Manejo del cultivo*. Roma: Food & Agriculture Org.
- Redagícola. (22 de 09 de 2013). *Fertilizantes de liberación controlada, de lenta liberación y estabilizados*. Obtenido de <http://www.redagricola.com/reportajes/nutricion/fertilizantes-de-liberacion-controlada-de-lenta-liberacion-y-estabilizados>
- Satorre, E., Benech, A., Slafer, G., Fuente, E., Millares, D., Otegui, M., & Savin, R. (2003). *Calister*. Obtenido de Escala Zadoks: <http://www.calister.com.uy/media/zadoks.pdf>
- Sabino, H., Lavres, J., & Ferreira, M. (2007). Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. *Informaciones Agronómicas*, N° 65, 2 .
- Otegui, O., Zamalvide, J., Perdomo, C., Goyenola, R., & Cerveñanasky, A. (2001). Momento de aplicación de nitrógeno: efecto en eficiencia de uso del fertilizante, rendimiento y concentración proteica en grano de cebada cervecera en Uruguay. *Terra* (20), 71-80.

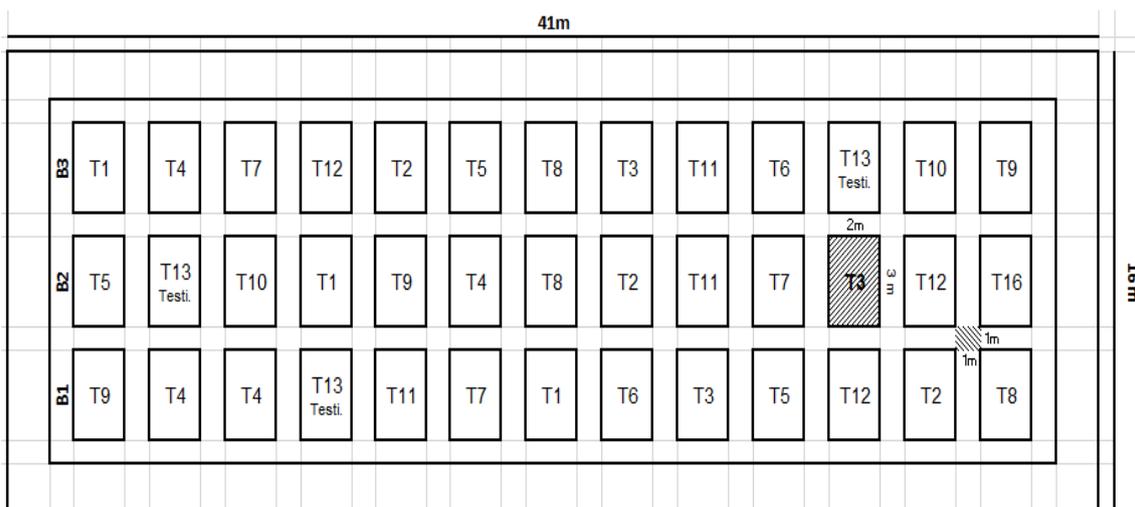
# ANEXOS

## Anexo 1: Ubicación del área de estudio. Granja Experimental Yuyucocha.



Elaborado por: El Autor

## Anexo 2: Croquis del experimento



Elaborado por: El Autor

Anexo 3: Análisis de suelo.



**LABORIOS NORTE**

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS									
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b>					<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b>				
Nombre: ELVIS RIVERA					Provincia: Imbabura				
Ciudad: Ibarra					Cantón: Ibarra				
Teléfono:					Parroquia: Caranquí				
Fax:					Sitio: Granja.Exp. Yuyucocha				
<b>DATOS DEL LOTE</b>					<b>DATOS DE LABORATORIO</b>				
Sitio: Granja.Exp. Yuyucocha					Nro Reporte.: 6408				
Superficie:					Tipo de Análisis: Completo + T				
Número de Campo: M 1					Muestra: Suelo M 1				
Cultivo Actual:					Fecha de Ingreso: 2016-02-22				
A Cultivar: Cebada					Fecha de Reporte: 2016-02-26				
<b>Nutriente</b>			<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>	<b>INTERPRETACION</b>				
N			17.08	ppm					
P			24.48	ppm					
S			11.80	ppm					
K			0.23	meq/100 ml					
Ca			9.20	meq/100 ml					
Mg			2.71	meq/100 ml					
Zn			6.19	ppm					
Cu			3.52	ppm					
Fe			24.36	ppm					
Mn			0,83	ppm					
B			0.70	ppm					
pH			7.67						
<b>Acidez Int. (Al+H)</b>				meq/100 ml					
Al				meq/100 ml					
Na				meq/100 ml					
Ce			0.227	mS/cm					
MO			1.40	%					
<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca+Mg (meq/100ml)</b>		<b>%</b>	<b>ppm</b>	<b>(%)</b>			<b>Clase Textural</b>
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
3.39	11.78	51.78	12.14			47.60	44.00	8.40	Franco arenoso
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio									



**Anexo 4:** Fertilizantes empleados y su concentración (%)

	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>S</b>
<b>Urea convencional</b>	46	0	0	0
<b>Urea verde</b>	46	0	0	0
<b>Fosfato monopotásico</b>	0	52	34	0
<b>Sulfato de potasio</b>	0	0	50	18

Elaborado por: El Autor

**Anexo 5:** Costo de fertilizantes

	<b>Costo saco USD</b>	<b>Costo/Kg USD</b>
<b>Urea convencional</b>	31,00	0,62
<b>Urea verde</b>	23,60	0,47
<b>Fosfato monopotásico</b>	54,25	2,17
<b>Sulfato de potasio</b>	55,00	1,10

Elaborado por: El Autor

**Anexo 6:** Recomendación de fertilización según el análisis químico de suelo para cebada (kg/ha)

<b>Dosis</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>S</b>
100%	90	40	40	20
80%	72	40	40	20

Elaborado por: El Autor

**Anexo 7:** Fraccionamiento nitrógeno 100% de la dosis en gramos por parcela 6 m<sup>2</sup>

<b>100 % DOSIS (g/6 m<sup>2</sup>)</b>					
		<b>Z00</b>	<b>Z22</b>	<b>Z30</b>	<b>Total</b>
<b>N (46%)</b>	<b>F1</b>	118	0	0	118
	<b>F2</b>	59	59	0	118
	<b>F3</b>	24	59	35	118

Elaborado por: El Autor

**Anexo 8:** Fraccionamiento nitrógeno 80% de la dosis en gramos por parcela 6 m<sup>2</sup>

<b>80 % DOSIS (g/6 m<sup>2</sup>)</b>					
		<b>Z00</b>	<b>Z22</b>	<b>Z30</b>	<b>Total</b>
<b>N (46%)</b>	<b>F1</b>	95	0	0	95
	<b>F2</b>	48	48	0	95
	<b>F3</b>	19	48	28	95

Elaborado por: El Autor

**Anexo 9:** Datos recopilados para la variable porcentaje de acame (%).

<b>Tratamiento</b>	<b>Codigo</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
T1	U1D1F1	4,2	12,5	14,6
T2	U1D1F2	4,2	6,3	8,3
T3	U1D1F3	8,3	12,5	8,3
T4	U1D2F1	6,3	6,3	12,5
T5	U1D2F2	10,4	14,6	12,5
T6	U1D2F3	0,0	0,0	4,2
T7	U2D1F1	8,3	12,5	8,3
T8	U2D1F2	16,7	16,7	18,8
T9	U2D1F3	8,3	16,7	10,4
T10	U2D2F1	10,4	8,3	8,3
T11	U2D2F2	12,5	14,6	10,4
T12	U2D2F3	8,3	10,4	14,6

**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 10:** Datos recopilados para la variable producción de materia seca (kg/ha).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Bloque 1</b>	<b>Bloque 2</b>	<b>Bloque 3</b>
T1	U1D1F1	15.111,1	15.200,0	12.444,4
T2	U1D1F2	14.044,4	11.644,4	12.888,9
T3	U1D1F3	12.266,7	13.866,7	13.777,8
T4	U1D2F1	14.666,7	12.444,4	14.755,6
T5	U1D2F2	11.733,3	12.533,3	11.555,6
T6	U1D2F3	12.533,3	14.755,6	15.200,0
T7	U2D1F1	15.200,0	13.777,8	14.222,2
T8	U2D1F2	13.333,3	14.400,0	11.111,1
T9	U2D1F3	11.555,6	13.955,6	15.288,9
T10	U2D2F1	13.955,6	13.866,7	13.955,6
T11	U2D2F2	14.666,7	14.311,1	15.288,9
T12	U2D2F3	15.111,1	15.555,6	13.066,7

**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 11:** Datos recopilados para la variable peso de 1000 granos (g).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>
T1	U1D1F1	59,7	61,7	62,0
T2	U1D1F2	64,3	63,0	65,3
T3	U1D1F3	64,0	62,3	65,0
T4	U1D2F1	63,3	61,7	63,3
T5	U1D2F2	59,3	62,0	61,7
T6	U1D2F3	64,3	62,3	65,0
T7	U2D1F1	62,7	60,3	65,7
T8	U2D1F2	62,7	61,3	62,0
T9	U2D1F3	62,0	66,0	64,0
T10	U2D2F1	62,0	64,3	62,3
T11	U2D2F2	61,0	62,0	62,3
T12	U2D2F3	61,7	61,3	62,0

**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 12:** Datos recopilados para la variable rendimiento total (kg/ha).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Bloque 1</b>	<b>Bloque 2</b>	<b>Bloque 3</b>
T1	U1D1F1	4.733,33	3.733,33	2.733,33
T2	U1D1F2	4.566,67	4.433,33	4.033,33
T3	U1D1F3	4.400,00	3.500,00	4.000,00
T4	U1D2F1	4.433,33	4.400,00	3.833,33
T5	U1D2F2	4.033,33	3.100,00	4.000,00
T6	U1D2F3	4.566,67	4.633,33	4.433,33
T7	U2D1F1	3.933,33	3.333,33	4.066,67
T8	U2D1F2	3.833,33	3.466,67	4.000,00
T9	U2D1F3	4.633,33	4.233,33	4.200,00
T10	U2D2F1	4.033,33	3.733,33	4.533,33
T11	U2D2F2	3.900,00	3.833,33	4.133,33
T12	U2D2F3	4.166,67	4.133,33	3.733,33
<b>T0</b>	<b>Testigo</b>	<b>2.900,00</b>	<b>2.600,00</b>	<b>2.500,00</b>

**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 13:** Datos recopilados para la variable uso eficiente de nitrógeno (EUN) (kg grano/kg N aplicado).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Bloque 1</b>	<b>Bloque 2</b>	<b>Bloque 3</b>
T1	U1D1F1	9,35	5,78	1,19
T2	U1D1F2	8,50	9,35	7,82
T3	U1D1F3	7,65	4,59	7,65
T4	U1D2F1	9,77	11,46	8,49
T5	U1D2F2	7,22	3,18	9,55
T6	U1D2F3	10,62	12,95	12,31
T7	U2D1F1	5,27	3,74	7,99
T8	U2D1F2	4,76	4,42	7,65
T9	U2D1F3	8,84	8,33	8,67
T10	U2D2F1	7,22	7,22	12,95
T11	U2D2F2	6,37	7,86	10,40
T12	U2D2F3	8,07	9,77	7,86

**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 14:** Producción de materia seca (kg/ha).

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Materia seca (kg/ha)</b>
T1	U1D1F1	14251.83
T2	U1D1F2	12859.23
T3	U1D1F3	13303.73
T4	U1D2F1	13955.57
T5	U1D2F2	11940.73
T6	U1D2F3	14162.97
T7	U2D1F1	14400.00
T8	U2D1F2	12948.13
T9	U2D1F3	13600.03
T10	U2D2F1	13925.97
T11	U2D2F2	14755.57
T12	U2D2F3	14577.80

**Elaborado por:** El Autor

**Anexo 15:** Datos climáticos registrados en la época de estudio.

<b>Temperatura °C</b>				
<b>N° días</b>	<b>Ma</b>	<b>Abr</b>	<b>Ma</b>	<b>Junio</b>
1	16	17	17	16
2	17	16	17	16
3	16	16	17	16
4	17	16	16	17
5	18	16	17	17
6	17	17	17	16
7	16	19	17	16
8	17	18	16	16
9	18	17	16	16
10	18	17	15	16
11	18	16	17	16
12	17	16	18	17
13	17	16	18	16
14	17	17	18	17
15	17	18	19	16
16	16	17	18	17
17	17	18	17	17
18	18	18	18	16
19	19	17	18	16
20	18	17	18	17
21	19	18	18	17
22	18	17	19	17
23	17	18	19	16
24	18	17	18	15
25	18	18	18	16
26	19	18	18	17
27	18	17	18	18
28	17	16	15	18
29	19	18	17	18
30	17	17	18	17
31	17	-	17	-
<b>Promedi</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>16</b>

Fuente: INAMHI (2017)

	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Riego (mm)</b>
Marzo	48	273
abril	124,7	0
Mayo	66,9	91
Junio	30,9	0
<b>Total</b>	<b>270,5</b>	<b>364</b>
<b>Precipitación acumulada 634,5</b>		

Fuente: INAMHI (2017)

<b>Velocidad media del viento (m/s)</b>	
Marzo	1,2
abril	1,1
Mayo	1,2
Junio	1,3

Fuente: INAMHI (2017)

## Anexo 16: Escala decimal de Zadoks

Código de Zadoks		Descripción
Estado principal	Estado secundario	
<b>0</b>		<b>Germinación</b>
	0	Grano seco
	1	Principio de la imbibición (absorción de agua)
	5	Emergencia de la radícula
	7	Emergencia del coleóptilo
	9	Hojas en la punta del coleóptilo
<b>1</b>		<b>Desarrollo de la plántula</b>
	0	Primera hoja a través del coleóptilo
	1	Emergencia al menos del 50% de la primera hoja
	2	Emergencia al menos del 50% de la segunda hoja
	3	Emergencia al menos del 50% de la tercera hoja
	4	Emergencia al menos del 50% de la cuarta hoja
	5	Emergencia al menos del 50% de la quinta hoja
<b>2</b>		<b>Crecimiento de las cañas</b>
	0	Brote principal solo
	1	Brote principal más 1 caña visible
	<b>2</b>	<b>Brote principal más 2 cañas visibles</b>
	3	Brote principal más 3 cañas visibles
	4	Brote principal más 4 cañas visibles
	5	Brote principal más 5 cañas visibles
<b>3</b>		<b>Elongación del tallo</b>
	1	Primer nudo detectable
	2	Segundo nudo detectable
	3	Tercer nudo detectable
	7	Hoja bandera recién nacida
	9	Hoja bandera collar justo visible
<b>4</b>		<b>Bota</b>
	1	Lámina de hoja bandera en crecimiento
	3	Bota justo antes del hinchado
	5	Hinchado de la bota
	7	Apertura de la lámina de la hoja bandera
	9	Primeras aristas visibles
<b>5</b>		<b>Aparición de la inflorescencia</b>
	1	Primera espiguilla o cabeza visibles
	3	Un cuarto de cabeza emergida
	5	La mitad de la cabeza emergida
	7	Tres cuartos de la cabeza emergida
	9	Emergencia de la cabeza completa
<b>6</b>		<b>Floración (no visible realmente en cebada)</b>
	1	Comienzo de la floración
	5	La mitad de las floretas han florecido
	9	Floración completa
<b>7</b>		<b>Desarrollo de grano lechoso</b>
	1	Maduración acuosa del grano
	3	Lechoso temprano
	5	Lechoso medio
	7	Lechoso tardío
<b>8</b>		<b>Desarrollo de grano pastoso</b>
	3	Pasta temprana
	5	Pasta suave
	7	Pasta dura, la cabeza pierde color verde
	9	Aproximación madurez fisiológica
<b>9</b>		<b>Maduración</b>
	1	Endurecimiento del grano
	2	Grano totalmente maduro

Fuente: Satorre et al. (2003)

## Anexo 17: Implementación del área de investigación

Limpeza del terreno



Delimitación del área de estudio



Pesado del grano



Fertilizantes pesados y dosificados



Riego inicial antes de la siembra



Distribución de semillas y fertilizantes



Siembra



Fertilización inicial Z00



Tapado de semillas



Riego



Segundo fraccionamiento al voleo Z22  
(Brote principal más 2 cañas visibles)



Tercer fraccionamiento al voleo Z30  
(Elongacion del tallo)



Control fitosanitario y arvenses



Espigado



Encamado durante el llenado de grano por efecto de la lluvia



Toma de muestras materia seca



Cosecha manual con hoz



Trillado a mano y secado



Pesado de materia seca



Secado de materia seca



Conteo de mil granos



Pesado de mil granos



Pesado de grano



Almacenamiento de semillas

