



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

**“EVALUACIÓN DE LA MEJOR DOSIS DE FERTILIZACIÓN  
NITROGENADA EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*  
L.) VARIEDAD CAÑICAPAC EN LA COMUNIDAD PUCULPALA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**AUTOR:** JOSÉ ANDRÉS CUNALATA CANDO

**DIRECTOR:** ING. JOSÉ FRANKLIN ARCOS TORRES

Riobamba-Ecuador

2022

**©2022, José Andrés Cunalata Cando**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JOSÉ ANDRÉS CUNALATA CANDO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

Riobamba, 17 de mayo del 2022



**José Andrés Cunalata Cando**

**185052889-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA AGRONOMÍA**

El Tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA MEJOR DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) VARIEDAD CAÑICAPAC EN LA COMUNIDAD PUCULPALA**, realizado por el señor: **JOSÉ ANDRÉS CUNALATA CANDO**, ha sido minuciosamente revisados por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Víctor Alberto Lindao Cordova Ph.D <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		_____ <b>2022-05-17</b> _____
Ing. José Franklin Arcos Torres <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		_____ <b>2022-05-17</b> _____
Ing. Lucia Mercedes Abarca Villalba <b>MIEMBRO DE TRIBUNAL</b>		_____ <b>2022-05-17</b> _____

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación dedico a mi madre que con su infinito amor y esfuerzo me brindo los recursos necesarios para lograr esta anhelada meta, a mi padre quien ha sido mi mentor que con sus ilustradas palabras y consejos me ha inculcado el amor y el respeto por el campo. A mi hermano por su apoyo y guía en todos los sueños y metas que nos hemos propuesto; de igual forma a mi abuelita que en toda mi vida me ha brindo su cariño sincero, pero sobre todo a sembrado su amabilidad y sencilles.

*José*

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento infinito y de todo corazón a mis padres Sandra Cando y Genairo Cunalata por ser el pilar fundamental y sobre todo brindarme los recursos necesarios para forjar mi educación, gracias por sus esfuerzos, consejos, y experiencias que me guían en la vida. Agradezco a Danny Cunalata mi hermano por los momentos y experiencias vividas, gracias por enseñarme a persistir.

Agradezco a mi abuelita Emma por sus sabios consejos de vida que me motivan a continuar fortaleciéndome como profesional, a mis familiares por apoyarme en cada etapa de mi vida. Un agradecimiento especial a la cerrera de Ingeniería Agronómica perteneciente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me brindo una oportunidad de distinción y progreso profesional.

Un inmenso agradecimiento a los mejores docentes e investigadores quienes compartieron sus conocimientos durante mi etapa estudiantil y que son base fundamental de mis ambiciones profesionales. A quienes me ofrecieron su compañerismo sincero y aportaron con increíbles vivencias inefables.

*José*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Nitrógeno.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.1. Nitrógeno en el cultivo .....</b>	<b>6</b>
<i>1.1.1.1. Roles en la planta.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.2. Deficiencia .....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.1.3. Exceso .....</i>	<i>7</i>
<b>1.1.2. Efectos del nitrógeno en el suelo .....</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3. Dinámica del nitrógeno en el suelo .....</b>	<b>8</b>
<i>1.1.3.1. Ganancias de nitrógeno (N) por el suelo.....</i>	<i>8</i>
<i>1.1.3.2. Transformaciones del nitrógeno (N) en el suelo.....</i>	<i>9</i>
<i>1.1.3.3. Pérdidas de N desde el suelo .....</i>	<i>9</i>
<b>1.1.4. Efectos del nitrógeno a la atmosfera .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.5. Recomendación de fertilización nitrogenada en cebada .....</b>	<b>10</b>
<b>1.1.6. Urea .....</b>	<b>10</b>
<i>1.1.6.1. Efectos de la urea en el cultivo .....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.6.2. La urea en el suelo .....</i>	<i>10</i>
<i>1.1.6.3. La urea en la atmósfera .....</i>	<i>11</i>
<i>1.1.6.4. Compatibilidad de la urea con otros fertilizantes.....</i>	<i>11</i>
<b>1.2. Cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.).....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.1. Origen .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2. Distribución.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.3. Clasificación taxonómica.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4. Descripción botánica.....</b>	<b>13</b>
<i>1.2.4.1. Raíz.....</i>	<i>13</i>

1.2.4.2.	Tallo.....	14
1.2.4.	Hojas.....	14
1.2.4.4.	Inflorescencia.....	14
1.2.4.5.	Grano.....	15
1.2.5.	<b>Fenología del cultivo.....</b>	<b>16</b>
1.2.5.1.	Germinación.....	16
1.2.5.2.	Establecimiento de la plántula y producción de hojas.....	16
1.2.5.3.	Macollamiento .....	17
1.2.5.4.	Elongación del tallo o encañado y espigamiento.....	18
1.2.5.5.	Polinización .....	19
1.2.5.6.	Desarrollo del grano y maduración.....	19
1.2.6.	<b>Variedad Cañicapac .....</b>	<b>20</b>
1.2.7.	<b>Requerimientos edafoclimáticos .....</b>	<b>21</b>
1.2.7.1.	Altitud.....	21
1.2.7.2.	Clima.....	22
1.2.7.3.	Temperatura.....	22
1.2.7.4.	Precipitaciones.....	22
1.2.7.5.	Suelo.....	22
1.2.8.	<b>Manejo del cultivo .....</b>	<b>22</b>
1.2.8.1.	Preparación del terreno.....	22
1.2.8.2.	Siembra .....	23
1.2.8.3.	Riego.....	23
1.2.8.4.	Control de malezas.....	24
1.2.8.5.	Plagas y enfermedades.....	24
1.2.8.6.	Cosecha.....	25
1.2.9.	<b>Rendimiento.....</b>	<b>26</b>
1.2.10.	<b>Importancia nutricional, económica e industrial .....</b>	<b>26</b>
1.2.10.1.	Importancia nutricional .....	26
1.2.10.2.	Importancia económica.....	27
1.2.10.3.	Importancia industrial .....	27

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLOGICO.....</b>	<b>28</b>
2.1.	<b>Características del lugar.....</b>	<b>28</b>
2.1.1.	<b>Localización.....</b>	<b>28</b>



2.1.2.	<i>Ubicación</i> .....	28
2.1.3.	<i>Características edafoclimáticas</i> .....	28
2.1.4.	<i>Clasificación ecológica</i> .....	29
2.2.	<b>Materiales y equipos</b> .....	<b>29</b>
2.2.1.	<i>Material experimental</i> .....	29
2.2.1.1.	<i>Variedad de cebada (Hordeum vulgare L.)</i> .....	29
2.2.2.	<i>Material de campo</i> .....	30
2.2.3.	<i>Materiales de oficina</i> .....	30
2.3.	<b>Metodología</b> .....	<b>30</b>
2.3.1.	<i>Factores en estudio</i> .....	30
2.3.2.	<i>Unidad experimental</i> .....	30
2.3.3.	<i>Tratamientos</i> .....	30
2.3.4.	<i>Diseño experimental</i> .....	31
2.3.5.	<i>Análisis estadístico</i> .....	31
2.3.6.	<i>Análisis funcional</i> .....	32
2.3.7.	<i>Análisis económico</i> .....	32
2.4.	<b>Variables y métodos de evaluación</b> .....	<b>32</b>
2.4.1.	<i>Agronómicas</i> .....	32
2.4.1.1.	<i>Rendimiento</i> .....	32
2.4.1.2.	<i>Porcentaje de acame</i> .....	32
2.4.2.	<i>Propiedades físicas y químicas de suelos</i> .....	33
2.4.2.1.	<i>Densidad aparente</i> .....	33
2.4.2.2.	<i>Nitrógeno total</i> .....	33
2.4.2.3.	<i>Carbón orgánico total</i> .....	34
2.4.2.4.	<i>Amonio</i> .....	34
2.5.	<b>Manejo específico del experimento</b> .....	<b>34</b>
2.5.1.	<i>Análisis físico y químico del suelo</i> .....	34
2.5.2.	<i>Distancia y densidad de siembra</i> .....	35
2.5.3.	<i>Manejo del cultivo</i> .....	35
2.5.3.1.	<i>Preparación del suelo</i> .....	35
2.5.3.2.	<i>Siembra</i> .....	36
2.5.3.3.	<i>Fertilización</i> .....	36
2.5.3.4.	<i>Control de malezas</i> .....	36
2.5.3.5.	<i>Plagas y enfermedades</i> .....	36
2.5.3.6.	<i>Cosecha</i> .....	36

<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>37</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. Resultados .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.1. Agronómicas.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.1.1. Rendimiento .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.1.2. Porcentaje de acame .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.2. Propiedades físicas y químicas de suelos.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2.1. Densidad aparente .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1.2.2. Humedad gravimétrica.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.2.3. Humead volumétrica .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1.2.4. Nitrógeno total .....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.2.5. Carbono orgánico total.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1.2.6. Amonio .....</b>	<b>45</b>
<b>3.1.3. Económico .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2. Discusión de los resultados .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.1. Agronómicas.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.1.1. Rendimiento .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.1.2. Porcentaje de acame .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.2. Propiedades físicas y químicas del suelo.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.2.1. Densidad aparente .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.2.2. Humedad gravimétrica.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.2.3. Humedad volumétrica .....</b>	<b>50</b>
<b>3.2.2.4. Nitrógeno total .....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.2.5. Carbono orgánico total.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.2.6. Amonio .....</b>	<b>52</b>
<b>3.2.3. Económico .....</b>	<b>52</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Recomendación de fertilización nitrógeno en cebada .....	10
<b>Tabla 2-1:</b>	Compatibilidad observada para la combinación de urea con distintas sustancias .	12
<b>Tabla 3-1:</b>	Características Agronómicas de la cebada variedad Cañicapac .....	21
<b>Tabla 4-1:</b>	Plagas más comunes del cultivo de la cebada. ....	24
<b>Tabla 5-1:</b>	Enfermedades más comunes del cultivo de la cebada.....	25
<b>Tabla 1-2:</b>	Ubicación geográfica y política del sitio experimental, comuidad Puculpala.....	28
<b>Tabla 2-2:</b>	Taxonomía de suelos del sitio experimental, comunidad Puculpala .....	29
<b>Tabla 3-2:</b>	Características agroclimáticas del sitio experimental, comunidad Puculpala .....	29
<b>Tabla 4-2:</b>	Especificaciones de las unidades experimentales.....	30
<b>Tabla 5-2:</b>	Niveles de Nitrógeno en kg ha <sup>-1</sup> de los tratamientos en estudio. ....	31
<b>Tabla 6-2:</b>	Esquema del análisis de varianza. Comunidad Puculpala, provicia de Chimboazo Ecuador, 2022 .....	31
<b>Tabla 7-2:</b>	Distancias de siembra y densidad de siembra para el cultivo en estudio .....	35
<b>Tabla 1-3:</b>	Análisis de varianza para el rendimiento en t ha <sup>-1</sup> del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2022 .....	38
<b>Tabla 2-3:</b>	Promedios y pruebas de LSD al 5% para el rendimiento en t ha <sup>-1</sup> del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala.....	38
<b>Tabla 3-3:</b>	Análisis de varianza para el porcentaje de acame del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2022 .....	40
<b>Tabla 4-3:</b>	Promedios y pruebas de LSD al 5% para el porcentaje de acame en el cultivo de cebada en la comnidad Puculpala.....	41
<b>Tabla 5-3:</b>	Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha-1 del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala. ..	47
<b>Tabla 6-3:</b>	Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha-1 del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala.	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Deficiencia de nitrógeno en cereales, cloración amarilla general principalmente en hojas viejas. ....	7
<b>Figura 2-1:</b>	Ciclo del nitrógeno en el ambiente .....	8
<b>Figura 3-1:</b>	Raíz del cultivo de cebada .....	13
<b>Figura 4-1:</b>	Hoja de los cereales (cebada).....	14
<b>Figura 5-1:</b>	Inflorescencia de la cebada .....	15
<b>Figura 6-1:</b>	Granos y espiga del cultivo de cebada.....	15
<b>Figura 7-1:</b>	Germinación y emergencia de las plántulas de cebada después de 8 días a la siembra.....	16
<b>Figura 8-1:</b>	Plantas establecidas de cebada y sus hojas .....	17
<b>Figura 9-1:</b>	Fenómeno de macollamiento en cereales (cebada).....	18
<b>Figura 10-1:</b>	Encañado de los tallos de cebada y su espigamiento .....	18
<b>Figura 11-1:</b>	Formación de grano y madurez fisiológica del mismo .....	20
<b>Figura 12-1:</b>	Cultivo de cebada de la variedad Cañicapac.....	21
<b>Figura 13-1:</b>	Laboreo primario del suelo con maquinaria agrícola.....	23
<b>Figura 14-1:</b>	Siembra de la cebada con la técnica de voleo.....	23
<b>Figura 15-1:</b>	Preparación del herbicida Metsulfuron Methyl para controlar maleza en cereales.....	24
<b>Figura 16-1:</b>	Cosecha manual de la cebada con oz.....	25
<b>Figura 1-2:</b>	Fenómeno de acame en cereales a causa de factores ambientales .....	33

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-3:</b>	Modelos de N Lineal y N Cuadrático para ajustar los rendimientos del cultivo de cebada en t ha <sup>-1</sup> en la comunidad Puculpala .....	39
<b>Gráfico 2-3:</b>	Respuesta de la densidad aparente a la aplicación de diferentes dosis de N en kg ha <sup>-1</sup> .....	41
<b>Gráfico 3-3:</b>	Respuesta de la humedad gravimétrica a la aplicación de N en kg ha <sup>-1</sup> en la comunidad Puculpala.....	42
<b>Gráfico 4-3:</b>	Respuesta de la humedad volumétrica a la aplicación de N en kg ha <sup>-1</sup> en la comunidad Puculpala.....	43
<b>Gráfico 5-3:</b>	Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de nitrógeno total presente en el suelo de la comunidad Puculpala.....	44
<b>Gráfico 6-3:</b>	Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de carbono presente en el suelo de la comunidad Puculpala .....	45
<b>Gráfico 7-3:</b>	Modelo de N Cuadrático para ajustar la cantidad de Amonio presente en el suelo de la comunidad Puculpala .....	46

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.
- ANEXO B:** CROQUIS Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS POR TRATAMIENTO Y REPETICIONES.
- ANEXO C:** LÍNEA INICIAL DE LA FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO.
- ANEXO D:** FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE CEBADA CON FERTILIZANTES (UREA, SUPERFOSFATO TIPLE, MURIATO DE POTASIO Y SULPHOMAG)
- ANEXO E:** RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS VARIABLES A SER ANALIZADAS.

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Cañicapac en la comunidad Puculpala. Las unidades experimentales con las que se trabajó fueron 15 parcelas de cebada de la variedad Cañicapac las cuales fueron dosificadas con abono nitrogenado; el fertilizante utilizado fue la urea. Los tratamientos aplicados fueron: tratamiento 1 (T<sub>1</sub>) 0 kg N ha<sup>-1</sup>, tratamiento 2 (T<sub>2</sub>) 40 kg N ha<sup>-1</sup>, tratamiento 3 (T<sub>3</sub>) 80 kg N ha<sup>-1</sup>, tratamiento 4 (T<sub>4</sub>) 120 kg N ha<sup>-1</sup>, tratamiento 5 (T<sub>5</sub>) 160 kg N ha<sup>-1</sup>. La determinación del rendimiento en t ha<sup>-1</sup> se basó en la recolección total de plantas, separación por órganos vegetales y pesaje del grano. Con análisis físico-químico del suelo se determinó la densidad aparente, amonio, carbono orgánico y nitrógeno total. Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) y para el tema económico se utilizó la metodología de Análisis del Presupuesto Parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TMR) donde se tomó en cuenta el costo de producción y el rendimiento por unidad experimental. Se obtuvo como resultado una diferencia significativa entre tratamientos; de los cuales se destacó el tratamiento con aplicación de 120 kg N ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>) en temas de rendimiento y beneficios económicos con valores de 6,87 t ha<sup>-1</sup> y 3260 USD ha<sup>-1</sup> respectivamente. Además, en el suelo se encontraron acumulaciones significativas de las moléculas: amonio, carbono orgánico y nitrógeno total. Se concluye que la mejor dosis de fertilización nitrogenada en cebada fue la aplicación de 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Se recomienda realizar comparaciones entre fertilizantes nitrogenados de origen sintético.

**Palabras clave:** < PRODUCCIÓN AGRÍCOLA >, < NUTRICIÓN VEGETAL >, < FERTILIZACIÓN NITROGENADA >, < CEBADA (*Hordeum Vulgare* L.) >, < CAÑICAPAC >, <PUCULPALA (COMUNIDAD)>.

1267-UPT-DBRA-2022



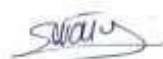
DBRA  
Christian Castillo



## ABSTRACT

The objective of this research work was to evaluate the effect of four doses of nitrogen fertilization on the yield of the barley crop (*Hordeum vulgare* L.) variety Cañicapac in the Puculpala community. The experimental units used were 15 plots of barley of the Cañicapac variety, which were dosed with nitrogen fertilizer; the fertilizer used was urea. The treatments applied were treatment 1 (T<sub>1</sub>) 0 kg N ha<sup>-1</sup>, treatment 2 (T<sub>2</sub>) 40 kg N ha<sup>-1</sup>, treatment 3 (T<sub>3</sub>) 80 kg N ha<sup>-1</sup>, treatment 4 (T<sub>4</sub>) 120 kg N ha<sup>-1</sup>, treatment 5 (T<sub>5</sub>) 160 kg N ha<sup>-1</sup>. The yield determination in t ha<sup>-1</sup> was based on total plant collection, separation by plant organs, and grain weighing. The bulk density, ammonium, organic carbon, and total nitrogen were determined by physical-chemical analysis of the soil. It was used a Randomized Complete Block Design (RCBD) for the statistical analysis. For the economic issue, the Partial Budget Analysis methodology was used based on the Marginal Rate of Return (MRR), where production cost and yield per experimental unit were considered. As a result, a significant difference was obtained between each treatment. The treatment with the application of 120 kg N ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>) stood out in terms of yield and economic benefits with values of 6,87 t ha<sup>-1</sup> and 3260 USD ha<sup>-1</sup>, respectively. In addition, significant accumulations of ammonium, organic carbon, and total nitrogen molecules were found in the soil. It was concluded that the best dose of nitrogen fertilization in barley was the application of 120 kg N ha<sup>-1</sup>. It is recommended to make comparisons between nitrogen fertilizers of synthetic origin.

**Keywords:** <AGRICULTURAL PRODUCTION>, <PLANT NUTRITION>, <NITROGEN FERTILIZATION >, <BARLEY (*Hordeum Vulgare* L.) >, <CAÑICAPAC>, <PUCULPALA (COMMUNITY)>.



**Silvana Patricia Céleri Quinde**

**C.C. 0602669830**



## INTRODUCCIÓN

Investigaciones realizadas durante 4 años con prácticas de agricultura de conservación en la microcuenca del río Illangama, provincia de Bolívar en Ecuador, donde la labranza cero, la conservación de residuos de cultivos y el uso de cultivos de cobertura y aplicaciones de fertilizantes nitrogenados se asocian positivamente con los utilidades y ganancias en los cultivos de papa, avena, cebada, haba y pasto, muestran la viabilidad biológica y económica de la agricultura de conservación en la región Andina de Ecuador (Barrera et al., 2019: pp. 2747-2753; Delgado et al., 2019: pp. 1-8; Alwang et al., 2013: pp. 21-38). De igual manera Gallagher et al. (2017: pp. 1836-1848), mencionan que existe un impacto positivo o neutral en la productividad de los cultivos y el reciclaje de nutrientes en el sistema de cultivo a base de papa y pasto.

En lo que respecta a la dosis de fertilización nitrogenada, una investigación realizada en el sistema maíz suave-fréjol arbustivo en la microcuenca del río Alumbre, provincia de Bolívar en Ecuador, se pudo señalar que el maíz y el fréjol respondieron significativamente a los aportes de fertilización nitrogenada, duplicando los rendimientos al aplicar 120 y 140 kg de N ha<sup>-1</sup> en comparación con las prácticas habituales de los agricultores (Escudero et al., 2014: pp. 130-140; Monar et al., 2013: pp. 25A-30A). Sin embargo, al aplicar 140 kg de N ha<sup>-1</sup> existe un mayor potencial de arrastre de Nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a capas inferiores, con precipitación mayor a 900 mm, mientras que con 120 kg de N ha<sup>-1</sup> es una tasa donde los rendimientos pueden duplicarse y las pérdidas de lixiviación de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> en el medio ecosistema pueden ser menores, especialmente en sistemas de labranza cero (Escudero et al., 2014: pp. 130-140; Barrera et al., 2012: pp. 768-779).

Es dificultoso valorar con exactitud la contribución de los fertilizantes minerales al incremento de la manufactura agrícola, debido a la interacción de muchos otros factores importantes. No obstante, los fertilizantes continuarán ejecutando un papel definitivo, y esto sin tener en cuenta cuáles tecnologías nuevas puedan aún surgir. Se estima que, a nivel mundial, alrededor del 40% del suministro proteínico de la dieta, a mediados de la década de los noventa tuvo su origen en el Nitrógeno sintético procedente del proceso Haber- Bosch para la síntesis de Amoníaco (NH<sub>3</sub>) (Smil, 1999: p. 108).

El sector de los fertilizantes engloba varios subsectores y abarca una amplia gama de productos. Por lo cual la legislación arancelaria ecuatoriana otorga a los fertilizantes la denominación de abonos y en función del nutriente principal que aportan estos se denominan abonos: fosfatados potásicos y nitrogenados. De este último se evidencia que en tan solo cuatro años se ha incrementado la importación en más 100 millones de Kg de ese producto, aunque en el mismo

tiempo se ha reducido su valor (USD Kg<sup>-1</sup>) en un 40% al pasar del año 2013 con un valor de 0,44 USD Kg<sup>-1</sup> a un valor de 0,27 USD Kg<sup>-1</sup> al año 2017. Cabe recalcar que tanto la producción local y exportaciones de fertilizantes en Ecuador han sido nulas históricamente, de ahí que se estima que cerca del 99,5% de abonos que se comercializan en nuestro país son de origen extranjero, destacándose los países Rusia, China y Holanda que más han inundado de abonos nitrogenados el mercado ecuatoriano comenta Arrien (2018).

El Nitrógeno (N):, es uno de los nutrientes principales que más restringen el rendimiento de los cultivos. Este macronutriente participa en la síntesis de proteínas y por ello es vital para toda la actividad metabólica de la planta. Su insuficiencia induce a disminuciones severas en el desarrollo del cultivo, básicamente por una menor tasa de crecimiento y expansión foliar que reducen la captación de la radiación fotosintéticamente activa. Las deficiencias de N se evidencian por clorosis (amarillamiento) de las hojas más viejas en mayor grado (Escudero et al., 2014: pp. 130-140).

El régimen de producción predominante en la microcuenca del río Blanco es papa-pastos; sin embargo, existe otros cultivos como el maíz, chocho, cebada y quinua que forman parte del sistema de producción de la zona. En términos de fertilización nitrogenada, el maíz demanda aproximadamente de 20 a 25 kg ha<sup>-1</sup> por obtener un rendimiento de una tonelada de grano. Por ello, para producir, por ejemplo 5 t ha<sup>-1</sup> de grano, el cultivo debería disponer en torno a 100 a 125 kg de N ha<sup>-1</sup> absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de N para este nivel de rendimiento. La cantidad de N presente en la finca (N en el suelo + N del fertilizante) debería satisfacer la demanda para mantener el sistema en equilibrio nutricional (García, 2002: pp. 18-20).

Para el caso de cultivos andinos, tales como la quinua, para potencializar la producción, se debe aplicar de 120 hasta 130 kg ha<sup>-1</sup> de N (Pacheco, M, 2015: p. 308). Sin embargo, las mermas de N ya sea por lixiviación y gasificación en forma de N<sub>2</sub>O son significativos debido a que es un elemento de alta volatilidad y es aplicado en forma inadecuada. Estudios realizados por Venterea y Bijesh (2013: pp. 71-92.), en el cultivo de maíz, durante dos períodos de cultivo donde se investigó sobre los cambios en los niveles de emisiones del N<sub>2</sub>O al utilizar diferentes fuentes de fertilizante nitrogenado y métodos de aplicación, donde se aplicó urea convencional y la urea con una capa de polímeros, reportaron que las emisiones del N<sub>2</sub>O fueron altamente relacionadas con niveles de Nitrito (NO<sup>-</sup>) en el suelo, los cuales fueron responsables del 44 al 73% de la variación en las emisiones del N<sub>2</sub>O.

## JUSTIFICACIÓN

Las ciento sesenta familias de la comunidad Puculpala dependen principalmente de los trabajos agropecuarios que se suscitan en las fincas familiares situadas en las partes medias de la microcuenca donde predominan las áreas dedicadas a los productos que se cultivan para la venta y consumo familiar tales como: cebada, ocas, mellocos, papa, maíz, quinua, chocho, fréjol, alfalfa, avena, zanahoria, cilantro, col, entre otros. En este contexto se define el alto grado de vulnerabilidad y de riesgo social y económico que puede provocarse como resultado del manejo incorrecto del capital natural, su degradación o efectos del cambio climático (PDOT, 2015: pp. 38-44).

La superficie de la parroquia se orienta en un 30% para la producción agropecuaria seguida por las zonas de páramo que son indispensables para las urbes ya que de ahí se consigue el líquido vital de consumo humano con un 25% del área, los cuales, en su gran mayoría ingresaron a proyectos de conservación a nivel nacional y el 45% restante está compuesta por vegetación natural y sirve de residencia para las especies de animales nativos de la zona, que con el pasar de los años se va perdiendo por la necesidad de buscar terrenos para cultivos así sean estos en zonas de pendiente (PDOT, 2015: pp. 38-44). La Población Económicamente Activa por segmento de ocupación es la siguiente: actividad agropecuaria 70.5%; actividades de construcción 8.5%; actividades relacionadas con el comercio 4.4%; actividades artesanales 2.6%; empleados en el sector público 3.6%; y empleados en el sector privado 10.4%, entre otros (PDOT, 2015: pp. 38-44).

Los adelantos logrados por el INIAP en el periodo comprendido desde el año 2008 a 2015 en correlación a las prácticas de agricultura de conservación en la Región Andina del Ecuador están publicados en revistas de renombre mundial y lo más importante es que éstas ya las manejan varios productores de la región, ya que han permitido un progreso de la productividad biológica e ingresos económicos de los sistemas de producción. Sin embargo, en términos de nutrientes del suelo, fundamentalmente nitrogenados, no se ha trabajado en potencializar la producción de los cultivos prevalentes en los sistemas de producción de la microcuenca del río Blanco que son representativos de la zona. Consecuentemente, la aplicación de diferentes y adecuadas dosis de nitrógeno estará encaminada a obtener un alto retorno económico a través de una ganancia óptima y de calidad, pero también será significativo mermar los riesgos de contaminación de aguas superficiales o profundas por arrastre de nitratos, y de la atmósfera, con gases derivados de procesos como desnitrificación ( $N_2O$ ,  $N_2$ ) y volatilización ( $NH_3$ ), a través del uso eficiente de este nutriente. Si se logra esto, el agricultor mejorará la calidad de vida de sus familias y del ambiente.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar el efecto de cuatro dosis de fertilización nitrogenada en el rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Cañicapac en la comunidad Puculpala.

### **Objetivos específicos**

- Determinar la mejor dosis de nitrógeno en el rendimiento del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Cañicapac en la comunidad Puculpala.
- Evaluar la influencia del nitrógeno sobre los nutrientes del suelo en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Cañicapac en la comunidad Puculpala.
- Evaluar el efecto del nitrógeno en el rendimiento económico del cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Cañicapac en la comunidad Puculpala.

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis alterna**

Ninguna de las cuatro dosis de fertilización nitrogenada influye en el crecimiento vegetativo, rendimientos del cultivo y propiedades del suelo.

### **Hipótesis nula**

Al menos una de las dosis de fertilización nitrogenada influye significativamente en el crecimiento vegetativo y rendimiento del cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad Cañicapac en la comunidad de Puculpala.

## **VARIABLES**

### **Dependiente**

El rendimiento del cultivo de cebada variedad Cañicapac.

## **Independiente**

### ➤ *Dosis de fertilizante*

- Testigo 0 Kg ha<sup>-1</sup>
- Basada en 40 Kg ha<sup>-1</sup>
- Basada en 80 Kg ha<sup>-1</sup>
- Basada en 120 Kg ha<sup>-1</sup>
- Basada en 160 Kg ha<sup>-1</sup>

### ➤ *Cultivo de cebada*

- Variedad Cañicapa

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Nitrógeno

En la actualidad está demostrado que es el componente limitante más común del aumento de las plantas, y que un deficiente abastecimiento de este nutriente puede ocasionar notables descensos en la producción vegetal. Tanto sus deficiencias como sus excesos en los suelos, poseen gran efecto en la salud y en la productividad de los ecosistemas internacionales (Florencia M., et al. 2019: pp. 1-5).

Asimismo, el exceso de compuestos nitrogenados en los suelos puede degradar la calidad del ambiente. El razonamiento de los procesos, del flujo, y de cómo la actividad humana puede modificarlos, es esencial para tomar medidas que cuiden el ambiente y permitan optimizar la producción (Florencia M., et al. 2019: pp. 1-5).

##### *1.1.1. Nitrógeno en el cultivo*

###### *1.1.1.1. Roles en la planta*

El nitrógeno es un componente integral de varios compuestos esenciales de las plantas, entre los más importantes se destacan:

- Componente de los aminoácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas.
- Componente de moléculas de enzimas, vitaminas, hormonas y ácidos nucleicos.
- Componente de la molécula de clorofila.

Además, es esencial en la utilización de los carbohidratos y estimula el crecimiento y desarrollo radicular (Florencia M., et al. 2019: pp. 1-5).

###### *1.1.1.2. Deficiencia*

Si las verduras mejores reciben el factor nitrógeno en porciones insuficientes se genera un retardo en su desarrollo y aumento, muestra un sistema radicular poco desarrollado y plantea en el follaje viejo de inicio, para después presentarse en el follaje nuevo de las plantas una coloración verde - amarillenta o amarillenta exitosa como clorosis, con tendencia a caer (Arcos F. 2013. p.67).

La aplicación de nitrógeno como nutriente, provoca un cambio inmediato en la coloración del follaje de las plantas, lo cual nos demostrará su acelerada actividad dentro de las plantas (Arcos F. 2013. p. 67).



**Figura 1-1.** Deficiencia de nitrógeno en cereales, cloración amarilla principalmente en hojas viejas.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### *1.1.1.3. Exceso*

En los cereales un exceso de nitrógeno puede promover el debilitamiento de los tallos y con ellos promover el encame; además, puede producir cosechas de bastante baja calidad. Experimentalmente se ha definido, que las plantas apenas usan el 50 % de nitrógeno disponible en el suelo, tanto del perteneciente de los fertilizantes, como del nitrógeno mineralizado de la materia orgánica (Arcos F. 2013 p. 68).

#### *1.1.2. Efectos del nitrógeno en el suelo*

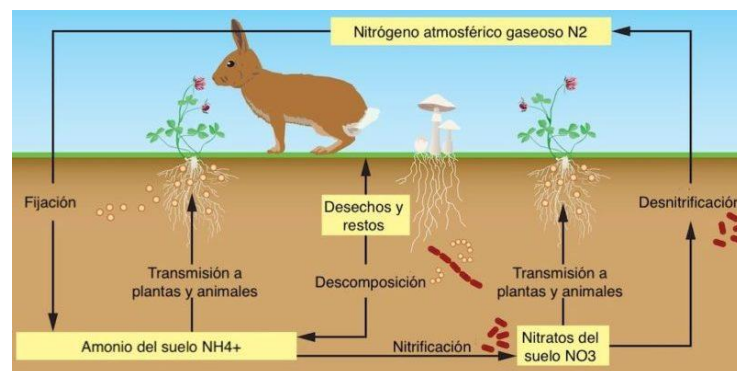
Para Sadeghian S., (2003: pp. 242-257) los cambios químicos provocados en el suelo por la utilización de los fertilizantes varían según la dinámica propia de cada factor, la dosis y fuente empleada, los sistemas de aplicación propiedades particulares del suelo y del clima, entre otros.

Relacionado a esto último, los aspectos de más grande interés ambiental y técnico se relacionan con la acidificación del suelo ya la pérdida de las bases intercambiables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ). En este sentido, juegan un papel fundamental los fertilizantes nitrogenados, puesto que su aplicación crea un excedente de  $\text{H}^+$  que gradualmente supe a las bases, que son lavadas y transportadas a los horizontes subyacentes, acompañadas de aniones en el agua de percolación. El impacto acidificante de los fertilizantes nitrogenados es dependiente de la fuente nitrogenada (Sadeghian S., 2003: pp. 242-257).

### 1.1.3. Dinámica del nitrógeno en el suelo

Florencia M., et al. (2019: pp. 1-5) mencionan que, en todos los suelos, y de manera continua, hay considerables entradas y salidas de nitrógeno, acompañadas de muchas transformaciones complicadas. El nitrógeno presente en suelos cultivables viene de materiales diferentes: restos de cultivos, abonos verdes, estiércol, fertilizantes comerciales y nitratos aportados por lluvias, así como por la fijación de N atmosférico por ciertos microorganismos.

Parte importante del nitrógeno de esta forma incorporado al suelo sufre gigantescas transformaciones previo a ser usado por las plantas. Las proteínas son degradadas, originando productos de descomposición más simples y, al final, parte del nitrógeno surge a modo de nitrato. En esta modalidad podría ser apropiado tanto por los microorganismos como por las plantas mejores para edificar sus construcciones proteicas, o bien ser limitado en determinadas condiciones, a su estado elemental.



**Figura 2-1.** Ciclo del nitrógeno en el ambiente

Realizado por: (Enciclopedia Concepto, 2021)

La distribución de estos procesos puede resumirse en la forma siguiente:

#### 1.1.3.1. Ganancias de nitrógeno (N) por el suelo

- Fijación biológica de N atmosférico por microorganismos.
- Depositiones de N desde la atmósfera.
- Aportes de N en fertilizantes, estiércol y plantas verdes.



### *1.1.3.2. Transformaciones del nitrógeno (N) en el suelo*

Florencia M., et al. (2019: pp. 1-5) en sus investigaciones describe las transformaciones que le ocurre al N en el suelo:

- Amonificación o degradación bioquímica de las proteínas y otros compuestos complejos nitrogenados en aminoácidos y aminas.
- Amonificación, o transformación bioquímica de los aminoácidos y aminas en amonio.
- Nitrificación, u oxidación bioquímica del amonio a nitrato.
- Síntesis proteicas de los microorganismos del suelo, a partir de los compuestos que se originan en el transcurso de los anteriores procesos (Inmovilización o reorganización).

### *1.1.3.3. Pérdidas de N desde el suelo*

Florencia M., et al. (2019: pp. 1-5) en sus investigaciones comenta cuales son las pérdidas de nitrógeno en el suelo:

- Desnitrificación, o reducción bioquímica de nitratos bajo condiciones anaeróbicas.
- Volatilización de amoníaco, principalmente en suelos alcalinos, cálidos y húmedos.
- Lixiviación de nitratos.
- Asimilación de nitratos por las plantas superiores- Extracción por cultivos
- Fijación de amonio por las arcillas.

### *1.1.4. Efectos del nitrógeno a la atmosfera*

Actualmente la fijación no pasa eficientemente ya que es inhibida por la existencia de nitrógeno mineral en el medio (Anónimo, 2001 citado en Torres Gutiérrez, R. 2009: p. 7). Según dichos autores, en torno al 50% de los fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos es absorbido por las plantas, el otro 50 % o más es guardado en el suelo para la nutrición de los cultivos subsiguientes; sin embargo una parte importante de este es transformado en  $N_2$  atmosférico por medio de los procesos de desnitrificación de los microorganismos y otra parte importante es lixiviado a capas inferiores donde contaminan las aguas subterráneas y el manto freático a modo de nitratos ( $NO_3^-$ ). En Iowa el crecimiento del contenido de  $NO_3^-$  en aguas subterráneas a partir de 1950 a 1980 fue paralelo al crecimiento del uso de fertilizantes nitrogenados.

El óxido nitroso ( $N_2O$ ) es otro gran factor contaminante producto al excesivo uso de fertilizantes nitrogenados, este conjuntamente con el  $CO_2$ , metano ( $CH_4$ ) y los clorofluorcarbonos es un gas

invernadero causante en gran medida del calentamiento global (Anónimo, 2001 citado en Torres Gutiérrez, R. 2009: p. 7).

### 1.1.5. Recomendación de fertilización nitrogenada en cebada

**Tabla 1-1:** Recomendación de fertilización nitrógeno en cebada.

Análisis de suelo	N Kg ha <sup>-1</sup>
Bajo	80 – 100
Medio	60 – 80
Alto	20 – 60

Fuente: INIAP (2009)

Realizado por: Cunalata J., 2022

### 1.1.6. Urea

“Denominada carbamida, su fórmula es  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , con un contenido del 46 % de nitrógeno, es el abono de mayor concentración entre los fertilizantes nitrogenados sólidos” (Arcos 2013 p. 79).

#### 1.1.6.1. Efectos de la urea en el cultivo

El nitrógeno constituye uno de los macronutrientes importantes para la cebada siendo esencial en los procesos de desarrollo y crecimiento de las mismas dado que contribuye a la formación de los diferentes órganos y ser el principal elemento de las proteínas. El valor nutricional de los diferentes cultivos depende de la adecuada provisión de nitrógeno a los cultivos. Una deficiencia de nitrógeno para la planta se traduce en una reducción del crecimiento, amarillamiento y una baja en la producción tanto en cantidad como en la calidad (YPFB, 2009).

#### 1.1.6.2. La urea en el suelo

“Cuando se aplica urea al suelo, esta reacciona con el agua (se hidroliza) y con la enzima ureasa para producir carbonato de amonio, un compuesto poco estable que rápidamente se descompone liberando el gas  $\text{NH}_3$ . El uso de carbonato de amonio es común en las sales aromáticas porque liberan fácilmente  $\text{NH}_3$ ” (Mikkelson R. 2020: pp. 24-27).

Es de vital importancia el lugar en donde se incorporará la urea en el suelo, ya que normalmente los abonos se aplican al voleo en la superficie, en formas de bandas que pueden ser subsuperficial o superficial. Al colocar la urea en la superficie sin su incorporación al suelo (por lluvia/riego o labranza) aumentamos la posibilidad de pérdida de N por volatilización de  $\text{NH}_3$ . Por causa de que la urea se transporta con facilidad con el agua hasta hidrolizarse y transformarse en  $\text{NH}_4^+$  es recomendable incorporar este abono antes de la lluvia o riego (Mikkelson R. 2020: pp. 24-27).

#### *1.1.6.3. La urea en la atmósfera*

Dentro del Inventario Nacional de gases contaminantes a la atmósfera, y del capítulo de agricultura, se computan las emisiones de gases nitrogenados ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NOX}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) y de  $\text{CO}_2$  procedentes de la descomposición de la urea cuando ésta se aplica al suelo, bien como urea sintética, bien como parte de la excreta animal gestionada o no gestionada (SEIEM, 2018).

Los gases nitrogenados emitidos cuando se aplica urea al suelo, se estiman y reportan junto con las emisiones del resto de los aportes nitrogenados en la actividad 3D del Inventario Nacional. Sólo el dióxido de carbono de la urea sintética se estima en epígrafe separado (3H) en el marco de IPCC por dos motivos:

- Ningún otro fertilizante agrícola sintético emite este gas.
- El dióxido de carbono emitido por la urea procedente de la excreta animal (estiércol y purín) aplicada al campo es de origen biogénico y no computa (SEIEM, 2018).

#### *1.1.6.4. Compatibilidad de la urea con otros fertilizantes*

Las compatibilidades de la urea con otro tipo de fertilizantes sintéticos se muestran en la tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Compatibilidad observada para la combinación de urea con distintas sustancias

Sustancias	T (° C)	Compatibilidad experimental	Compatibilidad teórica	N.º mezcla
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	26	Completa	Limitado	1
Mg (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	26	Incompleta	Limitado	2
SO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	26	Incompleta	Limitado	3
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	27	Completa	Si	4
Urea H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	26	Completa	Si	5
+ (HNO <sub>3</sub> + CaCO <sub>3</sub> )	27	Completa	Si	6
MAP*	26	Completa	Si	7
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	25	Completa	Limitado	8
DAP**	25	Completa	Si	9
MgSO <sub>4</sub> -7H <sub>2</sub> O	25	Completa	Limitado	10

\*Fosfato monoamónico, \*\* Fosfato di amónico

Fuente: (Pérez E. & Rodríguez D. 2017)

Realizado por: Cunalata J., 2022

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

### 1.2.1. Origen

La cebada (*Hordeum vulgare* L) fue una de las primeras especies en ser cultivadas por el ser humano en el inicio de la agricultura. Algunos autores indican que este proceso se dio en dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional (Rimache, 2008; Santoyo et al, 2004 citado en Cajamarca B. & Montenegro S. 2015: p. 5).

Investigaciones más recientes acerca del origen de la cebada cultivada. *Hordeum vulgare*, cebada en el estudio de la forma silvestre *H. spontaneum koch*, que se extiende en forma de arco desde Tunes hasta Afganistán, en el medio Oriente con dudosa presencia en Marruecos y Etiopía (Rosales, J., 1999: p. 4).

### 1.2.2. Distribución

Actualmente se cultiva en todo el mundo a excepción de URSS, el área es mayor a 38 000 000 hectáreas, rindiendo 48 000 000 toneladas, representadas: por el 23,68% hectáreas en Europa (sin URSS) y una producción del 31,25%; América del Norte y central representan el 18,42 de la superficie cultivas y un 22,91% del rendimiento, seguido de Asia con el 42,10% de hectáreas y una producción del 35,41%, mientras que África representa el 13,15% de área cultivada y el

6,25% del rendimiento. En América del Sur y Oceanía el área de producción no es significativa enfatiza (Aguado, M., 1957: pp. 2-3).

### ***1.2.3. Clasificación taxonómica***

La clasificación taxonómica completa de *Hordeum vulgare* L., de acuerdo a (Perez et al., 2010; citado en Cajamarca B. & Montenegro S. 2015: p. 5) es la siguiente:

Reino: Plantae	Orden: Cyperales
Subreino: Tracheobionta	Familia: Poaceae
División: Magnoliophyta	Género: Hordeum
Clase: Liliopsida	
Especie <i>Hordeum vulgare</i>	

### ***1.2.4. Descripción botánica***

#### ***1.2.4.1. Raíz***

Normalmente es fibrosos, fasciculado que puede desarrollarse de manera concentrada a profundidades de 20 a 30 cm, llegando a su máximo de 50 cm. En ocasiones especiales de suelo se estima como techo máximo 1 m (Guerrero, A., 1987: p. 6).



**Figura 3-1.** Raíz del cultivo de cebada

**Realizado por:** (Agronews Castilla y León, 2017)

#### 1.2.4.2. Tallo

Los exitosos estudios de Paladines (2007: p. 22) indican que el tallo de la cebada es una caña hueca alargada, y que tiene dos estructuras: nudos y entrenudos. Arriba de cada nudo se encuentra el tejido meristemático que induce el alargamiento del entrenudo. Igualmente, la altura de los tallos de cebada se diferencia de acuerdo a las variedades y oscila entre 0,50 cm a 1 m (Guerrero, A., 1987: p. 6).

#### 1.2.4.3. Hojas

Paladines (2007: p. 22) en sus trabajos describe a las hojas como angostas, alargadas y de color verde claro, se ubican en los nudos del tallo, de forma alternada y en dos filas. Están compuestas de lígula, collar, lámina, vaina y aurículas.

La vaina es de forma tubular y surge en los nudos del tallo y envuelve el entrenudo superior. La figura de las láminas es alargada y en forma de cinta plan, paralelinervias. El collar (estructura cilíndrica dura que forma la parte posterior de la unión lámina-vaina), la lígula (proyección membranosa que se puede ver a lo ancho de la unión lamina-vaina) y las aurículas (pequeños complementos que se ubican en los márgenes basales de la lámina) se localizan en la unión lamina-vaina (Paladines, 2007: p. 22).



**Figura 4-1.** Hoja de los cereales (cebada)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### 1.2.4.4. Inflorescencia

Según Guerrero, A. (1987: p. 6) declara que las inflorescencias son las espigas compactas y normalmente barbadas. Las flores se agrupan de 2 a 12 conjuntos. Aparecen después de 3 a 5 meses (periodo vegetativo) cambia según la variedad y zona geográfica. La espiga se forma en la

parte superior del tallo, se compone de un eje denominado raquis viniendo a ser una inflorescencia, constituida por nudos en zigzag, en los que se hallan una espiguilla dotada de tres flores hermafroditas que muestran tres estambres y un ovario con estigma doble, además la palea y lema (hojas modificadas) protegen cada flor (Chase & Luces, 1971: p. 18).



**Figura 5-1.** Inflorescencia de la cebada

Realizado por: Cunalata J., 2022

#### 1.2.4.5. Grano

El grano de la cebada es una cariósipide que tiene las glumillas pegadas excluyendo el caso de la cebada desnuda; el fruto contiene la semilla donde el pericarpio, es decir, las paredes del ovario y la testa no se encuentran unidas, siendo absurdo distanciarlas por lo tanto el fruto clasifica como indehiscente (Chase & Luces, 1971: p. 18).

El cuerpo del grano alcanza una longitud máxima de 9,5 mm y una mínima de 6,0 mm, de ancho mide entre 1,5 y 4,0 mm; el peso de mil granos varía de 30 a 60 g, con un promedio de 45 g obedeciendo las condiciones ambientales y manejo en que se haya prosperado el cultivo (Chase & Luces, 1971: p. 18).



**Figura 6-1.** Granos y espiga del cultivo de cebada

Realizado por: Cunalata J., 2022

### **1.2.5. Fenología del cultivo**

#### **1.2.5.1. Germinación**

La emergencia se producirá entre los 5 a 10 días conforme con la temperatura y humedad del suelo (Rasmusson, 1985; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19). Luego de que la semilla absorbe humedad, aparece la raíz primaria (radícula). En grupo las raíces formadas a grado de la semilla conforman el sistema radicular seminal. Luego de que la radícula brota de la semilla, sale el primer brote primordial de hojas que está dentro del coleóptilo (una vaina de la hoja que abarca la planta embrionaria), el cual sirve como custodia al penetrar el suelo. Por consiguiente, la hondura de siembra no debería exceder la longitud que puede crecer el coleóptilo, principalmente no bastante más de 7,5 centímetros (Anderson et al, 1995; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19)



**Figura 7-1.** Germinación y emergencia de las plántulas de cebada después de 8 día a la siembra.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### **1.2.5.2. Establecimiento de la plántula y producción de hojas**

Cuando la plántula ha emergido, el coleóptilo deja de alargarse y surge la primera hoja verdadera. Las hojas aparecen cada 3 a 5 días dependiendo de la pluralidad y las condiciones del medio ambiente. De 8 o 9 hojas comúnmente están compuestos en el tallo primordial, en variedades con maduración tardía principalmente están compuestos más hojas (Anderson et al., 1995; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19)





**Figura 8-1.** Plantas establecidas de cebada y sus hojas.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### *1.2.5.3. Macollamiento*

Una vez que las condiciones del medio ambiente son favorables o si se disminuye la densidad de plantas, es viable una indemnización por medio de la producción de más tallos. Bajo condiciones culturales habituales, los macollos surgen a lo largo de un tiempo de 2 semanas, alcanzando el número total dependiendo de la pluralidad y las condiciones del medio ambiente. Una siembra intensa y alta densidad de siembra principalmente reducen del número de macollos compuesto por planta (Anderson et al., 1995; citado en Ponce L. et al 2020: pp. 17-19).

Alrededor de 4 semanas luego de la emergencia del cultivo, ciertos de los macollos antes formados empiezan a fallecer sin conformar una espiga. El tamaño a la que se genera esta muerte prematura cambia dependiendo de las condiciones del medio ambiente y de la pluralidad. Bajo condiciones de aumento pobre o estrés, las plantas responden conformando menor proporción de macollos o demostrando muerte prematura de los tallos (Anderson et al., 1995; citado en Ponce L. et al 2020: pp. 17-19). Por consiguiente, el número de macollos por planta es influenciado por la densidad y la genética del cultivar, así como además por los componentes del medio ambiente (Rasmusson, 1985; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19).



**Figura 9-1.** Fenómeno de macollamiento en cereales (cebada)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### *1.2.5.4. Elongación del tallo o encañado y espigamiento*

El encañado inicia con la aparición del primer nudo, determinándose antecedente de su presencia sobre el área del suelo. En aquel instante es viable visualizar la futura espiga, la cual está justo sobre comentado nudo, presentando un tamaño de alrededor de 5 mm. De allí en adelante se crea un veloz incremento de los tallos, los cuales, a lo largo de la fase de encañado, van estructurándose basado en la formación de nuevos nudos y entrenudos. Al finalizar la fase de encañado, la espiga se hace prominente en la vaina de la hoja bandera, fase exitosa como “embuche o embuchamiento” (Arellano, 2010; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19). El espigamiento se caracteriza por la emergencia de las aristas y por la existencia de las espiguillas principales (Rasmusson, 1985; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19)



**Figura 10-1.** Encañado de los tallos de cebada y su espigamiento.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### *1.2.5.5. Polinización*

La polinización en la cebada pasa principalmente justo anteriormente o a lo largo de la aparición de la espiga en el embuchamiento. La polinización empieza en la cantidad central de la espiga y avanza hacia la punta y la base. La flor se abre por 100 min, empero la extrusión de las anteras y su dehiscencia es de únicamente 10 min; la floración se completa en 2 días (Arellano, 2010; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19). Pues la formación de polen es sensible al estrés, déficit de agua y altas temperaturas, en este periodo, puede reducir el número de granos que están formados y puede minimizar los rendimientos (Anderson et al., 1995; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19).

#### *1.2.5.6. Desarrollo del grano y maduración*

La longitud del grano de cebada está establecida, antes que nada, seguido por su anchura. Esto ayuda a describir por qué un grano de cebada desarrollado bajo condiciones de estrés es principalmente tan extenso como un grano común, empero es más estrecho o delgado. El primer lapso de desarrollo del grano, señalado como fase “lechosa”, tesa unos 10 días. Aun cuando los granos no engordan mucho a lo largo de esta etapa, es primordial pues establece el número de células que después se usará para el almacenamiento de almidón (Arellano, 2010; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19).

Los granos que almacenan almidón y crecen inmediatamente se caracterizan por una consistencia semi- sólida blanca llamada “pasta blanda”. Al final, una vez que se acerca la madurez el grano empieza a perder agua velozmente, su consistencia se vuelve más sólida, llamada “pasta rígida o masa”; aquí es una vez que el núcleo además pierde su color verde (Anderson et al., 1995; citado en Ponce L. et al. 2020: pp. 17-19). La acumulación de carbohidratos, proteínas y el llenado del grano de cebada se completa en 30 días luego de la antesis (Arellano, 2010; citado en Ponce L. et al., 2020: pp. 17-19).

Una vez que la humedad del núcleo ha disminuido cerca de 30 a 40%, alcanzó la madurez fisiológica y no se acumula más materia seca. Un indicador de campo que identifica la madurez fisiológica es el 100 por ciento de pérdida de color verde de las glumas y el pedúnculo. Una vez que la humedad del grano ha disminuido de 13 a 14 por ciento, el grano de la cebada está listo para la cosecha y la trilla (Anderson et al., 1995; citado en Ponce L. et al. 2020: pp. 17-19)



**Figura 11-1.** Formación de grano y madurez fisiológica del mismo.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### ***1.2.6. Variedad Cañicapac***

INIAP-Cañicapac 2003 es una nueva variedad de cebada de dos hileras que proviene de la cruce INIAP- SHYRI 89/3/GAL/P16384//ESC-II-72-607-1E-1E-1E-5E, de acuerdo al historial de selección E97- 9053-3E-0EC-1E-0E-0E-0E-0E. Cruza hecha por el programa de Cereales de E.E. Santa Catalina en 1997. (Rivadeneira M., et al., 2003: pp. 4-5) Esta variedad presenta las siguientes características agronómicas:

**Tabla 3-1:** Características Agronómicas de la cebada variedad Cañicapac.

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

**Fuente:** (Rivadeneira M., et al., 2003)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022



**Figura 12-1.** Cultivo de cebada de la variedad Cañicapac.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### **1.2.7. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **1.2.7.1. Altitud**

El cultivo de cebada en la sierra ecuatoriana se adapta en el rango de 2000 hasta los 3500 msnm.

#### *1.2.7.2. Clima*

Las exigencias en cuanto al clima resultan muy escasas, por lo cual su cultivo está bastante extendido, aun cuando crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos (Pérez J. 2010).

#### *1.2.7.3. Temperatura*

Es un cultivo tan extendido que prácticamente está adaptado a cualquier ambiente. A partir de los 5 - 6° C ya es capaz de iniciar su germinación, y una vez que ha crecido, necesita entre 15 y 20° C para florecer y madurar (Agromatica, 2012).

#### *1.2.7.4. Precipitaciones*

La cebada resiste mejor la escasez que el exceso de agua, siendo conveniente un rango de 400 a 600 mm de precipitación a lo largo del periodo de cultivo, sin embargo, requiriendo en los inicios más grande humedad del suelo (Rivadeneira, M. et al, 2003: pp. 2-5).

#### *1.2.7.5. Suelo*

A la cebada le van bien los terrenos calizos, con buenas porciones de cal y contenido medio entre arena y arcilla. Cuanto más suelto se encuentre el lote, con superiores condiciones se desarrollará la cebada, debido a que, en terrenos bastante compactos, la germinación de esta gramínea se hace difícil. Al suelo comúnmente se le frecuenta ofrecer un arado poco profundo, debido a que no es preciso mucho volteo de suelo en hondura ya que sus raíces no resultan muy potentes. En resumen, suelos básicos, ligeros, sueltos y secos (Agromatica 2012).

### **1.2.8. Manejo del cultivo**

#### *1.2.8.1. Preparación del terreno*

Para la preparación del suelo se debería considerar el principio de la temporada lluviosa en el sector, para lo que, se debería arar al menos con 2 meses de anticipación, para que la maleza se pudra e incorpore al suelo. Después hacer una rastrada y cruza. Se sugiere anterior a la siembra, pasar una rastra de clavos con el fin de que la tierra se encuentre suelta e independiente de terrones enormes (Rivadeneira, M. et al, 2003: pp. 2-5).



**Figura 13-1.** Laboreo primario del suelo con maquinaria agrícola.

Realizado por: Cunalata J., 2022

#### *1.2.8.2. Siembra*

A la siembra se propone utilizar semilla de calidad, tomando en cuenta por calidad a una semilla que no se encuentre mezclada con otras variedades y se encuentre independiente de malezas. Se ofrece además la sanitización de la semilla. Es primordial tener en cuenta las épocas de siembra (Rivadeneira, M. et al, 2003: pp. 2-5).



**Figura 14-1.** Siembra d la cebada con la técnica de voleo

Realizado por: Cunalata J., 2022

#### *1.2.8.3. Riego*

El riego debería hacerse en la etapa del encañado, puesto que una vez espigada se generan perjuicios, a la par que beneficia la propagación de la roya (Infoagro, 2004).

#### 1.2.8.4. Control de malezas

Se puede hacer de 2 posibilidades: Una manual; arrancando las malezas mayores, teniendo la precaución de no maltratar el cultivo. Otra forma es implementando el herbicida metilsulfuron methyl (Ally•) hasta los 15 días en la dosis de 15 gramos por ha (15 g/300 l de agua) o (2,4-D éster a los 45 días luego de la siembra en la dosis de 1.2 Lf 300L de agua), en pleno macollamiento del cultivo. Esto dejará mantener el control de malezas de hoja ancha como rábano, lengua de vaca, llantén, nabo. En este caso, ejercer la urea desde el herbicida (Coronel J., & Jiménez, C., 2011: p. 30).



**Figura 15-1.** Preparación del herbicida Metsulfuron Methyl para controlar maleza en cereales.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### 1.2.8.5. Plagas y enfermedades

- Plagas

**Tabla 4-1:** Plagas más comunes del cultivo de la cebada.

Insecto plaga	Sintomatología	Control
Aunque no tiene plagas de importancia económica, se presenta un pulgón que transmite el virus del enanismo BYDV que provoca que la planta se enferme.	El enanismo BYDV se manifiesta con decoloración amarilla en las puntas y se extiende en toda la hoja en forma de estrías, que luego toman el color violeta y morados oscuros. Planta sufre enanismo.	Sembrar variedades resistentes. Aplicaciones al follaje con NEEM-X (Azadirachtina) 100 ml en 200 litros de agua.

**Fuente:** (Peñaherrera, D., 2011)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022



- Enfermedades

**Tabla 5-1:** Enfermedades más comunes del cultivo de la cebada.

Agente causal	Sintomatología	Control
Roya amarilla de la cebada ( <i>Puccinia striiformis f. sp. horde.</i> )	Aparece formando pústulas en forma de condorcitos, líneas de color amarillo anaranjado en hojas y tallos. Si el ataque es severo puede aparecer en las espigas	Utilizar variedad resistente INIAP
Roya de la hoja ( <i>Puccinia hordei</i> )	Presenta pústulas pequeñas de forma oval o redondeada de color naranja oscuro a café en las hojas.	Utilizar variedad resistente INIAP
Escaldadura de la cebada ( <i>Rhynchosporium secalis</i> )	Caracterizado por lesiones ovalas o alargadas de color grisáceas y rodeadas de color marrón.	Utilizar variedades residentes INIAP
Carbon desnudo ( <i>Hustilago nuda</i> )	Masa de esporas negras en el lugar que deberían desarrollarles las espigas	Utilizar semilla de calidad
Oidio de la cebada ( <i>Herisyphe graminis f. sp. hordei</i> )	Formación de micelio blanco o gris en las hojas. Debajo del micelio presenta lesiones similares a la escaldadura.	Eliminar las plantas enfermas y quemarlas.

**Fuente:** (Peñaherrera, D., 2011)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### 1.2.8.6. Cosecha

La cosecha podría ser manual o mecánica. La cosecha manual debería desarrollarse antecedente de que las plantas se encuentren enteramente secas para evadir pérdidas por desgrane. Para la cosecha con máquina combinada, se necesita que la humedad del grano sea baja (14% a 16%), con lo que se disminuye o borra la necesidad de secado adicional (Rivadeneira, M., 2003: 4-5).



**Figura 16-1.** Cosecha manual de la cebada con oz.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### ***1.2.9. Rendimiento***

El Ecuador, en la actualidad, presenta un rendimiento de grano por superficie cosechada de 1,3 t ha<sup>-1</sup> (Ponce L. et al 2020: pp. 17-19).

### ***1.2.10. Importancia nutricional, económica e industrial***

#### ***1.2.10.1. Importancia nutricional***

La cebada ha sido consumida desde los inicios de la historia, por su gran potencial nutricional, sus propiedades y beneficios que trae al ser humano en su salud (Agromoneros, 2021).

- Propiedades

- Posee vitaminas A y C y es rica en vitaminas del grupo B. También posee clorofila
- Contiene minerales como el fósforo, el calcio, el magnesio, el cobre, zinc o el potasio.
- Es el cereal que más fibra contiene (17%), posee aminoácidos esenciales, imprescindibles para nuestro organismo (Agromoneros, 2021).

- Beneficios

- Combate la osteoporosis y mantener los huesos sanos
- Previene la retención de líquidos
- Trata alteraciones gástricas e intestinales
- Favorece el correcto funcionamiento de los músculos
- Ayuda en la recuperación del cansancio, la astenia y la fatiga
- Alcaliniza el organismo y evitar el estreñimiento
- Evita inflamaciones, sube la tensión arterial, por lo que se recomienda para personas con hipotensión
- Aumenta la producción de leche en madres lactantes
- Además, contienen ácidos grasos esenciales que cuidan del sistema cardiovascular, evitan la artritis, los síntomas del síndrome premenstrual o incluso la psoriasis (Agromoneros, 2021).

### *1.2.10.2. Importancia económica*

“La cebada es el cuarto cereal más importante en términos de producción mundial de cereales, después del trigo, arroz y maíz” (Jadhav et al., 1998; citado en Garófalo, J., 2012: p. 4).

En Ecuador la superficie sembrada con cebada supera las 48 000 hectáreas (INEC, MAGAP, SICA, 2002; citado en Garófalo, J., 2012: p. 4) distribuidas en todas las provincias de la sierra. La demanda de cebada para consumo humano es casi satisfecha con la producción local, a pesar del bajo rendimiento que en el país se registra, 0,6 a 0,7 t ha<sup>-1</sup>. El consumo promedio anual por familia (5 miembros) es de 34,16 Kg (Rivadeneira; 1995; citado en Garófalo, J., 2012: p. 4).

### *1.2.10.3. Importancia industrial*

En la parte industrial este cultivo tiene una gran importancia debido a su alta demanda, ya que en países productores de derivados de cebada (cerveza) se ocupa más del 90% de la producción total, en su transformación. Y las retribuciones económicas luego del procesado son aún más que de la materia prima (Gobierno de México, 2020).

Aunque ha incrementos en el número de parcelas productoras de este cultivo, pues aún solo se reportan 67 000 unidades manejadas por productores de subsistencia que en pequeñas parcelas producen para uso y consumo familia (Rivadeneira, 1995; citado en Garófalo, J., 2012: p. 4), de ahí que el requerimiento y la alta demanda de este cultivo en nuestro país por parte de las agroindustrias.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLOGICO

#### 2.1. Características del lugar

##### 2.1.1. Localización

La investigación se implementó en la localidad de Puculpala, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, de acuerdo con la información que se detalla en los siguientes apartados (Anexo A).

##### 2.1.2. Ubicación

En la Tabla 1-2 se detalla la ubicación geográfica del sitio experimental

**Tabla 1-2:** Ubicación geográfica y política del sitio experimental, comunidad Puculpala.

<b>Ubicación</b>	<b>Descripción</b>
Provincia	Chimborazo
Cantón	Riobamba
Parroquia	Quimiag
Comunidad	Puculpala
Altitud	2874m
Coordenadas Longitud	768788 O UTM
Coordenadas Latitud	9814175 S UTM
Sitio experimental	Terreno Comunal

Realizado por: Cunalata J., 2022

##### 2.1.3. Características edafoclimáticas

Las características del sitio experimental se presentan en las Tablas 2-2 y 3-2.

**Tabla 2-2:** Taxonomía de suelos del sitio experimental, comunidad Puculpala.

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Orden	Andisoles
Suborden	Udands
Gran grupo	Haplustands
Subgrupo	ThapticHaplustands

**Fuente:** Departamento de Suelos y Aguas EESC del INIAP, 2020.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

**Tabla 3-2:** Características agroclimáticas del sitio experimental, comunidad Puculpala.

<b>Denominación</b>	<b>Datos</b>
Zona climática	Mesotérmico semihúmedo
Temperatura (°C)	15 a 22
Precipitación anual (mm)	500 a 2000
Humedad relativa (%)	50 a 70
Pendiente (%)	50

**Fuente:** Cañadas (1983)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### **2.1.4. Clasificación ecológica**

Según las descripciones de Cañadas (1983: p. 36) el lugar experimental se sitúa en la zona de vida denominada Montano bajo.

## **2.2. Materiales y equipos**

### **2.2.1. Material experimental**

#### **2.2.1.1. Variedad de cebada (*Hordeum vulgare L.*)**

- Cañicapac

### 2.2.2. *Material de campo*

GPS, piola, estacas, estilete, manguera de riego, flexómetro, cinta métrica, azadones, rastrillo, martillo, barra, fundas plásticas, balde de 20 y 10 litros, bomba de fumigar de mochila, fertilizantes, equipo de protección, balanza digital, rótulos de identificación, cámara digital.

### 2.2.3. *Materiales de oficina*

Computadora, flash memory, CD, libreta de apuntes, folder, esferográficos, calculadora, impresiones.

## 2.3. Metodología

### 2.3.1. *Factores en estudio*

Los factores en estudio fueron las dosis de nitrógeno que se aplicaron a cada una de las parcelas acorde a sus tratamientos.

### 2.3.2. *Unidad experimental*

La unidad experimental se detalla en la tabla 4-2.

**Tabla 4-2:** Especificaciones de las unidades experimentales.

<b>Especificaciones</b>	<b>Cantidad</b>
Número de tratamientos	5
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	15
Área total por parcela	72 m <sup>2</sup> (12 m x 6 m)
Área total del experimenta	1295 m <sup>2</sup> (35 m x 37 m)

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### 2.3.3. *Tratamientos*

Los tratamientos en estudio para el ciclo de cultivo se presentan en la Tabla 5-2. Es necesario indicar que el diseño de los tratamientos se basó en las recomendaciones de fertilización que se encuentra en la “Guía de Recomendaciones de Fertilización para los principales cultivos del

Ecuador” (Valverde, 2001: pp. 2-3). A partir de estas recomendaciones, se estableció rangos superiores e inferiores de nitrógeno de acuerdo al cultivo.

**Tabla 5-2:** Niveles de Nitrógeno en  $\text{kg ha}^{-1}$  de los tratamientos en estudio.

Tratamientos	Nitrógeno $\text{Kg ha}^{-1}$
T <sub>1</sub>	0
T <sub>2</sub>	40
T <sub>3</sub>	80
T <sub>4</sub>	120
T <sub>5</sub>	160

Realizado por: Cunalata J., 2022

#### 2.3.4. *Diseño experimental*

Se aplicó el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con tres repeticiones por tratamiento en estudio.

#### 2.3.5. *Análisis estadístico*

Se realizó el siguiente análisis de varianza (Tabla 6-2).

**Tabla 6-2:** Esquema del análisis de varianza. Comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2022.

Fuentes de variación	Grados de libertad
Total ( $r \times t - 1$ )	14
Bloques ( $r - 1$ )	2
Tratamientos ( $t - 1$ )	(4)
Polinomio N Lineal	1
Polinomio N Cuadrático	1
Polinomio N Cúbico	1
Polinomio N Cuártico	1
Error experimental ( $(r - 1) (t - 1)$ )	8

Realizado por: Cunalata J., 2022

### **2.3.6. Análisis funcional**

Cuando se encontró diferencias significativas en el análisis estadístico para los tratamientos, se utilizó la prueba de Least Significant Difference (LSD) al 5%, para comparar promedios de tratamientos.

### **2.3.7. Análisis económico**

Para el análisis económico se utilizó la metodología el Análisis de Presupuesto Parcial basado en la Tasa de Retorno Marginal (TRM) (CIMMYT, 1988: p. 93); para esto, se deberán tomar en consideración los costos de producción y los rendimientos del cultivo en cada tratamiento en estudio. También se consideró realizar un análisis de costo beneficio, basado en el Beneficio Bruto, Costo Total y Beneficio Neto, como variables independientes, capaz de mirar los mejores tratamientos en cada una de estas variables.

## **2.4. Variables y métodos de evaluación**

### **2.4.1. Agronómicas**

#### *2.4.1.1. Rendimiento*

En la parcela neta, se cortó todas las plantas (follaje y espigas), se trilló con una maquina estacionaria, luego fueron pesados en una balanza, el rendimiento por parcela neta en kg, que luego se expresó en  $\text{kg ha}^{-1}$  (Falconí et al., 2010: p. 18).

#### *2.4.1.2. Porcentaje de acame*

Para la determinación de esta variable se procedió a contar las plantas (conformada por un solo sistema radicular y varios tallos basales) que hayan presentado el fenómeno de acame (caída de la planta al suelo) en toda o parte de ella, para facilitar el proceso se consideró la densidad de siembra (semilla de cebada  $135 \text{ kg ha}^{-1}$ ) que nos da un total de 210 plantas por metro cuadrado, cuando se obtuvo el número total de plantas acamadas se procedió a determinar el porcentaje de acame por parcela.





**Figura 1-2.** Fenómeno de acame en cereales a causa de factores ambientales.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

## **2.4.2. Propiedades físicas y químicas de suelos**

### *2.4.2.1. Densidad aparente*

Se tomaron muestras de suelo al inicio del experimento como una línea de base y al final del ciclo de cultivo en cada parcela neta. Las muestras fueron tomadas con un barrenado de densidad aparente, donde se tiene un anillo de un volumen conocido, a una profundidad comprendida hasta 0.20 m. El suelo del anillo se depositó en una caja numerada para llevar al laboratorio. En el laboratorio, todas las muestras que estén en las cajas fueron pesadas y colocadas en la estufa a 105 °C durante 24 horas, para determinar el peso seco; los datos se expresaron en  $\text{Mg m}^{-3}$  (Alvarado et al., 2000: pp. 5-58).

$$Da = \frac{Ms}{Vt}$$

En donde:

Da= Densidad aparente ( $\text{Mg m}^{-3}$ ).

Ms= Masa de suelo seco (Mg).

Vt= Volumen total ( $\text{m}^3$ ).

### *2.4.2.2. Nitrógeno total*

En las muestras de suelos y plantas se utilizó el método Semi micro Kjeldhal que se realizaron a través de un proceso de digestión de la muestra utilizando Ácido Sulfúrico en presencia de catalizadores como el Sulfato de Potasio, Sulfato de Cobre y Dióxido de Selenio; en este proceso,

se produjo Anhídrido Carbónico, agua, Anhídrido Sulfuroso y Sulfato de Amonio. Este último fue destilado y recogido en una solución de Ácido Bórico, para finalmente ser valorado con Ácido Sulfúrico utilizando una mezcla de indicadores de verde de bromocresol y rojo de metilo. El extractante fue Ácido sulfúrico (Alvarado et al., 2000: p. 5-58; Gilabert et al., 1990: p. 1.1-12.6).

#### *2.4.2.3. Carbón orgánico total*

En las muestras de suelos y plantas se utilizó el método de Walkley y Black, el cual determina el contenido de materia orgánica fácilmente oxidable del suelo, expresada como porcentaje. Al obtener la concentración de carbón orgánico, se obtuvo la relación Carbón-Nitrógeno a fin de determinar el grado de formación, la evolución de un suelo y la disponibilidad del N para las plantas y los microorganismos. El carbono orgánico tiene también, a través de la materia orgánica, una acción en la estabilidad estructural, la capacidad de intercambio, el desarrollo de los microorganismos y otros.

La determinación se basó en una oxidación incompleta en frío del carbono por un exceso de Dicromato de Potasio en medio Sulfúrico y la cuantificación del exceso de Dicromato de Potasio con la sal de Morh. El extractante es Dicromato de Potasio 1 N (Alvarado et al., 2000: p. 5-58; Gilabert et al., 1990: p. 1.1-12.6).

#### *2.4.2.4. Amonio*

Para la determinación de  $\text{NH}^+$  se realizó la extracción mediante el siguiente procedimiento: en 10 g de suelo se adicionaron 100 ml de solución de KCl 1.0 N, luego se agito constantemente durante 10 minutos y se filtró. Del filtrado se tomaron dos alícuotas, una de 50 ml para la determinación por EIS y otra de 2 ml para la determinación por el método colorimétrico (azul de indofenol), de acuerdo a Kempers (1974: pp. 201-206).

### **2.5. Manejo específico del experimento**

#### *2.5.1. Análisis físico y químico del suelo*

Antes de instalar el experimento, se tomó una muestra representativa del suelo (1 kg) en cada una de las repeticiones y se realizó el análisis de las propiedades físicas (densidad aparente) y químicas (pH, materia orgánica, nutrientes), a una profundidad de 0-20 cm. Este análisis sirvió de línea de base que fueron comparados con los análisis finales después de la cosecha del cultivo. Después

del cultivo se tomó nuevamente una muestra de 1 kg en cada uno de los tratamientos de cada repetición y se realizó el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo, también, a una profundidad de 0-20 cm. Los análisis se realizaron en el Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina (E.E.S.C.) del INIAP.

Para conocer sobre el manejo del N se determinó la cantidad de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  y nitrógeno total presente en el suelo de cada parcela, para lo cual se tomó una muestra a una profundidad de 30 centímetros en cada una de las parcelas experimentales, al comienzo del estudio, y después de la cosecha de cebada. Todas las muestras que llegaron al laboratorio fueron secadas, molidas, tamizadas y almacenadas en fundas cyclop para su posterior análisis. Cada muestra fue de por lo menos 500 gramos para contar con la cantidad suficiente que permita realizar otros análisis o repetir los mismos en un laboratorio internacional de análisis de suelos.

### 2.5.2. *Distancia y densidad de siembra*

Para las distancias y densidades de siembra se consideró las características del cultivo que se utilizó (Tabla 7-2).

**Tabla 7-2:** Distancias de siembra y densidad de siembra para el cultivo en estudio.

<b>Características</b>	<b>Forma</b>
Número de surcos por parcela total.	
Número de surcos por parcela neta.	
Número de sitios por surco.	Al voleo
Distancia entre surcos (m).	
Distancia entre plantas (m).	
Densidad en $\text{kg ha}^{-1}$	135

Realizado por: Cunalata J., 2022

### 2.5.3. *Manejo del cultivo*

#### 2.5.3.1. *Preparación del suelo*

La preparación del suelo se realizó 21 días antes de la siembra, fue necesario la aplicación de glifosato en dosis de  $12.5 \text{ cc} / \text{l}^{-1}$  de agua con la finalidad de controlar las malezas que aparezcan en forma espontánea y se dejó sin remover el suelo.

#### 2.5.3.2. *Siembra*

La siembra se realizó al voleo y luego se tapó la semilla con la ayuda de un azadón con una remoción ligera de suelo. La cantidad de semilla fue de 135 kg ha<sup>-1</sup> de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad INIAP- Cañicapac dando una densidad de siembra de 210 plantas por metro cuadrado (Falconí et al., 2010: p. 18).

#### 2.5.3.3. *Fertilización*

En cuanto a la fertilización con P, K y S se aplicó la dosis recomendada para este cultivo que es 60– 40-20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O y S, respectivamente, y se aplicó el fertilizante al boleó; en la siembra se aplicaron el 100% de P y K. En cuanto se refiere a la fertilización nitrogenada que es el motivo de este estudio, se aplicó el 20% de N a la siembra, al boleó, en dosis de acuerdo a cada uno de los tratamientos, finalmente se tapó con azadón. Al macollamiento se realizó la fertilización complementaria con el 80% de N restante al boleó, para lo cual el suelo debe estar completamente húmedo.

#### 2.5.3.4. *Control de malezas*

Para el control de malezas de hoja ancha, se aplicó el herbicida Metsulfuron Methyl (Ally), en la dosis de 15 g ha<sup>-1</sup>.

#### 2.5.3.5. *Plagas y enfermedades*

Cañicapac es resistente a royas (Roya amarilla y Roya de la hoja), pero hubo una baja incidencia, por lo cual fue necesario la aplicación de Propiconazole de dosis de 0.5 l ha<sup>-1</sup>, se desinfectó la semilla con Carboxin+Captan en una dosis de 2 g por kg de semilla, para controlar Carbón desnudo.

#### 2.5.3.6. *Cosecha*

La cosecha se realizó cuando el cultivo estuvo en madurez comercial para lo cual se cortaron las plantas y vainas, se expusieron al sol, para conseguir un secado uniforme. El grano se secó hasta obtener un 12 a 13% de humedad. Para determinar la parcela neta (40 m<sup>2</sup>) se dejó sin cosechar un metro a cada lado de la parcela; las plantas de cebada se cortaron con hoz y se sacó a un costado del experimento para trillar con máquina estacionaria.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Agronómicas

###### 3.1.1.1. Rendimiento

El análisis de varianza de la variable rendimiento del cultivo de cebada en  $t\ ha^{-1}$  se muestra en la Tabla 1-3. Los tratamientos en estudio, así como los polinomios ortogonales N Lineal y N Cuadrático, mostraron respuestas estadísticas altamente significativas ( $Pr \leq 0.01$ ); también se muestra una diferencia estadística significativa ( $Pr \leq 0.05$ ) para el N Cúbico.

Lo anteriormente señalado evidencia que el rendimiento del cultivo fue influenciado por los niveles de N evaluados. El coeficiente de variación para la variable rendimiento en  $t\ ha^{-1}$  del cultivo de cebada equivalente a 6.93%, muestra que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación; es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco de los promedios de los tratamientos con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen.

**Tabla 1-3:** Análisis de varianza para el rendimiento en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo-Ecuador, 2022

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	14		
Repeticiones	2	0.42	0.1167 ns
Tratamientos	(4)	3.58	0.0002 **
N Lineal	1	5.90	0.0002 **
N Cuadrático	1	7.29	0.0001 **
N Cúbico	1	1.05	0.0289 *
N Cuártico	1	0.08	0.4728 ns
Error Experimental	8	0.15	
<b>CV (%)</b>		<b>6.93</b>	
<b>Promedio t ha<sup>-1</sup></b>		<b>5.55</b>	

\*\* Estadísticamente: altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* significativo ( $P \leq 0.05$ ); ns no significativo ( $P \geq 0.05$ ).

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

En la Tabla 2-3 se presentan los promedios y la prueba de LSD al 5% para la variable rendimiento del cultivo de cebada en t ha<sup>-1</sup>. Para los tratamientos en estudio, se presentan tres rangos de significación, encontrándose en el rango **a** los tratamientos con aplicación de N 80 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>3</sub>) y N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), en el rango **b** el tratamiento con aplicación de N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>) y N 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>), y en el rango **c** el tratamiento con aplicación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>). Los resultados muestran que el rendimiento del cultivo de cebada en t ha<sup>-1</sup>, se incrementó en 72% y 31%, al pasar de los tratamientos con dosificación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>) y N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>), respectivamente, al tratamiento con dosificación de N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), que fue el de mayor rendimiento.

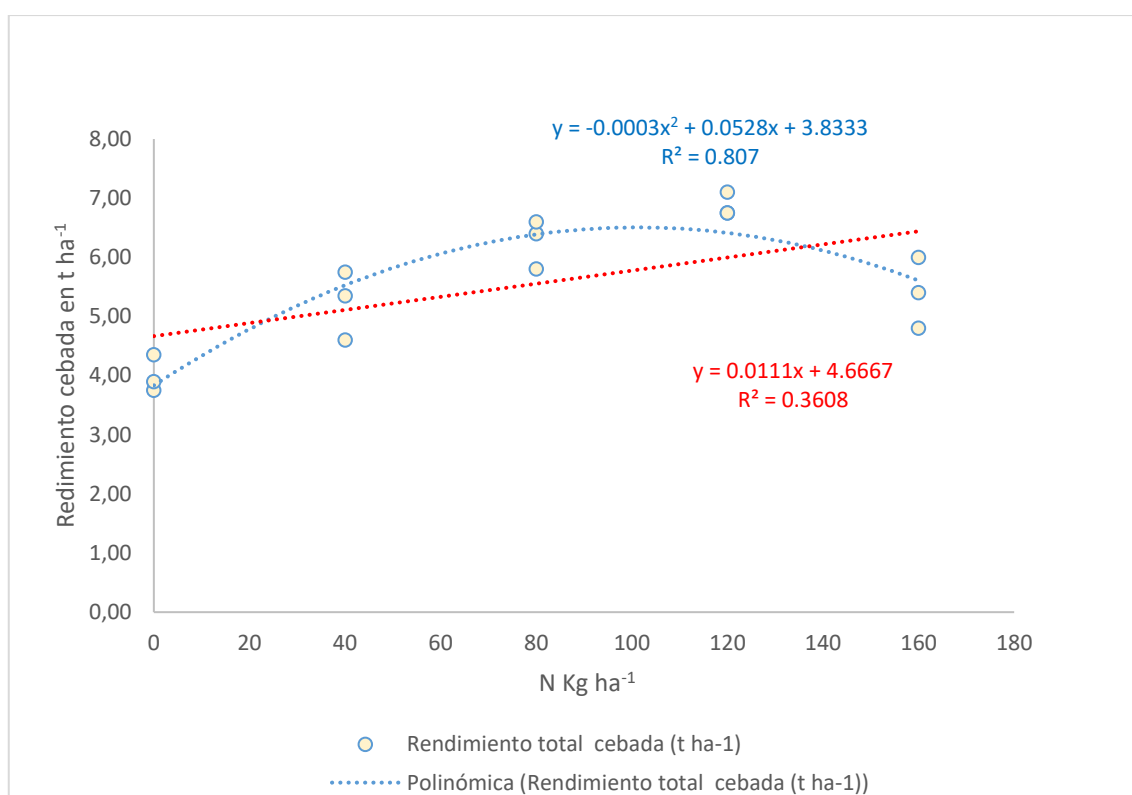
**Tabla 2-3:** Promedios y pruebas de LSD al 5% para el rendimiento en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala.

<b>Tratamientos en estudio</b>	<b>Rendimiento de cebada (t ha<sup>-1</sup>)</b>
T4 = Nitrógeno 120 kg ha <sup>-1</sup>	6.87 a
T3 = Nitrógeno 80 kg ha <sup>-1</sup>	6.27 a
T5 = Nitrógeno 160 kg ha <sup>-1</sup>	5.40 b
T2 = Nitrógeno 40 kg ha <sup>-1</sup>	5.23 b
T1 = Nitrógeno 0 kg ha <sup>-1</sup>	4.00 c

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ )

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

En la Gráfico 1-3 se puede apreciar las respuestas del N Lineal y N Cuadrático del rendimiento en t ha<sup>-1</sup> respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha<sup>-1</sup>. La mejor respuesta se presenta con la función N Cuadrático en donde el ajuste de los datos a ese modelo fue de R<sup>2</sup> = 0.81, versus el valor obtenido con el modelo N Lineal en donde el R<sup>2</sup> = 0.36. El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta del rendimiento de cebada se consigue con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, con un valor de 6.75 t ha<sup>-1</sup>, llegando a 5.40 t ha<sup>-1</sup> con una dosis de 160 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados muestran que la aplicación de N en 120 kg ha<sup>-1</sup> es la mejor respuesta en términos de rendimiento, dosis superiores a ésta presentan rendimientos decrecientes en el cultivo de cebada, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N.



**Gráfico 1-3.** Modelos de N Lineal y N Cuadrático para ajustar los rendimientos del cultivo de cebada en t ha<sup>-1</sup> en la comunidad Puculpala.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### 3.1.1.2. Porcentaje de acame

El análisis de varianza de la variable porcentaje de acame del cultivo de cebada en t ha<sup>-1</sup> se muestra en la Tabla 3-3. Los tratamientos en estudio, así como los polinomios ortogonales N Lineal, N Cuadrático y N Cúbico mostraron respuestas estadísticas altamente significativas (Pr≤0.01), en cambio el N Cuártico mostró diferencias estadísticas significativas (Pr≤0.05), lo que evidencia

que el acame del cultivo fue influenciado por los niveles de N evaluados. El coeficiente de variación para la variable porcentaje de acame en el cultivo de cebada equivalente a 25.21%, muestra que el experimento se condujo con absoluta normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación; es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco de los promedios de los tratamientos con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen, como los procesos que se producen en el suelo y ambiente.

**Tabla 3-3:** Análisis de varianza para el porcentaje de acame del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala, provincia de Chimborazo, 2022.

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	14		
Repeticiones	2	0.47	0.9686 ns
Tratamientos	(4)	1576.1	0.0001 **
N Lineal	1	4489.63	0.0001 **
N Cuadrático	1	1405.93	0.0001 **
N Cúbico	1	276.03	0.0024 **
N Cuártico	1	132.8	0.0165 *
Error Experimental	8	14.55	
<b>CV (%)</b>		<b>25.21</b>	
<b>Promedio (%)</b>		<b>15.13</b>	

\*\* Estadísticamente: altamente significativo ( $P \leq 0.01$ ); \* significativo ( $P \leq 0.05$ ); ns no significativo ( $P \geq 0.05$ ).

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

En la Tabla 4-3 se muestran los promedios y la prueba de LSD al 5% para la variable porcentaje de acame del cultivo de cebada. Para los tratamientos en estudio, se presentan tres rangos de significación, encontrándose en el rango **a** el tratamiento con dosificación de N 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>), en el rango **b** los tratamientos con incorporación de N 80 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>3</sub>) y N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), y en el rango **c** los tratamientos con aplicación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>) y el tratamiento con aplicación de N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>).



**Tabla 4-3:** Promedios y pruebas de LSD al 5% para el porcentaje de acame en el cultivo de cebada en la comunidad Puculpala.

Tratamientos en estudio	Porcentaje de acame (%)
T5 = Nitrógeno 160 kg ha <sup>-1</sup>	55.00 a
T4 = Nitrógeno 120 kg ha <sup>-1</sup>	12.33 b
T3 = Nitrógeno 80 kg ha <sup>-1</sup>	8.33 b
T2 = Nitrógeno 40 kg ha <sup>-1</sup>	0.00 c
T1 = Nitrógeno 0 kg ha <sup>-1</sup>	0.00 c

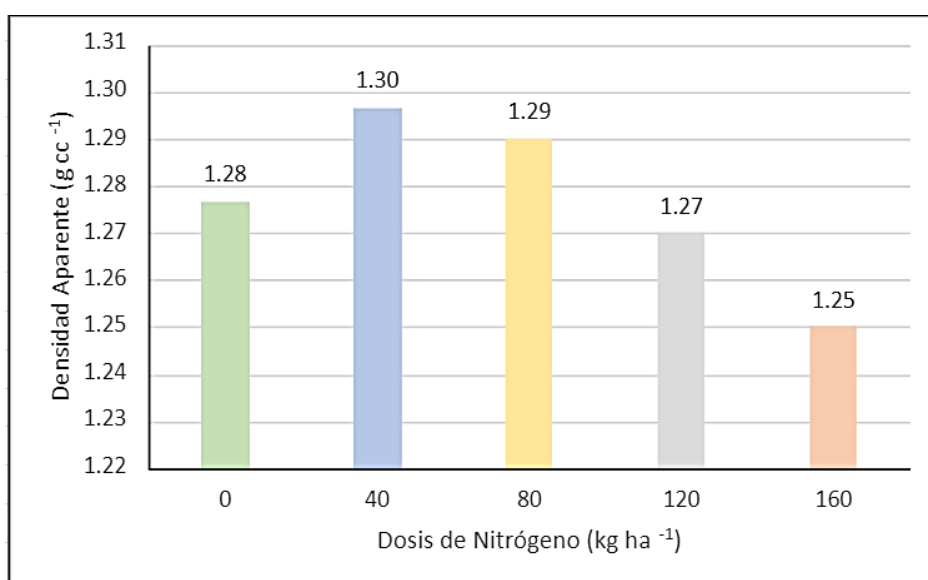
Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $Pr \leq 0.05$ )

Realizado por: Cunalata J., 2022

### 3.1.2. Propiedades físicas y químicas de suelos

#### 3.1.2.1. Densidad aparente

En el Gráfico 2-3 se puede apreciar la respuesta nula de la densidad aparente respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha<sup>-1</sup>. Lo que quiere decir que la aplicación de N desde 0 hasta 160 kg ha<sup>-1</sup> no tiene influencia sobre esta propiedad física del suelo, misma que solo presenta cambios al ser afectada por acciones físicas y mecánicas, en la agricultura usualmente utilizadas y conocidas como labranza.

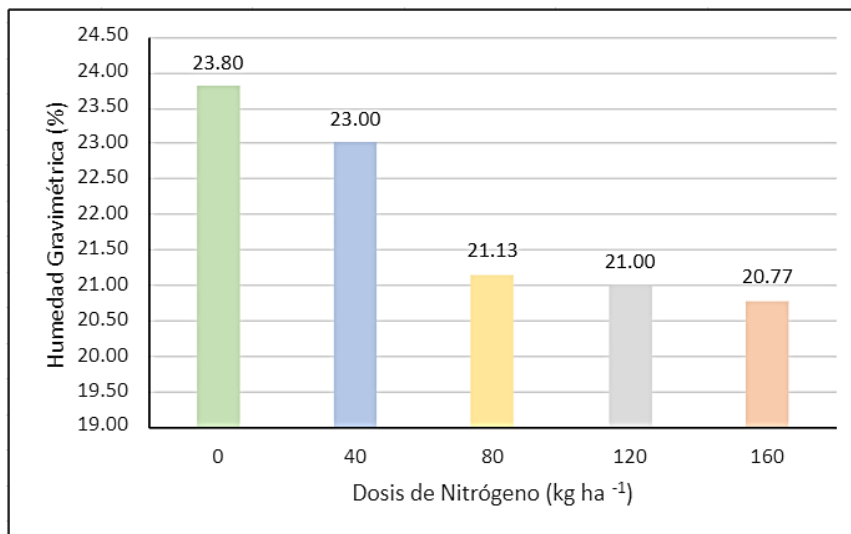


**Gráfico 2-3.** Respuesta de la densidad aparente a la aplicación de diferentes dosis de N en kg ha<sup>-1</sup>.

Realizado por: Cunalata J., 2022

### 3.1.2.2. Humedad gravimétrica

En el Gráfico 3-3 se puede apreciar la respuesta de la humedad gravimétrica respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en  $\text{kg ha}^{-1}$ . Evidenciando una diferencia de 3.03% de humedad gravimétrica entre el de mayor humedad gravimétrica (23.8%) y el tratamiento que no tuvo N, el de menor humedad gravimétrica (20.77%) obtenida con la aplicación de 160  $\text{Kg ha}^{-1}$  de N. Lo que quiere decir que a mayor aplicación de N menor será la humedad gravimétrica presente en el suelo.

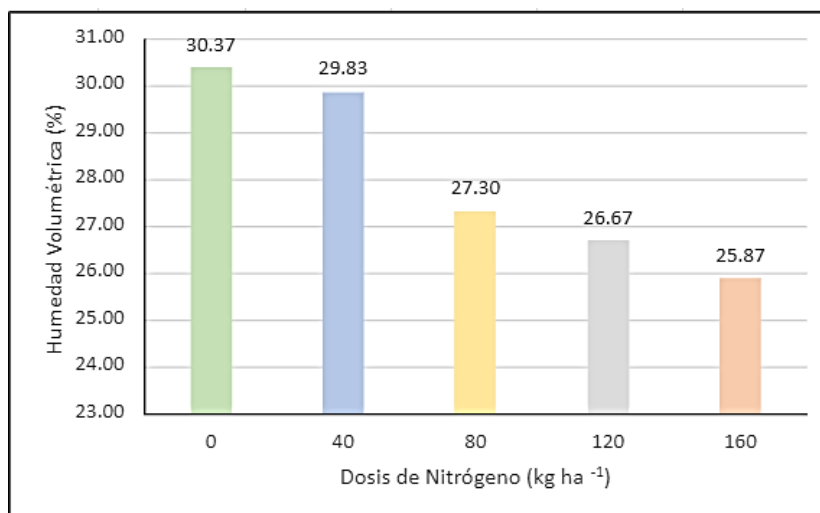


**Gráfico 3-3.** Respuesta de la humedad gravimétrica a la aplicación de N en  $\text{kg ha}^{-1}$  en la comunidad Puculpala.

Realizado por: Cunalata J., 2022

### 3.1.2.3. Humedad volumétrica

En el Gráfico 4-3 se puede apreciar la respuesta de la humedad volumétrica respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en  $\text{kg ha}^{-1}$ . Evidenciando una diferencia de 4.5% de humedad volumétrica entre el de mayor humedad volumétrica (30.37%) conseguida con la aplicación de N de 0  $\text{kg ha}^{-1}$  y el de menor humedad volumétrica (25.87%) obtenida con la aplicación de 160  $\text{Kg ha}^{-1}$  de N. Lo que quiere decir que a mayor aplicación de N menor será la humedad volumétrica presente en el suelo.

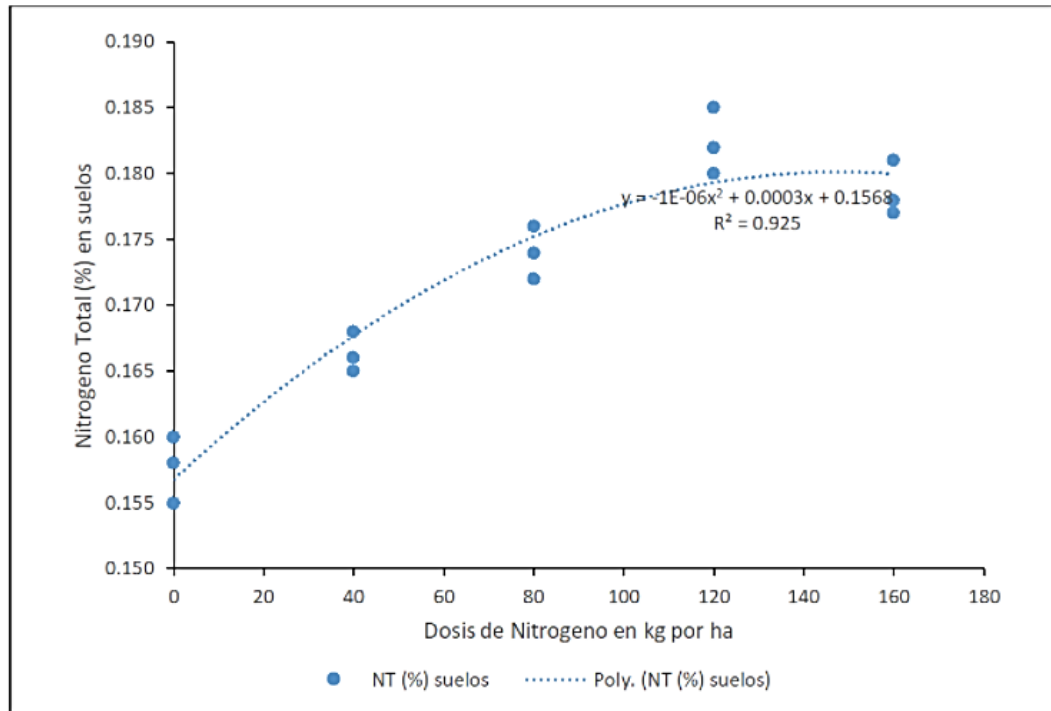


**Gráfico 4-3.** Respuesta de la humedad volumétrica a la aplicación de N en kg ha<sup>-1</sup> en la comunidad Puculpala.

Realizado por: Cunalata J., 2022

#### 3.1.2.4. Nitrógeno total

En la Gráfico 5-3 se puede apreciar la respuesta de N Cuadrático del Nitrógeno Total (%) respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en kg ha<sup>-1</sup>. El ajuste de los datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0.925$ . El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de Nitrógeno Total presente en el suelo se consigue con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, con un valor de 0.182%, llegando a 0.179% con una dosis de 160 kg ha<sup>-1</sup>. Lo que quiere decir que la aplicación de N hasta 120 kg ha<sup>-1</sup> es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes e iguales de Nitrógeno Total presentes en el suelo, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N ya que solo generará gastos innecesarios, pérdida microbiana.

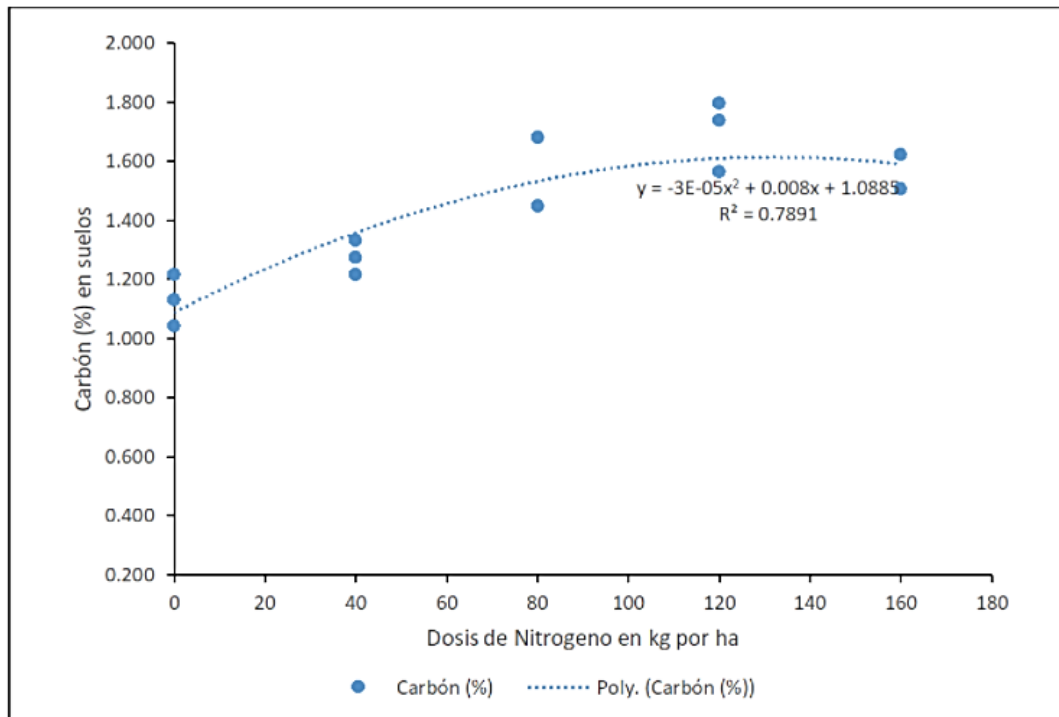


**Gráfico 5-3:** Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de nitrógeno total presente en el suelo de la comunidad Puculpala.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### 3.1.2.5. Carbono orgánico total

En la Gráfico 6-3 se puede apreciar la respuesta de N Cuadrático del Carbono (%) respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en  $\text{kg ha}^{-1}$ . El ajuste de los datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0.789$ . El modelo N Cuadrático permite valorar que la mejor respuesta de Carbono presente en el suelo se consigue con la dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, con un valor de 1.70%, llegando a 1.55% con una dosis de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ . Lo que quiere decir que es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes de Carbono en el suelo, por lo que se sugiere no aplicar mayor cantidad de N ya que solo generará gastos innecesarios, contaminación de las aguas subterráneas, salinización de la capa arable.

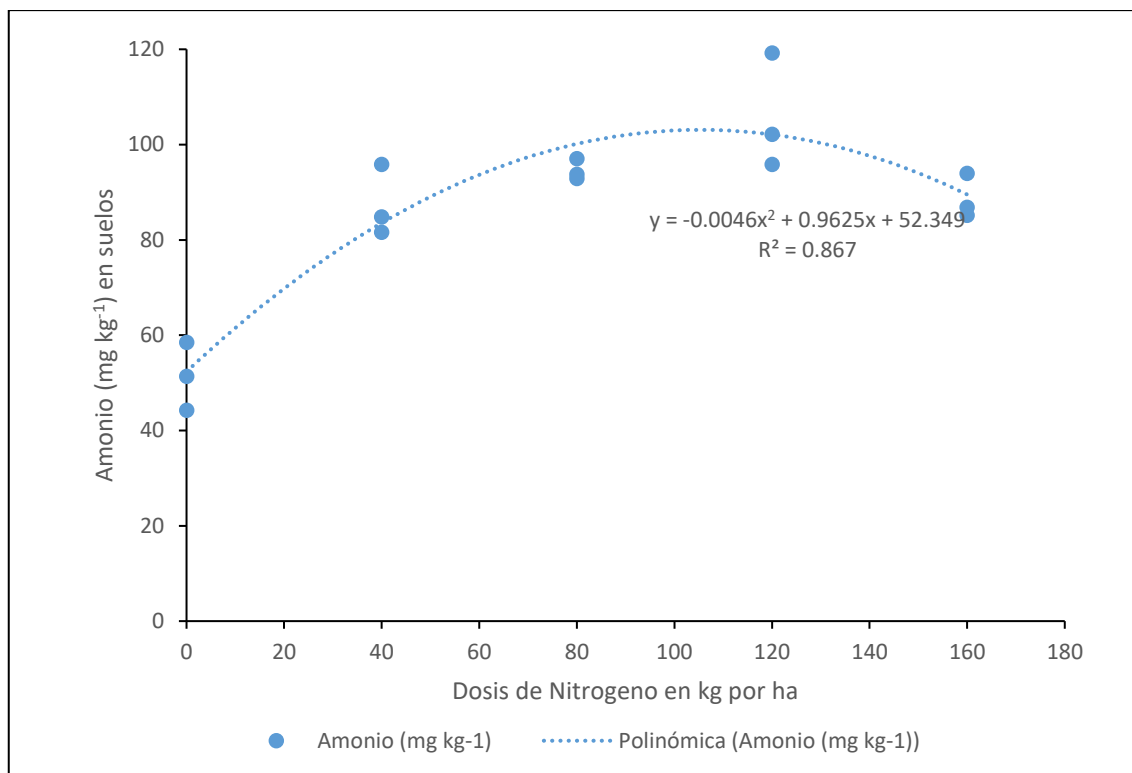


**Gráfico 6-3.** Modelo de N Cuadrático para ajustar el contenido de carbono presente en el suelo de la comunidad Puculpala.

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

### 3.1.2.6. Amonio

En la Gráfico 7-3 se puede apreciar la respuesta de N Cuadrático del Amonio en  $\text{mg kg}^{-1}$  respecto a la aplicación de las diferentes dosis de N en  $\text{kg ha}^{-1}$ . El ajuste de los datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0.867$ . El modelo N Cuadrático permite apreciar que la mejor respuesta de Amonio presente en el suelo se consigue con la dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, con un valor de  $105.72 \text{ mg kg}^{-1}$ , llegando a  $88.64 \text{ mg kg}^{-1}$  con una dosis de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estos resultados muestran que la aplicación de N hasta  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  es la mejor respuesta en términos químicos del suelo, dosis superiores a ésta presenta cantidades decrecientes de Amonio presentes en el suelo, por lo que se sugiere no seguir aplicando mayor cantidad de N, para así evitar posible contaminación de agua subterráneas y pérdida de la fauna microbiana.



**Gráfico 7-3.** Modelo de N Cuadrático para ajustar la cantidad de Amonio presente en el suelo de la comunidad Puculpala.

Realizado por: Cunalata J., 2022

### 3.1.3. Económico

Los análisis de varianza de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> se muestran en la Tabla 5-3. Para las tres variables, los tratamientos en estudio y los polinomios ortogonales N Lineal y N Cuadrático mostraron respuestas estadísticas altamente significativas ( $Pr \leq 0.01$ ), así como también se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $Pr \leq 0.05$ ) para el polinomio ortogonal N Cúbico en las variables beneficio bruto y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup>. Lo señalado anteriormente para las variables en investigación, evidencia que los costos y beneficios del cultivo de cebada fueron influenciados por los niveles de fertilización nitrogenada aplicada.

Los coeficientes de variación de las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> (Tabla 5-3), muestran que el experimento se condujo con normalidad, dando relevancia al manejo que le correspondía a cada tratamiento en investigación, es decir que, el error experimental mostrado en el análisis de varianza es intrínseco de los promedios de los tratamientos con respecto al promedio general y de otros factores que se desconocen, como los procesos que se producen en el suelo.

**Tabla 5-3:** Análisis de varianza para evaluar las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala.

Fuentes de variación	Grados de	Cuadrados Medios		
	Libertad	Beneficio Bruto	Costo Total	Beneficio Neto
Total	14			
Repeticiones	2	183242.4 ns	2129.27 ns	146224.87 ns
Tratamientos	(4)	1559157.6 **	69532.83 **	1034536.43 **
N Lineal	1	258442.8 **	229687.5 **	1261980.3 **
N Cuadrático	1	3176250.0 **	44102.88 **	2471802.88 **
N Cúbico	1	455347.2 *	3740.83 ns	37654.03 *
N Cuártico	1	36590.4 ns	600.12 ns	27818.52 ns
Error Experimental	8	64450.65	872.43	51005.03
<b>CV (%)</b>		<b>6.93</b>	<b>2.56</b>	<b>8.88</b>
<b>Promedio USD ha<sup>-1</sup></b>		<b>3665</b>	<b>1123</b>	<b>2542</b>

\*\* Estadísticamente: altamente significativo (P≤0.01); \* significativo (P≤0.05); ns no significativo (P≥0.05).

Realizado por: Cunalata J., 2022

Los promedios y las pruebas de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> se muestran en la Tabla 6-3. Para las variables beneficio bruto y beneficio neto se muestran tres rangos de significación, **a**, **b** y **c**, encontrándose en el rango **a** los tratamientos con incorporación de N 80 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>3</sub>) y N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), en el rango **b** los tratamientos con aplicación de N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>) y N 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>), y en el rango **c** el tratamiento con dosificación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>). Para la variable costo total se muestra cuatro rangos de significación, **a**, **b**, **c** y **d**, encontrándose solo en el rango **a** el tratamiento con suministro de N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), en el rango **ab** la dosis de N 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>), en el rango **b** el tratamiento con dosis de N 80 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>3</sub>), en el rango **c** la dosificación de N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>) y en el rango **d**, el tratamiento con aplicación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub> o testigo).

**Tabla 6-3:** Promedios y prueba de LSD al 5% para las variables beneficio bruto, costo total y beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup> del cultivo de cebada en la comunidad Puculpala.

<b>Tratamientos en estudio</b>	<b>Beneficio Bruto (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Costo Total (USD ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Beneficio Neto (USD ha<sup>-1</sup>)</b>
= Nitrógeno 0 kg ha <sup>-1</sup>	2640 c	893 d	1747 c
= Nitrógeno 40 kg ha <sup>-1</sup>	3454 b	1053 c	2401 b
= Nitrógeno 80 kg ha <sup>-1</sup>	4136 a	1178 b	2958 a
= Nitrógeno 120 kg ha <sup>-1</sup>	4532 a	1272 a	3260 a
= Nitrógeno 160 kg ha <sup>-1</sup>	3564 b	1221 ab	2343 b

Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ )

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

## 3.2. Discusión de los resultados

### 3.2.1. Agronómicas

#### 3.2.1.1. Rendimiento

Del análisis de los resultados obtenidos para la variable rendimiento del cultivo de cebada en t ha<sup>-1</sup>, se puede señalar que incrementar las dosis de fertilización nitrogenada hasta los 120 kg ha<sup>-1</sup>, sí contribuye a aumentar los rendimientos del cultivo. La experiencia que se obtuvo en esta investigación es que a partir de dosis superiores de la aplicación de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N los rendimientos son decrecientes, por lo que no amerita seguir aplicando N. En el cultivo de cebada su aporte en exceso retrasa la maduración, afecta el contenido de almidón en el grano y provoca la aparición del fenómeno de acame creciendo con el incremento de la fertilización nitrogenada. La tendencia mostrada en el mejoramiento del rendimiento en el cultivo de cebada es consistente con la tendencia producida en los beneficios brutos y netos obtenidos en esta investigación, que señalan que la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup>, incrementa esos beneficios en comparación con las prácticas en donde se utiliza dosis de 0, 40, 80 y hasta 160 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Estos resultados guardan una pequeña relación con el tumbado (acame) presentado durante la formación del grano ya que se evidencia resultados variables en los tratamientos según la cantidad de N. (Rawson y Gómez, 2001 citados en Rivera, E., 2017 p. 31) “señala que el rendimiento puede reducirse más del 1% por cada día que el cultivo se encuentre tendido”. Es importante aclarar que para el respectivo análisis se apartó el porcentaje de acame. Los rendimientos obtenidos con los diferentes tratamientos han superado el rango establecido por Rivadeneira et al. (2003: pp. 2-5) quien afirma que la producción de cebada variedad Cañicapa en una hectárea está en el rango



productivo 3 – 5 ton ha<sup>-1</sup>, esos mismos resultados superan los rendimientos obtenidos por Ponce L. et al. (2020: pp. 17-19) quienes comentan que en la actualidad en la Sierra ecuatoriana la producción media de cebada está en 1.3 t ha<sup>-1</sup>. Reafirmando así que la nutrición vegetal a base de nitrógeno si influye positivamente en la producción final del cultivo.

De los niveles de N evaluados, la dosis óptima biológica y económica fue de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, misma que fue la más aceptada por los productores de la Comunidad Puculpala donde se realizó la investigación, quienes ya comenzaron a utilizarla en el establecimiento de su cultivo de cebada.

### *3.2.1.2. Porcentaje de acame*

Los resultados muestran que el porcentaje de acame del cultivo de cebada, se incrementó en un 100% al pasar de los tratamientos con dosis de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>) y N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>), al tratamiento con aplicación de N 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>), que fue el que presentó mayor porcentaje de acame; es decir que, al incrementar las dosis de fertilización desde 0 hasta 160 kg ha<sup>-1</sup> de N permite el fenómeno de acame en el cultivo de cebada. La experiencia final que se obtuvo en esta investigación es que a partir de la aplicación de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N los porcentajes de acame son crecientes, por lo que no amerita seguir aplicando N en este caso. En base a lo anterior se puede señalar que hacer incorporaciones de nitrógeno desde 80 kg ha<sup>-1</sup> hasta 160 kg ha<sup>-1</sup> en el cultivo de cebada y exclusivamente en la zona de estudio, son dosis excedentes en nitrógeno y por ende dan lugar al tumbado del cultivo. Así lo explica Arcos (2013, p. 68) al decir que en los cereales un exceso de nitrógeno puede promover el debilitamiento de los tallos y con ellos promover el encame, produciendo cosechas de bastante baja calidad.

Lo que se busca es que el valor del acame o tumbado sea el menor posible ya que su opuesto trae diversas desventajas así como: llenado de grano inadecuado (debido a que se presenta una baja actividad fotosintética al existir sombra en las aristas y la hoja bandera por otras plantas), dificultades al momento de cosecha y trilla (llevará más tiempo la recolección de e involucraría un mayor uso de jornales), reflejaría menor calidad en la paja (significativo en zonas de la Sierra con presencia de granizo o lluvias) o podría manifestarse en la planta una susceptibilidad a la incidencia de plagas y enfermedades (sensible al ataque de insectos y hongos en la zona radicular) (Baldoceca, A., 2015. p. 106).

### **3.2.2. *Propiedades físicas y químicas del suelo***

#### **3.2.2.1. *Densidad aparente***

Del análisis de resultados obtenidos para la variable densidad aparente en el suelo del cultivo de cebada, se puede expresar que la aplicación de dosis de N desde 0 hasta 160 kg ha<sup>-1</sup>, no tiene influencia sobre esta propiedad física, debido a que los cambios que se producen en esta variable solo obedecen a acciones producidas de maneja física y mecánica. En las actividades agrícolas estas acciones pueden ser: la labranza, modificaciones del suelo, erosión entre otras. Es clave mencionar que la densidad aparente manifiesta el contenido total de porosidad y es sustancial para el manejo del suelo ya que muestra la compactación y la facilidad de circulación del agua y el aire, sin tomar en cuenta la química del suelo (Suquilanda M., 2017, p.31).

Así también Jaramillo (2002, p. 186) en sus investigaciones considera que para el cálculo de la densidad aparente es primordial el espacio ocupado por los poros al medir el volumen de la muestra de suelo, motivo por el cual es dependiente de la distribución en que se halle la parte sólida del mismo y está afectada por su textura, su estructura, cantidad de materia orgánica, humedad (especialmente alta presencia de materia expansiva) y su nivel de compactación.

#### **3.2.2.2. *Humedad gravimétrica***

La experiencia que se tuvo en el análisis de resultados para esta variable es que a mayor incorporación de nitrógeno menor cantidad de humedad gravimétrica presenta el suelo. Es así que los resultados muestran que el contenido de humedad decreció en un 13% al pasar del tratamiento con aplicación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>), al tratamiento que recibió N en cantidad de 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>) que fue el que menor humedad gravimétrica presentó. El agua es el medio universal donde ocurre procesos químicos, por lo que se presume que su intervención y a la vez una menor presencia en ciertos tratamientos se debe a que la aplicación de fertilizantes nitrogenados produce reacciones químicas como amonificación y nitrificación. Con buena aireación, humedad del suelo superior al 70% de la capacidad de retención capilar del agua, temperatura de 25 a 30 grados y pH de 6.2 a 8.2, la nitrificación sucede intensivamente, comenta Arcos (2013, p. 64).

#### **3.2.2.3. *Humedad volumétrica***

Los resultados muestran que al igual que la humedad gravimétrica existe una tendencia de que a mayor cantidad de nitrógeno hay menor presencia de humedad volumétrica en el suelo. Se

experimentó una reducción en un 15% al pasar del tratamiento con cantidad de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>), al tratamiento con aplicación de N 160 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>5</sub>), que fue el que menor humedad volumétrica demostró. Presumimos también al igual que la humedad gravimétrica, que la pérdida de agua en ciertas parcelas se debe a que este es el medio donde ocurre las reacciones químicas al incorporar abonos nitrogenados. “La amonificación se ve favorecida cuando los suelos son bastante húmedos, bien aireados y drenados, además cuando en él existen una gran cantidad de sales alcalinas especialmente de calcio” (Arcos F. 2013, p. 63).

#### 3.2.2.4. Nitrógeno total

Los resultados muestran que el modelo N Cuadrático permite tener una mejor apreciación de los datos obtenidos, donde se determinó que la mayor cantidad de nitrógeno total presente en el suelo se alcanzó con el tratamiento de N en cantidad de 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>); hay que ratificar que la incorporación de dosis de fertilización nitrogenada superiores a los 120 kg ha<sup>-1</sup>, no contribuye a incrementar los contenidos de nitrógeno total en el suelo después en el suelo, ya que los resultados muestran contenidos iguales e incluso inferiores. El ajuste de datos a este modelo fue de  $R^2 = 0.925$ .

Los valores obtenidos por la aplicación de N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), forma parte del rango normal de nitrógeno total presente en el suelo como lo explica Arcos (2013. p. 60) quien menciona que la cantidad de nitrógeno total a la altura de la capa arable está comprendida en el rango de 0.02 a 0.4 %, y en suelos orgánicos puede ir de 2 - 5 %. El nitrógeno inorgánico o mineral presente en el suelo representa el 5% del nitrógeno total. Este último es inestable durante el ciclo del cultivo, las formas inorgánicas encierran al NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y N. El contenido de este elemento depende de las situaciones meteorológicas (temperatura - precipitación), textura, topografía, actividad agrícola, profundidad de la capa arable, etc.

#### 3.2.2.5. Carbono orgánico total

Del análisis de los resultados para la variable Carbono (%) en el suelo, se puede señalar que incrementar la dosis de fertilización nitrogenada hasta los 120 kg ha<sup>-1</sup>, sí contribuye a incrementar los contenidos de este elemento en el suelo. En el Gráfico 6-3 se puede ver que el modelo N Cuadrático ayuda a tener una mejor apreciación de los resultados, a la vez muestra que el ajuste de datos a ese modelo fue de  $R^2 = 0.789$ . La experiencia obtenida en el ensayo para esa variable es que a partir de la aplicación de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N las cantidades de Carbono orgánico total (%) son decrecientes, por lo que no amerita seguir aplicando N.

Es importante también mencionar que el intercambio de carbono del suelo y de la atmósfera es efecto de la fotosíntesis y la respiración, así como emisión de gases por acción del hombre. (Rügnitz et al., 2009 citados en Urbano, 2018. pp. 83-87) El ciclo del carbono se inicia con la fijación del dióxido de carbono atmosférico mediante la fotosíntesis, el CO<sub>2</sub> y el agua reaccionan para formar carbohidratos liberando O<sub>2</sub> al ambiente. Parte de los carbohidratos es utilizado en la creación de energía a la planta y el dióxido de carbono que así se forma, se libera a través de sus hojas o de sus raíces, de este último su acumulación es en el suelo. En correspondencia con lo anterior hay que indicar que en el suelo ocurre respiración, produciendo CO<sub>2</sub>, mismo que es importante porque es indicativo de la tasa de descomposición de la materia orgánica y, en consecuencia, de la cantidad de carbono que se pierde del sistema suelo (Lessard et al., 2006 citados en Urbano, 2018. pp. 83-87).

#### 3.2.2.6. *Amonio*

Los resultados del Gráfico 7-3 muestran que la aplicación de diferentes dosis de N desde 0 hasta 120 Kg ha<sup>-1</sup>, si favorece a extender los niveles de amonio en el suelo. Pero, por el contrario, aportes del elemento N superiores a 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>) a quien se lo definimos como el tratamiento óptimo, merma los contenidos de Amonio en el suelo por lo que es recomendable la no incorporación adicional de N. También se puede mencionar que el mejor modelo para presentar esta analogía es el N Cuadrático, quien muestra un R<sup>2</sup> = 0.867 para el ajuste de datos.

El segundo proceso importante en el ciclo del nitrógeno es la amonificación, que está dada por la acción enzimática de los microorganismos, formando el nitrógeno amoniacal o el amoníaco. Este proceso es aventajado cuando los suelos son bien aireados y drenados, además cuando en él hay gran presencia de Calcio. El ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) resultante puede poseer los consecutivos destinos: ser utilizado por las plantas, ser fijado por la parte coloidal del suelo, ser estancado (utilizado por los microorganismos) y puede seguir la mineralización en el procedo de la nitrificación (Arcos, F. 2013 p. 63).

#### 3.2.3. *Económico*

Los resultados muestran que el beneficio bruto en USD ha<sup>-1</sup>, se incrementó en 72% y 31%, al pasar de los tratamientos con dosis de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>) y N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>) al tratamiento con aplicación de N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), respectivamente, que fue el tratamiento con mayor beneficio bruto; el costo total en USD ha<sup>-1</sup>, se incrementó en 42% y 21%, al pasar de los tratamientos con

suministro de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>) y N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>) al tratamiento con dosificación de N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>4</sub>), que fue el tratamiento con mayor costo total; y, el beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup>, se incrementó en 87% y 36%, al pasar de los tratamientos con aplicación de N 0 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>1</sub>) y N 40 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>), al tratamiento con cantidad de N 120 kg ha<sup>-1</sup> (T<sub>2</sub>), respectivamente, que fue el tratamiento con mayor beneficio neto. Esto muestra que al incrementar las dosis de fertilización desde 0 hasta 120 kg ha<sup>-1</sup> de N se puede obtener mejores beneficios brutos y beneficios netos en el cultivo de cebada; en cambio, al incrementar las dosis de fertilización desde 0 hasta 160 kg ha<sup>-1</sup> de N se incrementan los costos totales en el cultivo de cebada.

Es importante señalar que el uso de N incrementa los costos totales en USD ha<sup>-1</sup> en comparación al no uso de N, pero se ve reflejada la inversión en los mejores beneficios obtenidos con la aplicación de N hasta el nivel de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados obtenidos son de vital importancia para incentivar e inferir a los productores a utilizar las dosis óptimas económicas de N, mostrándoles que los beneficios para el suelo serán relevantes en un futuro inmediato, debido a que permitirá mejorar la disponibilidad de nutrientes y la humedad del suelo, como lo señalan Thierfelder y Wall (2010: pp. 309-325) y Farooq *et al.* (2011: pp. 172-183), respectivamente; también permitirá obtener los mejores beneficios económicos que servirán para que la familia mejore su calidad de vida.

Los beneficios más tangibles de la fertilización nitrogenada para los productores fue el incremento significativo en los rendimientos y en los beneficios netos, a pesar de los costos que estos representan en comparación con la no aplicación de N.

## CONCLUSIONES

La investigación sobre la “Determinación de las mejores dosis de fertilización nitrogenada en el cultivo de cebada (*Hodeum vulgare* L.) variedad Cañicapa en la comunidad Puculpala”, probó la hipótesis que la fertilización nitrogenada muestra un beneficio positivo en el rendimiento en t ha<sup>-1</sup> del cultivo de cebada y el beneficio neto en USD ha<sup>-1</sup>. Es evidente que el uso de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, es la mejor dosis de fertilización para incrementar el rendimiento y los beneficios netos, que se ven reflejados en el aumento del rendimiento del cultivo de cebada en al menos 72%, al pasar del no uso de N hasta el nivel de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Con respecto a la física y química de suelos se concluye que las dosis de fertilización nitrogenada no tienen influencia en la parte física ya que esta obedece a acciones como su palabra mismo lo dice a acciones físicas y también mecánicas. Pero, por el contrario, en la parte química si se evidencia influencias significativas en la acumulación de moléculas como nitrógeno total, carbono orgánico total y amonio.

Aunque los agricultores son conscientes del impacto ambiental de las prácticas de manejo del N, las consideraciones económicas son los principales motores para adoptar estas prácticas o no; por lo que, el incremento del 87% en el beneficio neto, que representa el uso del N en comparación con la práctica de no uso del N, puede ser motivador para su adopción. Es importante que los estudios de investigación en colaboración con los productores sigan proporcionando información de los beneficios del uso del N, para mejorar la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola de esta comunidad.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer uso de la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N para mejorar en un 72% la productividad y en un 87% los beneficios netos en el cultivo de cebada en la zona de estudio y sus alrededores más cercanos con similitudes ambientales.

En el estudio de nutrición vegetal con abonos nitrogenados realizar nuevas dosificaciones del fertilizante individual o/y asociado a Fósforo y Potasio para mejor los rendimientos productivos y económicos, y corroborar la influencia del nutriente sobre la composición física y química del suelo.

Realizar comparaciones entre fertilizantes nitrogenados de origen sintético para identificar la eficiencia de cada uno y sus beneficios para el suelo y ambiente.

Realizar fertilizaciones utilizando abonos de origen orgánico y diferentes dosificaciones para reducir el uso de fertilizantes de origen sintético y así contribuir a mitigar los efectos del cambio climático, evitar posibles contaminaciones de aguas subterráneas y pérdida de la fauna microbiana.

## **GLOSARIO**

**Acame:** Fenómeno de la pérdida de erección de una planta por efectos ambientales. También conocido como tumbado.

**Amonificación:** Formación de nitrógeno amoniacal o amoniaco por acción enzimática de macroorganismos (Arcos F. 2013. p. 63).

**Carbono:** Elemento abundante de la naturaleza importante para formación de carbohidratos en la planta.

**Densidad aparente:** “La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad y es importante para el manejo del suelo ya que refleja la compactación y la facilidad de circulación del agua y el aire” (Suquilanda M. 2017. p. 31).

**Desnitrificación:** Pérdida de nitrógeno del suelo a la atmósfera por reducción bioquímica de nitratos en condiciones anaeróbicas (Florencia M., et al. 2019: pp. 1-5)

**Lixiviación:** Arrastre de materiales (nutrientes) a través de los horizontes del suelo.

**Microcuenca:** “Es aquella cuenca cuya área de drenaje es menor a 500 Km<sup>2</sup>” (GOV.CO)

**Nitrógeno:** “El nitrógeno es uno de los elementos más presentes en la naturaleza y más importantes en la nutrición de las plantas” (Suquilanda M. 2017. p. 35).

**Urea:** Abono de mayor concentración entre los fertilizantes nitrogenados sólidos (Arcos F. 2013. p. 79). Contiene 46% de nitrógeno en su fórmula.

**Volatilización:** Pérdida de nutrientes por acción de la temperatura.



## BIBLIOGRAFÍA

**AGROMATICA.** *El cultivo de la cebada* [blog]. 2012 [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.agromatica.es/el-cultivo-de-la-cebada/>

**AGROMONEROS.** *Propiedades nutricionales de la cebada* [blog]. Leciñena – Zaragoza, 2021 [Consulta: 27 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.agromonegros.com/blog/propiedades-nutricionales-de-la-cebada>

**AGRONEWS CASTILLA Y LEÓN.** *Descubren que el gen que determina la floración en el trigo y la cebada también determina el crecimiento de la raíz* [blog]. 2017 [Consulta: 10 de septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.agronewscastillayleon.com/descubren-que-el-gen-que-determina-la-floracion-en-el-trigo-y-la-cebada-tambien-determina-el>

**AGUADO, M.** “La Cebada”. *Hojas divulgativas Ministerio de Agricultura de España*, n° 57, (1957), (Madrid -España) pp. 2-3.

**ALVARADO, S.; CÓRDOVA, J.; LÓPEZ, M.** *Metodologías de análisis físico químico de suelo, aguas y foliares*. Quito – Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, 2000, pp. 5-58.

**ALWANG, Jeffrey, et al.** “Conservation agriculture in the Andean highlands: Promise and precautions”. *En The future of mountain agriculture*. Springer, Berlin, Heidelberg, (2013) pp. 21-38.

**ARCOS, F.** “Texto básico, Fertilización”. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, (2013), (Riobamba-Ecuador) pp. 60-79.

**ARRIEN, I.** *Fertilizantes en Ecuador* [blog]. Quito-Ecuador, ICEX España exportación e inversión, 2018 [Consulta: 12 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.icex.es>

**BALDOCEDA A.** Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 2015. p. 106.

**BARRERA, V.; et al.** “Conservation agriculture increases yields and economic returns of potato,

forage, and grain systems of the Andes”. *Agronomy Journal*, vol. 111, no 6, (2019) pp. 2747-2753.

**BARRERA, V.; et al.** “Integrated management of natural resources in the Ecuador Highlands”, *Agricultural Sciences*, vol. 3, no. 5, (2012), pp. 768-779.

**CAJAMARCA B. & MONTENEGRO S.** Selección de una línea promisor de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Bio-fortificada, de grano descubierto y bajo condiciones en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. 2015. p. 5

**CAÑADAS, L.** *El Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador*. Quito-Ecuador: Programa Nacional de Regionalización -PRONAREG- y Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG, 1983. p. 36.

**CHASE, A., & LUCES, Z.** *Primer libro de las gramíneas*. Caracas-Venezuela: Instituto de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1971, p. 18.

**CIMMYT.** “La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica”. *México: CIMMYT*, (1988), (México D.F.) p. 93.

**CORONEL, J., Y JIMÉNEZ, C.** “Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur”. *INIAP: Estación Experimental del Austro*, n° 404, (2011), (Cuenca-Ecuador) p. 30.

**DELGADO, J. A., et al.** “Conservation agriculture increases profits in an Andean region of South America”, *Agrosystems, Geosciences & Environment*, vol. 2, no 1, (2019) pp. 1-8.

**ENCICLOPEDIA CONCEPTO.** *Ciclo del nitrógeno* [blog]. Editorial Etecé, 2021 [Consulta: 10 septiembre 2021]. Disponible en: <https://concepto.de/ciclo-del-nitrogeno/>

**ESCUADERO, Luis, et al.** “A new nitrogen index for assessment of nitrogen management of Andean Mountain cropping systems of Ecuador”, *Soil science*, vol. 179, no 3, (2014), pp. 130-140.

**FALCONÍ, E., et al.** El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. *INIAP: Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales*, n° 390. (2010). p. 18.

**FAROOQ, Muhammad, et al.** “Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture”. *Soil and tillage research*, vol. 117, (2011) pp. 172-183.

**FLORENCIA BENIMELI R., CORBELLA R. et al.** “El nitrógeno del suelo”. *Facultad de Agronomía y zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán*, (2019), (Argentina) pp. 1-5.

**GALLAGHER, Robert S., et al.** “Yield and Nutrient Removal in Potato-Based Conservation Agriculture Cropping Systems in the High Altitude Andean Region of Ecuador”. *Agronomy Journal*, vol. 109, no 5, (2017), pp. 1836-1848.

**GARCÍA, F.** Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización para altos rendimientos en la región pampeana Argentina. En *4º Conferencia Fertilizantes Cono Sur. British Sulphur. Porto Alegre Brasil*. 2002. pp. 18-20.

**GARÓFALO, J.** (2012). Extracción de nutrientes por el cultivo de cebada (trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2012. p. 4.

**GILABERT, J.; LÓPEZ, I; PÉREZ, R.** *Manual de métodos y procedimientos de referencia*. Maracay-Venezuela: Centro Nacional de Investigación Agropecuaria, 1990, p. 1.1-12.6.

**GOBIERNO DE MEXICO.** *Cebada, alimento del cuerpo y del alma* [blog]. México, 2021 [Consulta: 27 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cebada-alimento-del-cuerpo-y-del-alma>

**GOV.CO.** *Microcuena* [blog]. [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/microcuencas/>

**GUERRERO, A.** *Cultivos herbáceos extensivos*. Cuarta edición. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa, 1987.

**INFOAGRO.** *Cultivo de Cebada* [blog]. 2004 [Consulta: 26 agosto 2021]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>.

**INIAP.** “Guías de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del callejón interandino”. *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*, n° 127, (2009), (Quito-Ecuador) pp. 6-7.

**JARAMILLO D.**, *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002. p. 186.

**KEMPERS, A. J.** “Determination of sub-microquantities of ammonium and nitrates in soils with phenol, sodiumnitroprusside and hypochlorite”. *Geoderma*, vol. 12, no 3, (1974) pp. 201-206.

**MIKKELSEN, R.** “Emisiones de amoniaco de operaciones agrícolas”. *Informaciones Agronómicas*, vol. 79, (2010), pp. 24-27.

**MONAR, Carlos, et al.** “Positive impacts in soil and water conservation in an Andean region of South America: Case scenarios from a US Agency for International Development multidisciplinary cooperative Project”, *Journal of soil and water conservation*, vol. 68, no 1, (2013), pp. 25A-30A.

**PACHECO, M et al.** “Producción y mercado de la quinua en Bolivia”. *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura- IICA*, (2015), (La paz – Bolivia) p. 308.

**PALADINES, O.** Recursos forrajeros para los sistemas de producción pecuarios. Quito, EC. *Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas*, 2007, p. 22.

**PDOT.** “Diagnóstico”. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Parroquial Quimiag*. (2015), (Riobamba – Ecuador) pp. 38-44.

**PEÑAHERRERA, D.** “Manejo integrado de los cultivos de Trigo y Cebada. Módulo de capacitación para capacitadores. Modulo III”. *INIAP - Estación experimental Santa Catalina*, (2011), (Quito – Ecuador) p. 7.

**PEREZ E. & RODRIGUEZ D.** “Estudio fisico-químico para la formulación de un fertilizante líquido de composición completa”. *Revista Pensamiento Actual*, vol. 17. n° 29, (2017). (Costa Rica) p. 61.

**PÉREZ, J.** *La cebada* [blog]. Universidad Privada San Juan Bautista, 2010 [Consulta: 15 agosto 2021]. Disponible en: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/requerimientos-edafoclimaticos.html>

**PONCE L. et al.** *La CEBADA (Hordeum vulgare L.): Generalidades y variedades generadas para la Sierra Ecuatoriana*. 1era ed. Quito-Ecuador: INIAP, 2020. pp. 17-19.

**RIVADENEIRA M., et al.** “INIAP- Cañicapa 2003 La primera variedad de cebada con alto contenido de proteína”. *INIAP, Programa de Cereales*, n° 208, (2003), (Quito, Ecuador) pp. 4-5.

**RIVADENEIRA M., et al.** “INIAP-Cañari 2003 e INIAP-Quilotoa 2003: nuevas variedades de cebada para la Sierra Centro-Norte ecuatoriana” *INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales 2003*, n° 295, (2003), (Quito, Ecuador) pp. 2-5.

**RIVERA E.** Evaluación de un fertilizante nitrogenado de liberación controlada en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la granja experimental Yuyucocha (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2017. p. 24.

**ROSALES J.** El cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) y sus principales plagas y enfermedades (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía, Buenavista, Mexico. 1999. p. 4.

**SADEGHIAN S.** “Efectos de la fertilización con nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos en cultivos de café”, *Cenicafe*, (2003) pp. 242-257.

**SEIEM.** *Emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a las fertilizaciones con Urea* [blog]. ESPAÑA, Sistema Español de Inventario de Emisiones Metodologías de estimación de emisiones, 2018 [Consulta: 12 agosto 2021]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/100101-6-emisiones-fertilizacion-urea\\_tcm30-481947.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/100101-6-emisiones-fertilizacion-urea_tcm30-481947.pdf)

**SMIL, V.** “Long-range Perspectives in Inorganic Fertilizers in Global Agriculture”. *Travis P. Hignett Lecture IFDC*, (1999), (Alabama-Unit States of American) p. 108.

**SUQUILANDA M,** *Manejo agroecológico de suelo*. 1er edición. Quito, Ecuador: Medios Públicos EP, 2017. pp. 31-35.

**THIERFELDER, C.; WALL, P. C.** “Rotation in conservation agriculture systems of Zambia: effects on soil quality and water relations”. *Experimental agriculture*, vol. 46, no 3, (2010) pp. 309-325.

**TORRES GUTIÉRREZ, R.** *Incrementos de la fijación biológica del nitrógeno*. Santa Fe, Argentina, Argentina: El Cid Editor / apuntes, 2009, p. 7.

**URBANO H.**, “El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático”. *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 34, no 1, (2018) pp. 83-87.

**VALVERDE, F.** “Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador”. *Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias*, (2001), (Quito-Ecuador) pp. 2-3.

**VENTEREA, R.; BIJESH, M.** “Soil Biology and Biochemistry”, *Unidad de Investigación del manejo de Suelo y Agua*, (2013), (Minnesota – Estados Unidos) pp. 71-92.

**YPFB Corporación.** *Uso de la urea en el cultivo de cebada* [blog]. Bolivia, YPFB Corporación, 2019 [Consulta: 12 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.ypfb.gob.bo/comercializacion/index.php/que-es-la-urea>



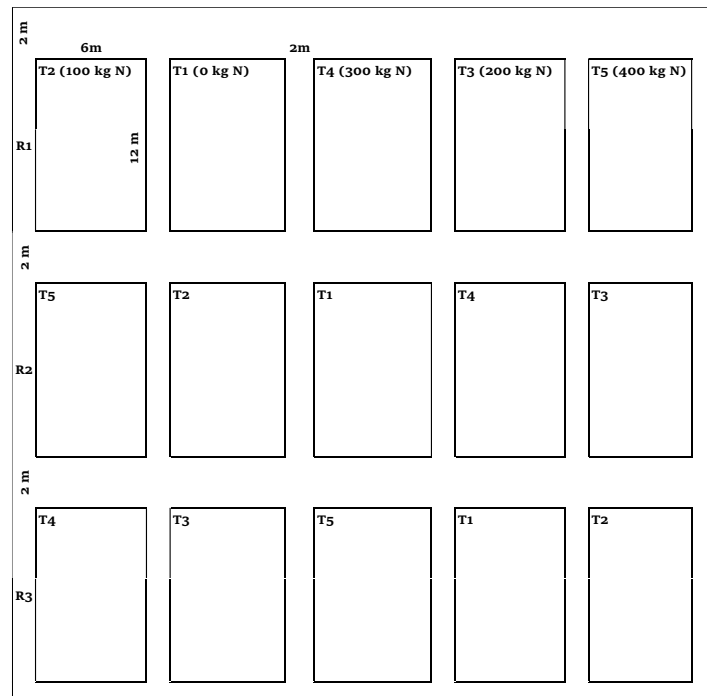
## ANEXOS

### ANEXO A IMAGEN SATELITAL DE LA UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL.



Realizado por: Cunalata J., 2022

### ANEXO B CROQUIS Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS POR TRATAMIENTO Y REPETICIONES.



Realizado por: Cunalata J., 2022

## ANEXO C LÍNEA INICIAL DE LA FÍSICA Y QUÍMICA DEL SUELO

TRATAMIENTO	Densidad aparente g/cc
R1T1 (Nitrógeno 0 kg ha-1)	1,28
R1T2 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	1,26
R1T3 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	1,28
R1T4 (Nitrógeno 300 kg ha-1)	1,16
R1T5 (Nitrógeno 400 kg ha-1)	1,24
R2T1 (Nitrógeno 0 kg ha-1)	1,11
R2T2 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	1,27
R2T3 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	1,19
R2T4 (Nitrógeno 300 kg ha-1)	1,20
R2T5 (Nitrógeno 400 kg ha-1)	1,21
R3T1 (Nitrógeno 0 kg ha-1)	1,28
R3T2 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	1,29
R3T3 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	1,16
R3T4 (Nitrógeno 300 kg ha-1)	1,17
R3T5 (Nitrógeno 400 kg ha-1)	1,20

Fuente: Laboratorio INIAP

Realizado por: Cunalata J., 2022

TRATAMIENTO	N (ppm)	P (ppm)	K (meq/100g)
R1T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha <sup>-1</sup> )	72,00	91,00	0,75
R1T2 (Nitrógeno 50 kg ha <sup>-1</sup> )	80,00	117,00	0,65
R1T3 (Nitrógeno 100 kg ha <sup>-1</sup> )	80,00	90,00	0,76
R1T4 (Nitrógeno 150 kg ha <sup>-1</sup> )	72,00	76,00	0,64
R1T5 (Nitrógeno 200 kg ha <sup>-1</sup> )	82,00	63,00	0,53
R2T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha-1)	63,00	117,00	0,57
R2T2 (Nitrógeno 50 kg ha-1)	85,00	94,00	0,64
R2T3 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	73,00	100,00	0,72
R2T4 (Nitrógeno 150 kg ha-1)	79,00	93,00	0,49
R2T5 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	64,00	87,00	0,54
R3T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha-1)	64,00	87,00	0,75
R3T2 (Nitrógeno 50 kg ha-1)	54,00	70,00	0,66
R3T3 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	76,00	39,00	0,77
R3T4 (Nitrógeno 150 kg ha-1)	77,00	129,00	0,66
R3T5 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	65,00	71,00	0,71

Fuente: Laboratorio INIAP

Realizado por: Cunalata J., 2022



<b>TRATAMIENTO</b>	<b>S (ppm)</b>	<b>Mg (meq/100g)</b>	<b>Ca (meq/100g)</b>
R1T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha <sup>-1</sup> )	12,00	4,76	17,18
R1T2 (Nitrógeno 50 kg ha <sup>-1</sup> )	14,00	4,63	17,55
R1T3 (Nitrógeno 100 kg ha <sup>-1</sup> )	11,00	4,29	20,79
R1T4 (Nitrógeno 150 kg ha <sup>-1</sup> )	14,00	4,55	18,79
R1T5 (Nitrógeno 200 kg ha <sup>-1</sup> )	13,00	4,49	22,31
R2T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha-1)	13,00	4,14	19,66
R2T2 (Nitrógeno 50 kg ha-1)	14,00	3,86	17,30
R2T3 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	13,00	4,00	21,29
R2T4 (Nitrógeno 150 kg ha-1)	14,00	4,17	19,28
R2T5 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	14,00	3,86	16,29
R3T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha-1)	12,00	4,29	20,17
R3T2 (Nitrógeno 50 kg ha-1)	11,00	4,29	20,78
R3T3 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	13,00	3,87	17,45
R3T4 (Nitrógeno 150 kg ha-1)	12,00	3,75	17,78
R3T5 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	13,00	4,26	17,85

**Fuente:** Laboratorio INIAP

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>MO (%)</b>	<b>N Total %</b>
R1T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha <sup>-1</sup> )	4,9	0,2
R1T2 (Nitrógeno 50 kg ha <sup>-1</sup> )	5	0,17
R1T3 (Nitrógeno 100 kg ha <sup>-1</sup> )	5,3	0,18
R1T4 (Nitrógeno 150 kg ha <sup>-1</sup> )	5,1	0,17
R1T5 (Nitrógeno 200 kg ha <sup>-1</sup> )	5,4	0,17
R2T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha-1)	5,2	0,16
R2T2 (Nitrógeno 50 kg ha-1)	5,1	0,17
R2T3 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	5,5	0,18
R2T4 (Nitrógeno 150 kg ha-1)	5,4	0,17
R2T5 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	5,2	0,18
R3T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha-1)	4,9	0,16
R3T2 (Nitrógeno 50 kg ha-1)	5	0,15
R3T3 (Nitrógeno 100 kg ha-1)	4,9	0,17
R3T4 (Nitrógeno 150 kg ha-1)	5,3	0,17
R3T5 (Nitrógeno 200 kg ha-1)	5,3	0,17

**Fuente:** Laboratorio INIAP

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Zn (ppm)</b>	<b>Cu (ppm)</b>	<b>Fe (ppm)</b>	<b>Mn (ppm)</b>
R1T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha <sup>-1</sup> )	2,50	16,30	140,00	8,60
R1T2 (Nitrógeno 50 kg ha <sup>-1</sup> )	2,50	15,30	150,00	11,00
R1T3 (Nitrógeno 100 kg ha <sup>-1</sup> )	2,10	16,30	129,00	9,80
R1T4 (Nitrógeno 150 kg ha <sup>-1</sup> )	2,20	15,00	136,00	9,40
R1T5 (Nitrógeno 200 kg ha <sup>-1</sup> )	1,90	15,90	118,00	9,60
R2T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha <sup>-1</sup> )	2,00	14,60	144,00	8,60
R2T2 (Nitrógeno 50 kg ha <sup>-1</sup> )	2,00	14,00	160,00	8,40
R2T3 (Nitrógeno 100 kg ha <sup>-1</sup> )	2,40	14,60	122,00	11,30
R2T4 (Nitrógeno 150 kg ha <sup>-1</sup> )	2,10	15,30	165,00	18,00
R2T5 (Nitrógeno 200 kg ha <sup>-1</sup> )	2,00	13,50	168,00	15,70
R3T1 (Nitrógeno 15.65 kg ha <sup>-1</sup> )	2,30	13,40	98,80	6,00
R3T2 (Nitrógeno 50 kg ha <sup>-1</sup> )	1,90	13,40	80,00	6,90
R3T3 (Nitrógeno 100 kg ha <sup>-1</sup> )	1,90	13,40	128,00	7,20
R3T4 (Nitrógeno 150 kg ha <sup>-1</sup> )	2,30	13,50	201,00	11,30
R3T5 (Nitrógeno 200 kg ha <sup>-1</sup> )	2,00	14,10	136,00	10,20

**Fuente:** Laboratorio INIAP

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

#### **ANEXO D FERTILIZACIÓN PARA EL CULTIVO DE CEBADA CON FERTILIZANTES (UREA, SUPERFOSFATO TIPLE, MURIATO DE POTASIO Y SULPHOMAG)**

<b>CODIGO</b>	<b>Nitrógeno ia/ha</b>	<b>Fósforo ia/ha</b>	<b>Potasio ia/ha</b>	<b>Azufre ia/ha</b>
R1T1	0	60	40	20
R1T2	40	60	40	20
R1T3	80	60	40	20
R1T4	120	60	40	20
R1T5	160	60	40	20
R2T1	0	60	40	20
R2T2	40	60	40	20
R2T3	80	60	40	20
R2T4	120	60	40	20
R2T5	160	60	40	20
R3T1	0	60	40	20
R3T2	40	60	40	20
R3T3	80	60	40	20
R3T4	120	60	40	20
R3T5	160	60	40	20

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

<b>Urea total</b>	<b>(Urea/ha) 20% siembra</b>	<b>(Urea/ha) 80% deshierba</b>	<b>Suoerfosfato triple (kg/ha)</b>	<b>Muriato de potasio (kg/ha)</b>	<b>Sulphomag kg/ha</b>
		-	130,43	12,50	175,00
86,96	17,39	69,57	130,43	12,50	175,00
173,91	34,78	139,13	130,43	12,50	175,00
260,87	52,17	208,70	130,43	12,50	175,00
347,83	69,57	278,26	130,43	12,50	175,00
-		-	130,43	12,50	175,00
86,96	17,39	69,57	130,43	12,50	175,00
173,91	34,78	139,13	130,43	12,50	175,00
260,87	52,17	208,70	130,43	12,50	175,00
347,83	69,57	278,26	130,43	12,50	175,00
-		-	130,43	12,50	175,00
86,96	17,39	69,57	130,43	12,50	175,00
173,91	34,78	139,13	130,43	12,50	175,00
260,87	52,17	208,70	130,43	12,50	175,00
347,83	69,57	278,26	130,43	12,50	175,00

Realizado por: Cunalata J., 2022

<b>(Urea/72 m<sup>2</sup>) 20% siembra</b>	<b>(Urea/72 m<sup>2</sup>) 80% deshierba</b>	<b>Sperfosfato triple (en 72m<sup>2</sup>)</b>	<b>Muriato de potasio (en 72 m<sup>2</sup>)</b>	<b>Sulphomag (en 72 m<sup>2</sup>)</b>
-	-	0,94	0,09	1,26
0,13	0,50	0,94	0,09	1,26
0,25	1,00	0,94	0,09	1,26
0,38	1,50	0,94	0,09	1,26
0,50	2,00	0,94	0,09	1,26
-	-	0,94	0,09	1,26
0,13	0,50	0,94	0,09	1,26
0,25	1,00	0,94	0,09	1,26
0,38	1,50	0,94	0,09	1,26
0,50	2,00	0,94	0,09	1,26
-	-	0,94	0,09	1,26
0,13	0,50	0,94	0,09	1,26
0,25	1,00	0,94	0,09	1,26
0,38	1,50	0,94	0,09	1,26
0,50	2,00	0,94	0,09	1,26

Realizado por: Cunalata J., 2022

**ANEXO E RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS VARIABLES A SER ANALIZADAS.**

<b>Denominación Tratamiento</b>	<b>Rendimiento total cebada (t ha<sup>-1</sup>)</b>
R1T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	3,75
R1T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	4,60
R1T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	5,80
R1T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	6,75
R1T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	5,40
R2T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	4,35
R2T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	5,35
R2T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	6,40
R2T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	7,10
R2T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	6,00
R3T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	3,90
R3T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	5,75
R3T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	6,60
R3T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	6,75
R3T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	4,80

Realizado por: Cunalata J., 2022

<b>Cultivo de Cebada 2021</b>				
<b>Denominación Tratamiento cultivos en rotación</b>	<b>Costo USD t<sup>-1</sup></b>	<b>Beneficio Bruto USD ha<sup>-1</sup></b>	<b>Costo Total USD ha<sup>-1</sup></b>	<b>Beneficios Neto USD ha<sup>-1</sup></b>
R1T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	660	2475	883	1592
R1T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3036	1008	2028
R1T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3828	1145	2683
R1T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	660	4455	1264	3191
R1T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3564	1221	2343
R2T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	660	2871	926	1945
R2T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3531	1061	2470
R2T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	660	4224	1187	3037
R2T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	660	4686	1289	3397
R2T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3960	1263	2697
R3T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	660	2574	870	1704
R3T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3795	1089	2706
R3T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	660	4356	1202	3154
R3T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	660	4455	1264	3191
R3T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	660	3168	1178	1990

Realizado por: Cunalata J., 2022

<b>Denominación Tratamiento cultivos en rotación</b>	<b>Nº de plantas acamadas</b>	<b>Porcentaje de acame (%)</b>
R1T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	0	0
R1T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	0	0
R1T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1209	8
R1T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1965	13
R1T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	8467	56
R2T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	0	0
R2T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	0	0
R2T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	907	6
R2T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1360	9
R2T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	9223	61
R3T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	0	0
R3T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	0	0
R3T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1663	11
R3T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	2268	15
R3T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	7257	48

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

<b>Denominación Tratamiento cultivos en rotación</b>	<b>Carbón (%)</b>	<b>Amonio (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>NT (%) suelos</b>
R1T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	1,044	51,350	0,155
R1T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	1,218	95,817	0,165
R1T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1,450	97,038	0,172
R1T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1,566	119,202	0,180
R1T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	1,508	93,955	0,177
R2T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	1,218	58,452	0,158
R2T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	1,334	84,811	0,166
R2T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1,450	92,871	0,174
R2T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1,740	95,804	0,182
R2T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	1,624	86,796	0,178
R3T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	1,131	44,251	0,160
R3T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	1,276	81,583	0,168
R3T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1,682	93,744	0,176
R3T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1,798	102,139	0,185
R3T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	1,508	85,166	0,181

**Fuente:** Laboratorio INIAP

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

<b>Denominación Tratamiento cultivos en rotación</b>	<b>Densidad Aparente (g cc<sup>-1</sup>)</b>	<b>Humedad Volumétrica (%)</b>	<b>Humedad Gravimétrica (%)</b>
R1T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	1,26	30,90	24,60
R1T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	1,32	29,30	22,20
R1T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1,26	26,90	21,50
R1T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1,40	31,00	22,20
R1T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	1,27	26,40	20,80
R2T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	1,30	31,20	24,00
R2T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	1,28	23,60	18,40
R2T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1,35	25,50	18,90
R2T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1,24	26,50	21,40
R2T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	1,26	25,70	20,40
R3T1 (Nitrógeno 0-0-0 kg ha <sup>-1</sup> )	1,27	29,00	22,80
R3T2 (Nitrógeno 100-50-40 kg ha <sup>-1</sup> )	1,21	27,10	22,40
R3T3 (Nitrógeno 200-100-80 kg ha <sup>-1</sup> )	1,27	24,10	19,00
R3T4 (Nitrógeno 300-150-120 kg ha <sup>-1</sup> )	1,17	23,00	19,70
R3T5 (Nitrógeno 400-200-160 kg ha <sup>-1</sup> )	1,23	27,10	22,00

**Fuente:** Laboratorio INIAP

**Realizado por:** Cunalata J., 2022

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 28/ 06 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> José Andrés Cunalata Cando
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Recursos Naturales
<b>Carrera:</b> Agronomía
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Agrónomo
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

  
Cristhian Fernando Castillo



1267-DBRA-UTP-2022