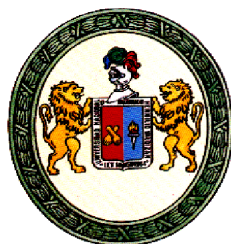


**UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA SOBRE EL  
RENDIMIENTO Y EFICIENCIA AGRONÓMICA DEL NITRÓGENO DEL  
CULTIVO DE AVENA FORRAJERA (*Avena sativa L.*) EN LA LOCALIDAD  
DE HUACRACHUCO, 2019**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**TESISTA  
SUSANA CALDAS LÓPEZ**

**ASESORA  
M. Sc. Liliana Vega Jara**

**HUÁNUCO – PERÚ  
2020**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres, hermanos, tíos quienes me apoyaron incondicionalmente y me inculcaron perseverancia, eficacia y entrega en todo el trayecto de mi carrera profesional.

A mi hijo, quien fue mi mayor motivación para realizar este proyecto; mi sincero agradecimiento a cada uno de mis seres queridos por haber depositado su confianza e impartido sus sabios consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

Infinitamente a Dios por permitirme culminar mi proyecto, por presentarme diferentes alternativas de solución ante las dificultades presentadas en los años de estudio, de éxito y satisfacción.

A mi asesora M. Sc. Liliana Jara Vega, por haberme brindado su apoyo incondicional, dedicación y paciencia al instruirme y transmitirme sus conocimientos durante la elaboración del presente trabajo de investigación.

Y a todas las personas que han sido de mucha influencia en el desarrollo del trabajo de investigación, gracias por su mano amiga en mis aciertos y desaciertos, gracias a todos mis seres queridos logre superar satisfactoriamente una etapa más de mi vida profesional.

## RESUMEN

La investigación “Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*Avena Sativa L.*) en la localidad de Huacrachuco”, se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa L.*) en la localidad de San Cristóbal Huacrachuco. Para cumplir este objetivo se realizó un experimento usando la investigación aplicada, nivel experimental con cultivo de la avena forrajera, sembrado a chorro continuo, el diseño fue en DBCA con 3 repeticiones. Se determinaron altura de planta, número de macollos, rendimiento de forraje verde y en seco por metro cuadrado y hectárea, y la eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN). Los resultados indicaron que los tratamientos T5(350-20-60) y T4(250-20-60) alcanzaron valores más altos en longitud de tallo, asimismo ambos tratamientos alcanzaron los mayores rendimientos de biomasa fresca y materia seca por m<sup>2</sup> y por hectárea. Sin embargo, la EAN óptima fue la dosis de 100-20-60, con lo cual se alcanzó la más alta eficiencia de uso de nitrógeno, valores superiores de nitrógeno podrían ser contraproducentes para el medio ambiente y generar crecimientos exagerados del cultivo, sin que la planta use el nitrógeno con eficiencia. En conclusión, se recomienda aplicar la dosis de 100-20-60 por haber presentado la mejor EAN, aunque se hayan alcanzado rendimientos menores a las dosis altas, ésta es la dosis con la que las plantas usan al nitrógeno con la mejor eficiencia.

## ABSTRACT

The investigation "Effect of nitrogen fertilization on the yield and agronomic efficiency of nitrogen in the forage oat crop (*Avena Sativa* L.) in the town of Huacrachuco", was carried out with the objective of evaluating the effect of nitrogen fertilization on the yield and agronomic nitrogen efficiency of the forage oat crop (*Avena sativa* L.) in the town of San Cristóbal Huacrachuco. To meet this objective, an experiment was carried out using applied research, experimental level with forage oat culture, sown with continuous stream, the design was in DBCA with 3 repetitions. Plant height, number of tillers, yield of green and dry forage per square meter and hectare, and agronomic nitrogen efficiency (EAN) were determined. The results indicated that the treatments T5 (350-20-60) and T4 (250-20-60) reached higher values in stem length, also both treatments reached the highest yields of fresh biomass and dry matter per m<sup>2</sup> and per hectare. . However, the optimal EAN was the dose of 100-20-60, with which the highest efficiency of nitrogen use was reached, higher nitrogen values could be counterproductive for the environment and generate exaggerated growth of the crop, without the plant uses nitrogen efficiently. In conclusion, it is recommended to apply the dose of 100-20-60 for having presented the best EAN, although lower yields have been achieved at high doses, this is the dose with which plants use nitrogen with the best efficiency.

## INDICE

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**RESUMEN**

**Pág.**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN-----</b>	<b>09</b>
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO-----</b>	<b>12</b>
2.1.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA-----	12
2.1.1.	Características generales del cultivo de avena-----	12
2.1.2.	Características morfológicas-----	12
2.1.3.	Características fisiológicas-----	13
2.1.4.	Condiciones agroclimáticas del cultivo de la avena-----	14
2.1.5.	Fecha de siembra-----	14
2.1.6.	Método y densidad de siembra-----	15
2.1.7.	Características de una planta forrajera-----	15
2.1.8.	Composición química de los forrajes-----	16
2.1.9.	Importancia de la fertilización en los pastos-----	16
2.1.10.	Fertilización en el pasto de avena-----	17
2.1.11.	efecto de la fertilización nitrogenada en el cultivo de avena forrajera-----	23
2.2.	ANTECEDENTES-----	23
2.3.	HIPÓTESIS-----	24

2.3.1. Hipótesis de investigación-----	24
2.4. VARIABLES-----	24
2.4.1. Determinación de variables-----	24
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS-----</b>	<b>26</b>
3.1. Lugar de ejecución del experimento-----	26
3.1.1. Ubicación del campo donde se ejecutó la investigación----	26
3.1.2. Características de clima y zona de vida-----	26
3.2. Tipo y nivel de investigación-----	27
3.2.1. Tipo de investigación-----	27
3.2.2. Nivel de investigación-----	27
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, TIPO DE MUESTREO Y UNIDAD DE ANÁLISIS-----	28
3.3.1. Población-----	28
3.3.2. Muestra-----	28
3.3.3. Tipo de muestreo-----	28
3.3.4. Unidad de análisis-----	28
3.4. FACTORES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO-----	28
3.4.1. Factor de estudio-----	28
3.4.2. Tratamientos en estudio-----	29
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS-----	29
3.5.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN-----	29

3.5.1.1.	Modelo Aditivo Lineal-----	29
3.5.1.2.	Esquema de Análisis de Varianza para el diseño (DBCA)-----	30
3.5.1.3.	Características del campo experimental-----	31
3.5.2.	Datos registrados-----	37
3.5.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de información-----	39
3.5.4.	Técnicas bibliográficas y de campo-----	39
3.5.4.1.	Análisis de suelo en laboratorio-----	40
3.5.4.2.	Instrumentos de recolección de información-----	40
3.6.	MATERIALES Y EQUIPOS-----	41
3.7.	CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN-----	41
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS-----</b>	<b>45</b>
<b>V.</b>	<b>DISCUSIÓN-----</b>	<b>60</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES-----</b>	<b>69</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES-----</b>	<b>70</b>
<b>VIII.</b>	<b>LITERATURA CITADA-----</b>	<b>77</b>
<b>IX.</b>	<b>ANEXOS-----</b>	<b>79</b>



## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, principalmente en la sierra, la ganadería ocupa un lugar preponderante en la producción agropecuaria. Por lo tanto, la especie forrajera de gran importancia en la alimentación animal. El avance ganadero no se logra solo con animales de alto pedigrée, sino más bien proveyéndoles una adecuada alimentación que permita mantener sus características genéticas de alta producción. Nuestra provincia de Marañón, dispone considerablemente áreas potenciales para el establecimiento de pastizales, casi la totalidad de las ganaderías mantienen sus hatos a base de pastizales o forrajes verdes manejados, sin embargo, el agricultor ha venido utilizando diversas técnicas en la producción de forrajes, apoyándose en el manejo tradicional que no permite obtener los resultados esperados.

El cultivo de la avena forrajera es importante para la producción animal, ya que es alimento más utilizado en la alimentación animal. Este cultivo, en general posee altos rendimientos, alrededor de 30 a 40 t ha<sup>-1</sup> (INEC, 2012), posee buena calidad nutricional. El suplemento alimenticio de los animales es a base de avena forrajera, especialmente en épocas de baja disponibilidad de pastos naturales. Su uso puede ser en fresco, pastoreo directo o procesado a heno, ensilado, etc.

En el Anexo de San Cristóbal - Huacrachuco de la región Huánuco los agricultores tienen pocos conocimientos sobre paquetes tecnológicos a utilizar que repercuta en una agricultura de sostenimiento por la no incorporación de

tecnologías adecuadas para mejorar sus rendimientos, la no utilización de semilla certificada, inadecuada fertilización, incorrectas densidades de siembra y prácticas de manejo agronómico del cultivo inapropiadas, todo esto genera el problema principal que conlleva a la escasa productividad y competitividad de la producción de forraje, atribuida al desconocimiento de tecnologías mejoradas de producción y escasa capacidad de gestión y negociación que impide organizar una producción constante en cantidad, calidad, situación que repercute en los bajos ingresos y a la reducción de la calidad de vida de los agricultores y ganaderos, así también afecte indirectamente en la desequilibrada dieta alimenticia de los múltiples especies de ganado que existe en nuestro medio.

El cultivo de avena forrajera posee requerimientos nutricionales como Nitrógeno (N), 20 kg de N por tonelada (t) de materia seca producida. En los primeros estadios de desarrollo, este cultivo requiere más N. El N aplicado como fertilizante produce un rápido crecimiento y gran aumento de la producción de materia seca, aunque la fuente de N puede ejercer cierta variación en la respuesta del cultivo, así también el momento de aplicación, la dosis y el contenido de agua en el suelo (García, 2007). Además, se aplicó una densidad adecuada, uso de semilla certificada y prácticas de manejo agronómico apropiadas, todo esto que conlleve a un rendimiento que permita la aceptación por parte de los agricultores y ganaderos en el autoconsumo y

en el mercado local, logrando el desarrollo y bienestar de la población que tendrá acceso a mejores condiciones de vida.

El presente estudio tuvo el propósito de evaluar efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento del forraje de avena que permitió obtener rentabilidad y una mayor oferta. De esta manera será posible llevar a los agricultores los beneficios de la adecuada fertilización del cultivo de avena con la mejora de la dinámica de nuestro país y en particularidad la limitada economía de los agricultores de Huacrachuco.

El objetivo general fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.) en la localidad de Huacrachuco y los objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)
- Evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la eficiencia agronómica del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)
- Determinar el nivel óptimo de fertilización nitrogenada en el cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1.1. Características generales del cultivo de la avena

##### Origen

El cultivo de la avena proviene de Asia Central, lo que antes era considerado como maleza. En Egipto se exploraron los primeros restos arqueológicos de este cultivo, que pasó como semilla de malas hierbas, se desconoce si este cultivo fue cultivado por los antiguos egipcios. En Europa Central se encontraron también restos muy antiguos de este cultivo, que se estima que provienen de la edad de bronce (García, 2007).

#### 2.1.2. Características morfológicas

La planta de avena es herbácea, de la familia de las gramíneas, es autógena y solo un margen de 0.5% puede producirse la alogamia. La mayoría de las variedades de avena son hexaploides y el más usualmente cultivado es la *Avena sativa* L. La avena hexaploide tienen las siguientes propiedades botánicas. La articulación de la primera y segunda flor de la espiguilla, el carácter desnudo o vestido del grano y la morfología de las aristas (Infoagro, 2012).

Según Infoagro (2012) este cultivo tiene órganos con características muy marcadas. La raíz, es potente con raíces más abundantes y profundas que otros cereales. Los tallos son gruesos y rectos, propensos al vuelco, la longitud de éstos puede variar entre 0,5 m a 1,5 m. Las hojas son planas y lanceoladas, cuentan con una lígula entre el limbo y el tallo, la lígula es ovalada y blanca, su borde es dentado, el limbo es áspero al tacto, estrecho y largo, de color más o menos oscuro, es paralelinervia debido al paralelismo de sus nervaduras. La inflorescencia es una panícula, un racimo de espiguillas de dos o tres flores situadas sobre largos pedúnculos, la dehiscencia de las anteras se produce al tiempo de abrirse las flores. El fruto es una cariósipide y tienen glumillas adheridas.

### **2.1.3. Características fisiológicas**

Según Garcés (2013), el pasto avena presenta las siguientes características fisiológicas:

- ✓ Se adapta a climas continentales (donde las diferencias de temperaturas entre períodos estivales e invernales son enormes, así mismo con el día y la noche).
- ✓ Son susceptibles a heladas tardías
- ✓ No sobreviven a la sombra.
- ✓ Son muy resistente a sequías estivales (época del año en la cual las temperaturas suben y el clima es más cálido).

- ✓ Requiere de suelos drenados y algo secos, pero son sensibles a excesos de humedad.
- ✓ Prefieren suelos de pH 5 a 7,5.
- ✓ No requiere una gran oxigenación del suelo; Necesitan de temperaturas desde 11 a 16 °C.
- ✓ Requieren una precipitación de 1000 a 1500 mm de agua.

#### **2.1.4. Condiciones agroclimáticas del cultivo de la avena**

La avena se cultiva zonas muy variadas. Así, en zonas alto andinas de 3000 a 4000 m.s.n.m. se desarrollan bien, en zona de ladera de 2500 a 3000 m.s.n.m. y, en zona de valle de 2300 a 2500 m.s.n.m. también pueden desarrollarse bien (García y Espinosa, 2009).

Este cultivo se puede sembrar en cualquier época del año, sólo requiere humedad necesaria para su plantación. Se puede adaptar a un amplio rango de suelos desde arcillosos hasta arenosos y tolera bien a la acidez del suelo.

#### **2.1.5. Fecha de siembra**

La época de siembra de la avena forrajera es en función a la presencia de lluvias o en todo caso de una adecuada humedad en el suelo. En la provincia de Maraón, esto ocurre entre octubre y diciembre. Siembras más tardías deben realizarse con riego.

### **2.1.6. Método y densidad de siembra**

Se recomienda sembrar en hileras de 17 a 20 cm de distanciamiento entre ellas y a profundidad de 5 a 6 cm. Luego se cultivan y cubren las raíces hasta unos 30 y 40 cm de altura con el fin de facilitar el riego. Para suelos con pendiente se recomienda que los surcos sean de 15 cm de profundidad y una separación entre surcos de 92 cm. La densidad de siembra es de 120 a 140 kg ha<sup>-1</sup>, semillas con potencial de germinación de 85% (Chávez y Gómez, 1999).

### **2.1.7. Características de una planta forrajera**

Para Alba (2013) los requisitos de una especie vegetal para ser considerado como una planta forrajera son varios. Sus semillas deben ser aptas para un buen trabajo. Las semillas deben tener altos valores de poder germinativo, de buena energía germinativa. La palatabilidad debe ser bueno, ya que el ganado es selectivo y un forraje debe poseer buenas características, el ganado suele escoger el forraje de mejor palatabilidad y dejar lo que no es de su agrado. Debe tener baja toxicidad, ya que algunos forrajes contienen principios venenosos para el ganado que también pueden traer consigo el ataque de parásitos. El forraje debe tener resistencia al pisoteo para evitar su maltrato y los que tienen tallos tiernos, no quebradizos son los ideales. Debe ser de fácil propagación por semilla o partes vegetativas con alto rendimiento de follaje. Deben ser precoces, ya que se requiere una mayor producción de forrajes en el corto tiempo. Buena capacidad de rebrote. Agresia para

adaptarse al medio donde existen malezas que compiten con los forrajes. Resistente a sequías, plagas, parásitos vegetales y en general a cualquier agente perjudicial.

### 2.1.8. Composición química de los forrajes

Robalino (2008) indica que los forrajes contienen alta concentración de proteínas, grasas, gran número de vitaminas, minerales. Esta especie tiene una mayor proporción de grasa vegetal (65% de grasas no saturadas y un 35% de ácido linolenico), también contiene carbohidratos de fácil absorción, Na, K, Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn, vitaminas y una buena cantidad de fibras. La siguiente tabla detalla mejor la composición ideal de un forraje.

**Tabla 01:** Composición de forrajes

Parámetro	Fresco (%)	Seco (%)
Materia seca	90,1	100
Cenizas	7,4	8,2
Fibra bruta	36,9	41,0
Grasa	1,9	2,1
Fracción nitrógeno	39,9	44,3
Proteína	4,0	4,4

Fuente: Robalino (2008)

### 2.1.9. Importancia de la fertilización en los pastos

Según Yoshida (2001) es importante agregar nutrientes al cultivo de avena forrajera para obtener buen crecimiento y desarrollo porque es gran acumulador de nutrientes en el follaje, la fertilización ayuda a evitar pérdidas



de nutrientes del suelo. El nitrógeno es uno de los componentes más fácilmente usados por la planta y más requeridas, ya que es esencial, por eso la mayoría de suelos son limitantes en nitrógeno y, esta limitación puede causar la falta de acción de otros nutrientes.

#### **2.1.10. Fertilización en el pasto avena**

Los elementos esenciales para la nutrición vegetal son 17, de los cuales 14 son tomados directamente del suelo. Un suelo fértil puede proveer normalmente estos elementos que la planta requiere y si hace falta, se debe agregar como fertilizantes (Bernal, 2003). Paladines & Izquierdo (2007) indican que la fertilización es indispensable para mantener los niveles de rendimiento deseados. Las aplicaciones se realizan en dos momentos.

- Corrección inicial de los nutrientes: faltantes del suelo, corrección de nutrientes para llevar al suelo al nivel de fertilidad deseado.
- Mantenimiento de la fertilidad: devolviendo al suelo los nutrientes extraídos por las plantas y posteriormente consumidos por los animales o perdidos en los procesos propios del suelo.

Según Bernal (2003) el agregado de fertilizantes produce un aumento en materia seca del cultivo de avena forrajera, así como la calidad del pasto y un incremento en el rendimiento animal (carne o leche). Según Paladines e Izquierdo (2007) la cantidad de N que se debe aplicar al cultivo de la avena, depende de la carga animal del potrero:

**Tabla 02:** Cantidad de N que requiere la avena

Carga animal (UA ha <sup>-1</sup> )	Kg N ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
1,0	83
1,5	125
2,0	166
2,5	208

**Fuente:** (Paladines & Izquierdo, 2007)

## Nitrógeno

Guerrero (2012) indica que el nitrógeno es esencial para los seres vivos incluyendo a las plantas. Este elemento es parte de los aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos. Por lo cual su limitación puede causar grandes pérdidas en calidad y cantidad del cultivo. El N se mineraliza a partir de materia orgánica por acción de bacterias nitrificantes, la forma como las plantas absorben el N es en forma de NO<sub>3</sub>. El NO<sub>3</sub> absorbido por la planta forma parte de aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados. Para ello, el nitrato absorbido debe ser reducido a nitrito por la enzima nitrato reductasa, paso inicial en la cadena de eventos que conduce a la síntesis de compuestos orgánicos nitrogenados por el vegetal. Puede detectarse cierta cantidad de nitrato prácticamente en todas las plantas; sin embargo, su contenido se eleva toda vez que se produzca una interferencia significativa en el mecanismo de transferencia del nitrato a las hojas o de su reducción a nitrito. En estos casos, la tasa de utilización foliar del nitrato es menor que la

tasa de su absorción, con lo cual la sustancia se acumula en el tallo. Esta acumulación de nitrato en los vegetales cultivados o silvestres es básica en la etiopatogenia de la intoxicación, como lo afirma (Ropana, 2015).

### **Cantidad de nitrato en las plantas**

El nitrógeno se encuentra presente en pastos, heno, ensilados, agua de bebida, aceites, lubricantes, fertilizantes y otros de consumo animal. Las plantas sintetizan proteína, el cual está constituido de nitrógeno. Ropana (2015) afirma que la cantidad de nitrato en tejidos vegetales depende de muchos factores, como la especie vegetal, algunas especies pueden acumular más nitrógeno que otras en sus tejidos. El estado fenológico de las plantas también afecta a su capacidad de acumular nitrógeno, en plantas más jóvenes y vigorosas se pueden almacenar más N y decrece al madurar, sin embargo, en plantas adultas que se han desarrollado en suelos ricos en materia orgánica pueden adquirir alta concentración de nitrógeno. La parte vegetativa de la planta más cercana al suelo suele contener mayor nitrato absorbido, la concentración de nitrato de la planta se encuentra correlacionado positivamente con el nitrato del suelo, a mayor humedad del suelo puede solubilizar más nitrógeno y mejorar la absorción, La luminosidad también influye ya que el nitrato que absorbe la planta se convierte en aminoácidos y proteínas que dependen de la fotosíntesis, en condiciones normales el contenido de plantas tiende a ser mayor que en días nublados, se

han visto que el heno de avena cosechada en días nublados tiene mayores nitratos que los cosechados en días soleados. La humedad del suelo también afecta, ya que la mayor acumulación y absorción de nitrato depende de la humedad presente en el suelo.

### **Urea**

Un fertilizante con alto contenido de N es la úrea porque su grado es de 46%N. Sin embargo, es necesario considerar un alto potencial de volatilización de material cuando se hace un mal uso de este material. En cultivos de pastos se recomienda aplicar en las últimas horas de la tarde o muy temprano en la mañana a fin de aprovechar la humedad (Bernal, 2003).

### **Fósforo**

El fósforo es un elemento esencial que favorece la síntesis de antocianinas, por eso ante una deficiencia de este elemento las hojas presentan coloración púrpura (Espinosa, 2003). En otro trabajo realizado por Quintero (2005) vieron que la aplicación de P tiende a aumentar el rendimiento. El P también afecta directamente al crecimiento y distribución de las raíces en el suelo, cerca del 80% de raíces se encuentran en los primeros 20 cm del suelo.

### **Fosfato diamónico (DAP)**

Es un fertilizante sintético, estimulante adecuado para la planta, ayuda a la formación de raíces en tamaño y longitud, así como en su densidad (Cisa-agro, 2012).

### **Potasio (K)**

El K es un elemento esencial y requerido en grandes cantidades para el crecimiento y reproducción de las plantas. Este elemento afecta a la forma, tamaño, color y sabor de la planta, así como la calidad del producto, interviene en la fotosíntesis, regula la apertura y cierre de estomas, regulando el agua de las células, por lo cual ayuda a mejorar el estrés hídrico y el frío. Este elemento además activa las enzimas del metabolismo de carbohidratos y proteínas, actúan también en la fijación del RNAm a los ribosomas. Según Hernández (2002) los elementos que pueden limitar el crecimiento de las plantas son N, P y K. Según Cabalceta (1999) el K es absorbido como ion  $K^+$  y muy móvil en la planta, ayuda al metabolismo y síntesis de proteínas y controla la actividad de otros elementos esenciales y es útil para mantener la turgencia en plantas.

#### **2.1.11. Efecto de la fertilización nitrogenada en el cultivo de avena forrajera**

Según Fontanetto (2008) el agregado de nitrógeno como fertilizante produce un rápido crecimiento y un aumento de producción de materia seca.

Una adecuada fertilización nitrogenada incrementa la producción de forraje sin afectar negativamente a la calidad del pasto ni el consumo de los animales. Los experimentos realizados con aplicación de N en cultivos de pastos han demostrado presentar respuesta a los distintos niveles de N, siendo las gramíneas que presentan mayores producciones de materia seca y valor nutritivo mayor (Urbano, 1997). Los mayores rendimientos se suelen obtener con pastos como raygras y bermuda, en cambio con el kikuyo se obtuvieron los rendimientos más bajos. Ellos no vieron diferencias entre niveles de 150 y 300 kg N ha<sup>-1</sup> para las especies de raygras y bermuda, mientras que en kikuyo hubo diferencia en los tres niveles estudiados. El kikuyo demostró tener mayor concentración de proteína con dosis de 300 kg N ha<sup>-1</sup>. La fertilización nitrogenada, sin embargo, no afectó a la relación hoja/tallo del pasto raygras. En otro trabajo García y Espinosa (2009) evaluaron la eficiencia agronómica al aplicar nitrógeno fraccionado en distintas etapas del cultivo de maíz, vieron que al fraccionar el N en tres aplicaciones cuando las plantas tenían cero, seis y diez hojas con lígula visible, vieron incrementos significativos en el rendimiento y eficiencia de uso de los nutrientes aplicados. En México (Flores, 2014) evaluó dosis de N en avena forrajera con varias dosis (0, 67, 100, 133% del requerimiento de N del cultivo) obtuvo mayores rendimientos en materia seca en situaciones fertilizadas con N. Pérez (2014) evaluó el comportamiento de dos cultivares de avena a distintas dosis de N (0, 25, 75, 100 kg ha<sup>-1</sup>) en Argentina (Bolívar) aplicó N al voleo en la siembra con lo cual obtuvo mayores

rendimientos con dosis de 25 a 50 kg N ha<sup>-1</sup>. Bernal (2003) estableció que el mejor porcentaje de proteína en pasturas alcanza cuando se corta el pasto no muy maduro antes que reduzca su valor nutricional. En este estado el pasto tiene mayor contenido de fibra, menor contenido de proteína, la digestibilidad es baja lo que conlleva a un menor consumo por parte de los animales.

## **2.2. ANTECEDENTES**

Inga (2018) en la tesis efecto del lombriabono en el cultivo de avena forrajera mantaro 15 mejorado y urano en la comunidad de Pampalanya – Huancavelica, menciona que el rendimiento de biomasa fue altamente significativa ( $P \geq 0,01$ ), con el uso de 0 ; 5 y 10 t/ha del lombriabono, Se concluye que este cultivo responde mejor a la dosis de 10 t/ha de lombriabono en producción de forraje verde, materia seca, valor nutritivo y retribución económica en la variedad Mantaro 15 Mejorado.

Salas (2015) en la tesis efecto de los microorganismos eficaces y bioabonos en el rendimiento y calidad de la avena forrajera (avena sativa l.) variedad INIA 901 Mantaro 15m en condiciones edafoclimaticas de Cayhuayna – 2015, incluye que existe efecto significativo al aplicar bioabonos y microorganismos en el rendimiento de forraje verde, Al analizar la variable porcentaje de materia seca el tratamiento T15, demostró mejores resultados, con un promedio de 21,267%. Para el porcentaje de proteína, se distinguió mejores resultados con el T13 (2 litros de EM, 2 t/ha de compost y sin aplicación de bocashi), con una media de 13,56% de proteína total.

## **2.3. HIPÓTESIS**

### **2.3.1. Hipótesis de investigación (Hi)**

#### **Hipótesis general:**

La fertilización nitrogenada tiene efecto significativo en el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.) en la localidad de Huacrachuco.

#### **Hipótesis específicos:**

1. La fertilización nitrogenada tiene efecto significativo en el rendimiento del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)
2. La fertilización nitrogenada tiene efecto significativo en la eficiencia agronómica del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)
3. El nivel óptimo de fertilización nitrogenada maximiza el uso del nitrógeno con mayor eficiencia por el cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.)

## **2.4. VARIABLES.**

### **2.4.1. Determinación de variables:**

#### ➤ **Variable independiente:**

Fertilización nitrogenada

#### ➤ **Variable dependiente:**

(a) Rendimiento,

(b) Eficiencia agronómica del nitrógeno



➤ **Variable interviniente:**

Condiciones edafoclimáticas de Huacrachuco

**Operación de variables:**

Tipo	Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente	Fertilización nitrogenada	Agregado de nitrógeno mediante una fuente sintética	Niveles de N	0N 50N 100N 180N 250N 350N	kg ha <sup>-1</sup>
Dependiente	Rendimiento de avena forrajera	Generación del peso de materia seca del cultivo	- cantidad de materia verde por m <sup>2</sup> - cantidad de materia seca por m <sup>2</sup> - altura de planta - peso por ha	- masa de materia verde - masa de materia seca - longitud de tallo - masa de materia seca por ha	- kg m <sup>-2</sup> - kg m <sup>-2</sup> - cm - kg ha <sup>-1</sup>
	Eficiencia agronómica del Nitrógeno por la avena forrajera	Es el rendimiento adicional o incremento de la producción por cada kg de nitrógeno aplicado	EA=(Rto fertilizado-Rto testigo) / N-P2O5-K2O	Δrendimiento	Kg.kgN <sup>-1</sup>
Interviniente	Condiciones edafoclimáticas	Características de clima y de suelo	Temperatura Precipitación Textura pH	-Termómetro -Pluviómetro -Hidrómetro de bouyoucus -pHmetro	°C mm año <sup>-1</sup> % [H <sup>+</sup> ]

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN DEL EXPERIMENTO

##### 3.1.1. Ubicación del campo donde se ejecutó la investigación.

El presente trabajo de investigación, se desarrolló en la localidad de San Cristóbal, Huacrachuco, cuya ubicación política y posición geográfica y es la siguiente:

- **Ubicación política**

Región : Huánuco

Provincia : Marañón

Distrito : Huacrachuco

- **Posición geográfica**

Latitud Sur : 8° 31' 35"

Longitud Oeste : 76° 31' 28"

Altitud : 2935 msnm.

##### 3.1.2. Características de clima y zona de vida

Según la clasificación de Javier Pulgar Vidal, Huacrachuco está situado en la Región Quechua, con una temperatura promedio de 14,5 °C con precipitaciones estacionales y con una humedad relativa de 60% en promedio.

Las temperaturas más bajas se registran en los meses de junio a agosto, por estas variaciones hacen que la localidad de Huacrachuco tenga un clima templado, hasta templado frío.

Las características físicas de los suelos de la localidad de Huacrachuco presentan caracterizaciones variadas, la textura predominante es franco limoso, franco arcilloso y francos. Las características químicas de los suelos son ideales para la producción de distintos cultivos, tienen un pH ligeramente ácido a neutro.

## **3.2. Tipo y nivel de investigación**

### **3.2.1. Tipo de investigación**

Aplicada, porque generó nuevos conocimientos tecnológicos expresados en la fertilización con N destinados a la solución del problema de los bajos rendimientos y uso eficiente de la fertilización nitrogenada que practican los agricultores de la localidad de San Cristóbal, Huacrachuco.

### **3.2.2. Nivel de investigación**

Experimental, porque se manipuló la variable independiente de la fertilización con diferentes dosis de N y se midió su efecto en el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) y se comparó los resultados con un testigo absoluto sin fertilizar.

### **3.3. POBLACIÓN, MUESTRA, TIPO DE MUESTREO Y UNIDAD DE ANÁLISIS**

#### **3.3.1. Población**

Estuvo constituida por la totalidad de plantas de Avena sembradas a chorro continuo, por experimento y por unidad experimental.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra a utilizar es representativa plantas de avena forrajera de 1m<sup>2</sup> del área neta experimental, haciendo un total de 18 m<sup>2</sup> en todo el experimento.

#### **3.3.3. Tipo de muestreo**

Probabilístico, en forma de Muestra Aleatorio Simple (MAS), porque cualquiera de las semillas de Avena, en el momento de la siembra tiene la misma probabilidad de formar parte de las plantas del área neta experimental.

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

La unidad de análisis son las parcelas con las plantas de Avena.

### **3.4. FACTORES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO**

#### **3.4.1. Factor de estudio**

El factor de estudio que se planteó para el trabajo de investigación es la fertilización nitrogenada; donde se designó a los tratamientos con diferentes dosis de fertilización con N como único factor, las dosis de fósforo y potasio fueron constantes para todos los tratamientos, porque el único factor en estudio fue la fertilización nitrogenada.

### 3.4.2. Tratamientos en estudio

Se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento y eficiencia agronómica del cultivo de avena para lo cual se tuvo 5 tratamientos con diferentes dosis de N más un testigo, con 3 repeticiones.

**Tabla N° 03.** Dosis de nitrógeno y fuente en el cultivo de avena forrajera

TRATAMIENTO	Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – K <sub>2</sub> O	Urea (kg ha <sup>-1</sup> )
1	20 - 60	0
2	20 - 60	83.3
3	20 - 60	166.7
4	20 - 60	300
5	20 - 60	416.7
6	20 - 60	583.3

Elaborado por: Autor

## 3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 3.5.1. Diseño de la investigación

Experimental, en la forma de Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 6 tratamientos y 3 repeticiones o bloques, haciendo un total de 18 unidades experimentales.

#### 3.5.1.1. Modelo Aditivo Lineal

El modelo aditivo lineal para Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), está dado por:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$	=	Observación de la unidad Experimental
$U$	=	Media general
$T_i$	=	efecto del $i$ – ésimo tratamiento
$B_j$	=	Efecto del $j$ – ésimo repetición
$E_{ij}$	=	Error aleatorio

### 3.5.1.2. Esquema de Análisis de Varianza para el diseño (DBCA)

Se utilizó la técnica estadística paramétrica del Análisis de Varianza (ANDEVA) al 0.05 de nivel de significación y la prueba de LSD al 0,05 y 0,01 de nivel de significación.

**Tabla N° 04.** Esquema de análisis de varianza

<b>Fuente de Variación (f.v.)</b>	<b>Grados de Libertad (g.l.)</b>
Bloques ( $r - 1$ )	3
Tratamientos ( $t - 1$ )	6
Error experimental ( $r - 1$ ) ( $t - 1$ )	18
<b>TOTAL (<math>r t - 1</math>)</b>	<b>17</b>

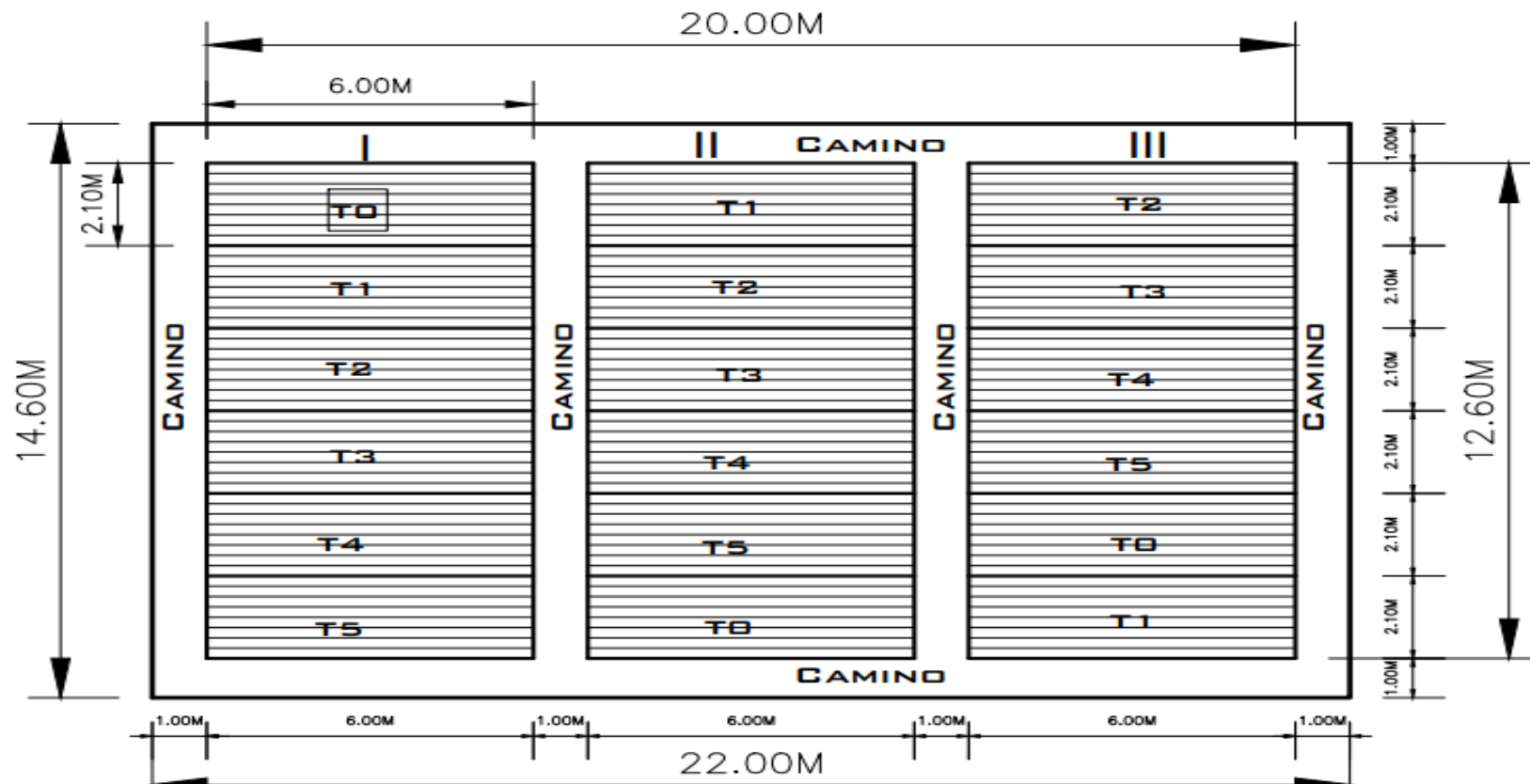
**3.5.1.3. Características del campo experimental**

Largo	:	22 m
Ancho	:	14.6m
Área total	:	321,2 m <sup>2</sup>
Área experimental	:	226,8 m <sup>2</sup>
Área total de camino	:	50,4m <sup>2</sup>
<b>✓ Bloques:</b>		
Numero de bloques	:	3
Largo de bloque	:	18 m
Ancho de bloque	:	12.60 m
Número de tratamiento por bloque	:	6
Área total de bloque	:	108m <sup>2</sup>
<b>✓ Parcelas:</b>		
Número de parcelas por bloque	:	6
Número total de parcelas	:	18
Largo de parcela	:	6 m
Ancho de parcela	:	2.10 m

Área total de la unidad experimental	:	12,6 m <sup>2</sup>
✓ <b>Surcos:</b>		
Número de surcos por parcela	:	7
Número de golpes por surco	:	chorro continuo
Número de plantas por surco	:	chorro continuo
Distancia entre surcos	:	0,30 m
Distancia entre golpes	:	chorro continuo

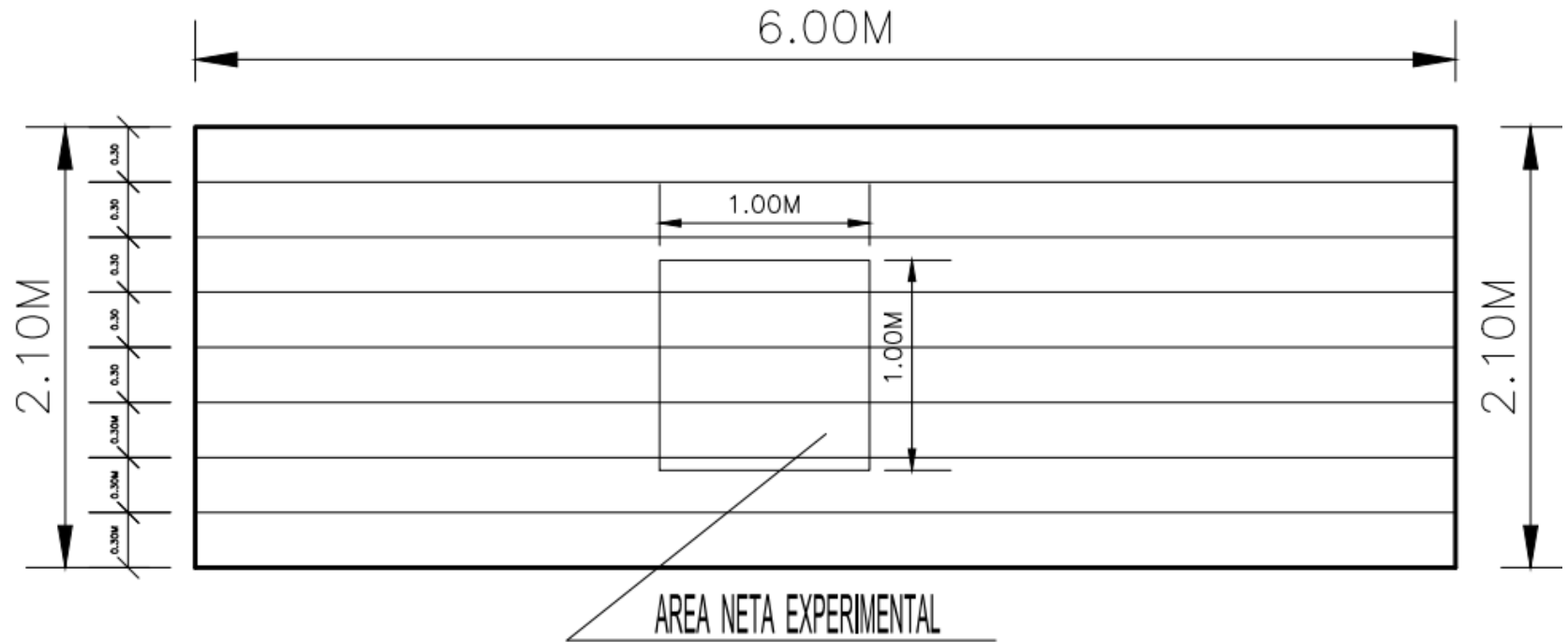


### 1. Croquis del campo experimental

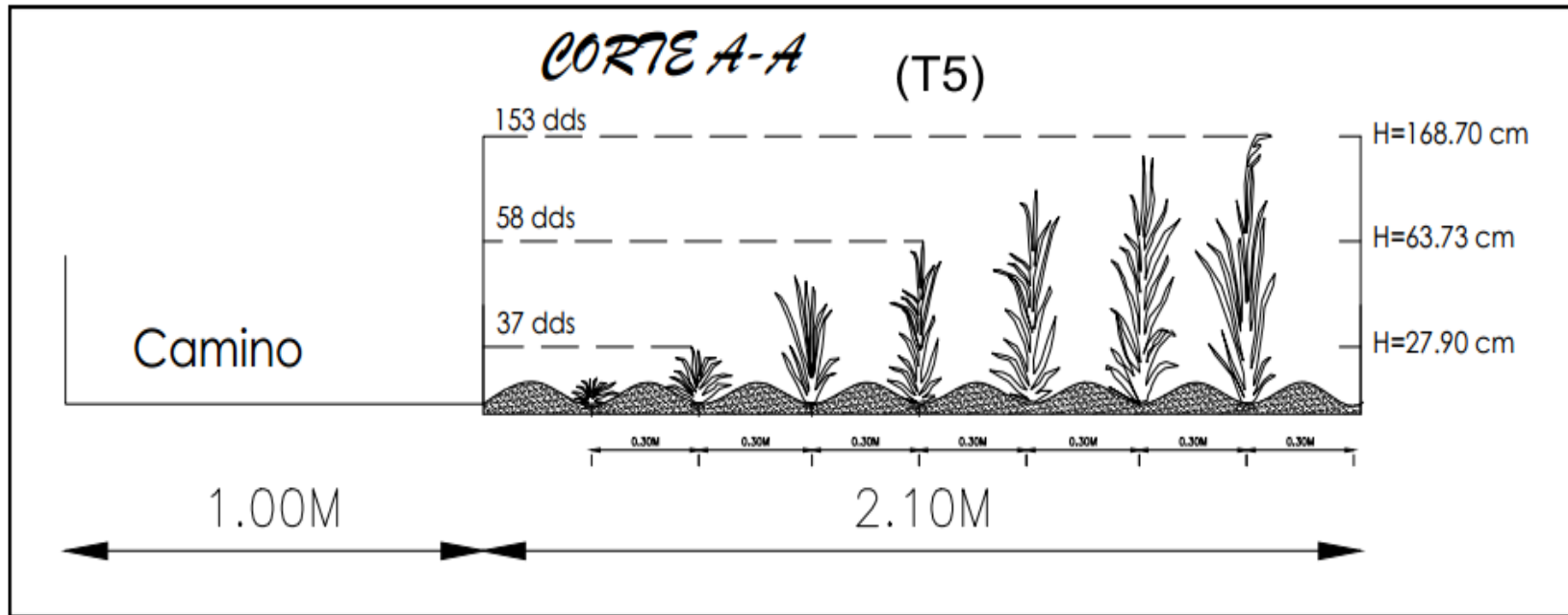


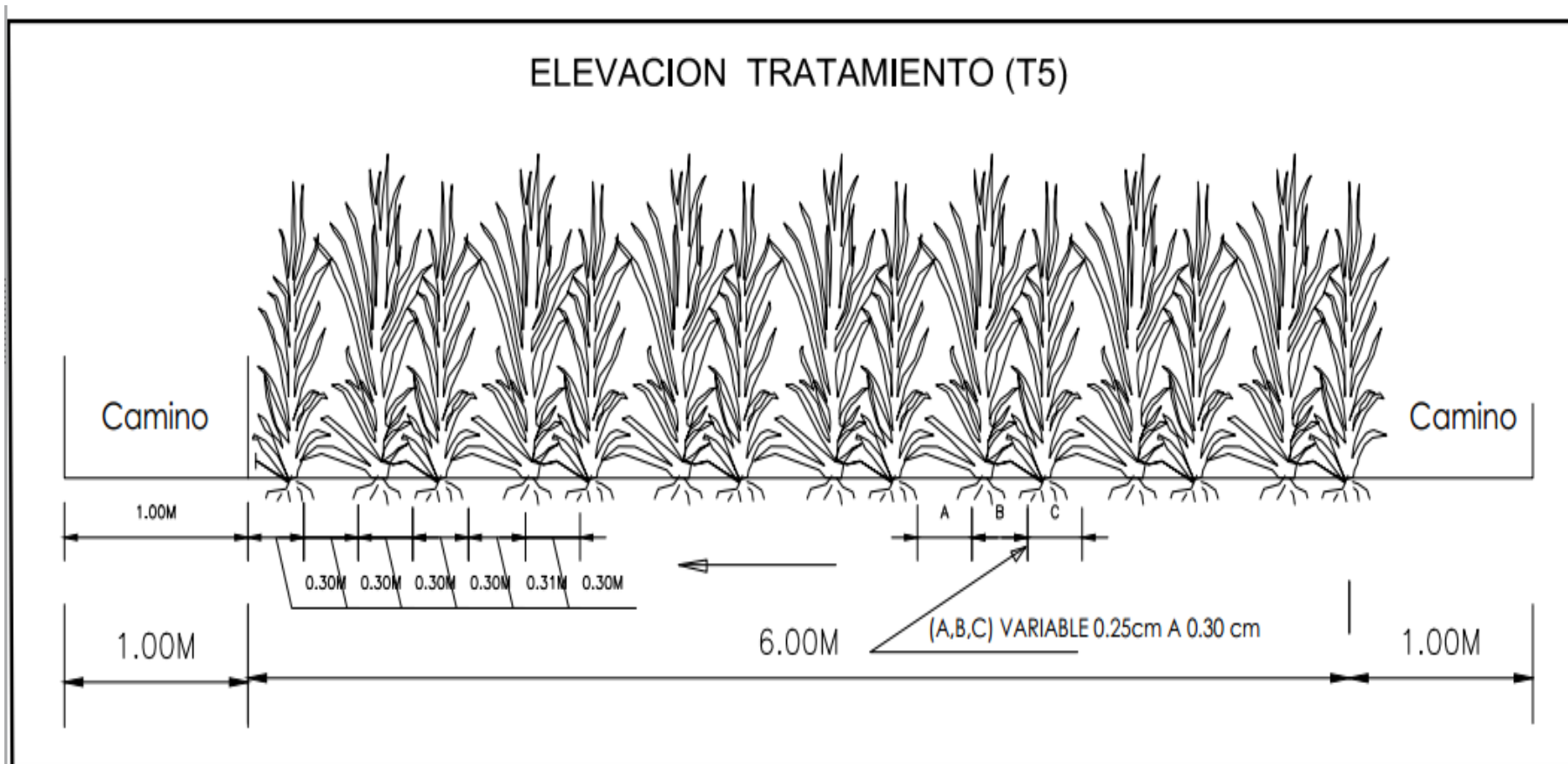
distribución en campo de los experimentos y unidades experimentales de “efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y eficiencia agronómica del nitrógeno del cultivo de avena forrajera (*avena sativa* L.)”. elaborado por: autor

## 2. DETALLE DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL



### 3. ESPECIFICACION GRAFICA DE ALTURA DEL CULTIVO DE AVENA





### **3.5.2. Datos registrados**

La evaluación se realizó desde el momento de la siembra hasta realizar el corte cuando el cultivo de avena alcanzo más del 50% de inicio de la floración, es decir a los 153 días después de la siembra.

#### **3.5.2.1. Materia verde por m<sup>2</sup>**

Por método de cuadrante, se determinó el peso de la materia verde, cortando al azar el material de 1 m<sup>2</sup> del área neta experimental.

#### **3.5.2.2. materia seca por m<sup>2</sup>**

El agua del material se evaporó mediante el calor y por pérdida de peso se obtuvo la cantidad de materia libre de agua, al cual se le denominará materia seca. Para lo cual, se pesó el material verde de 1 m<sup>2</sup> del área neta experimental y se colocó en material en papel para luego ser llevado a estufa a 10°C por 12 a 24 horas hasta que alcance el peso constante. Luego se volvió a tomar el peso del material ya en seco. El cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Materia seca (g)} = \frac{\text{Peso de muestra en seco} - \text{peso de papel} * 100}{\text{Peso de la muestra en húmedo}}$$

#### **3.5.2.3. altura de planta**

Se tomaron al azar 10 plantas del área neta experimental y se evaluaron la longitud del tallo principal desde el cuello de la planta hasta el ápice, tal cual está posicionado en el espacio, para luego hallar el promedio.

#### **3.5.2.4. Número de macollos por planta**

Se realizaron las evaluaciones hasta antes que se presente la espiguilla, se tomaron 10 plantas al azar del área neta experimental, con la ayuda de un macollador se contaron el número de macollos por planta y se obtuvo el promedio.

#### **3.5.2.5. Peso del forraje por metro cuadrado**

Con la ayuda del cuadro biométrico y una hoz se procedió hacer el corte del forraje del área neta experimental, se tomó el forraje cortado y en una balanza de precisión se pesaron y el peso promedio por metro cuadrado se expresa en gramos.

#### **3.5.2.6. Rendimiento por hectárea**

El peso del forraje en verde obtenido por metro cuadrado se transformó a hectárea (10,000 metros cuadrados), y los resultados se expresaron en toneladas/ha.

#### **3.5.2.7. Eficiencia agronómica de Nitrógeno**

Se llama eficiencia agronómica al rendimiento adicional o incremento de la producción por cada kg de nutriente agregado. La fórmula utilizada para conocer la eficiencia agronómica fue:

$$EAN = (R - R_0) / D$$

D: Cantidad de N aplicado como fertilizante

R: Rendimiento de la porción cosechada del cultivo con aplicación de N

R0: Rendimiento del tratamiento control sin aplicación de N

### **3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información.**

#### **3.5.3.1. Técnicas bibliográficas y de campo**

##### **a. Técnicas bibliográficas.**

- **Análisis documental:** Esta técnica bibliográfica, permitió recopilar o buscar los datos en documentos, fuentes escritas o gráficas de todo tipo, como documentos académicos y personales.
- **Análisis de contenido:** Esta técnica bibliográfica se utilizó para hacer inferencias válidas y confiables de datos respecto a su contexto. Que fueron libros artículos, conversaciones, etc.
- **Fichaje:** Esta técnica bibliográfica nos permitió registrar aspectos esenciales de los materiales que leemos, que nos permitió redactar el marco teórico.

##### **b. Técnicas de trabajo de campo.**

- **Observación:** Esta técnica nos permitió realizar la exploración del terreno para el cultivo de la avena, ya que es un proceso permanente de la investigación para conocer las propiedades; permite copiar, fotografiar el objeto y documentar.

### **3.5.3.2. Análisis de suelo en laboratorio**

Permitió realizar los análisis de suelo para obtener información sobre los requerimientos de fertilizantes en el cultivo de avena dicho análisis se realizó en la Universidad Nacional Agraria La Molina laboratorio de suelos y fertilizantes.

### **3.5.3.3. Instrumentos de recolección de información.**

#### **Instrumentos Bibliográficos**

Fichas de localización:

- ✓ Bibliográficas.
- ✓ Hemerográficas.

Fichas de investigación:

- ✓ Resumen
- ✓ Textual

#### **Instrumentos de Campo**

- ✓ Libreta de campo.
- ✓ Guías de observación.
- ✓ Fichas de registro.
- ✓ Inventario para observar los efectos.



### 3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

**Tabla N° 05.** Lista de materiales y equipos

Materiales	Equipos
- Picotas	- Cámara fotográfica
- Cordel	- Balanza
- Wincha 50m	- Computadora
- Rafia	- GPS
- Estacas	- Etc.
- Yeso	
- Costales	
- Semillas de avena	
- Bolígrafo	
- Fertilizante N P K	

### 3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.7.1. Elección del terreno y toma de muestras

El terreno elegido fue con una ligera pendiente con buen drenaje para evitar el empoza miento del agua y permitir una buena aireación, con vías de fácil acceso para su transporte de materiales e insumos, con disponibilidad de agua todo el tiempo.

El método de muestreo fue en zigzag, tratando de cubrir toda el área del terreno. El procedimiento para tal fin consistió en limpiar la superficie de cada punto escogido de 50 X 50 cm, con la ayuda de una pala recta se abrió un hoyo en forma cuadrada a una profundidad de 40 cm y se extrajo una tajada

de 5 cm de espesor de suelo, luego se echó en un balde limpio y se mezclarán las sub muestras, obteniendo de ella una muestra representativa de 1 Kg, que se envió al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina, para los análisis físicos y químicos respectivos.

### **3.7.2. La preparación del terreno**

Se realizó con la ayuda de yuntas hasta que el suelo estuvo completamente mullido. Luego se procedió a nivelar, con una rastra, se procedió a demarcar el terreno y posteriormente a surcar el terreno, considerando el distanciamiento establecido que fue de 0,30 m entre surcos esto con la ayuda de un azadón.

### **3.7.3. Siembra.**

La semilla para la siembra, fue certificada proveniente del INIA Huancayo y antes de realizar la siembra se efectuó la prueba de germinación.

La siembra se realizó por el método de chorro continuo en cada surco distanciados entre sí entre 0.30 m a una profundidad de 3 cm para luego ser cubierto con una delgada capa de tierra.

### **3.7.4. Riegos.**

Los riegos se realizaron por aspersión cada vez que el cultivo de avena lo ha requerido.

### **3.7.5. Fertilización.**

Los niveles de P y K fueron igual para todos los tratamientos (**Tabla 3**) sólo el factor en estudio fue Nitrógeno aplicado en distintas dosis, según corresponde a cada tratamiento. El momento de aplicación para P y K fue al momento de la siembra, el N se fracciono en dos partes, la mitad aplicado al momento de la siembra y la otra mitad al momento del macollaje alrededor de 45 días después de la siembra. Las fuentes de cada nutriente fueron: para N se utilizó la urea, para P la fuente fue superfosfato triple de calcio y como fuente de K se usó el cloruro de potasio.

### **3.7.6. Desahije.**

Esta actividad se realizó a los 20 días después de la emergencia de las plantas, eliminándoles a las plantas débiles o mal conformadas y dejando plantas más fuertes y desarrolladas en el surco.

### **3.7.7. Deshierbo.**

Se efectuaron en forma manual cuando el cultivo lo requiera necesario, con el objetivo de favorecer el desarrollo normal de las plantas y evitar la competencia con las malezas en cuanto a luz agua y nutrientes. En esta labor también se aprovechó para realizar una remoción de suelo, esto para dar una mejor aireación a las plantas.

### **3.7.8. Aporque.**

Se realizó cuando la planta alcanzó una altura de 30 cm no muy profundo y se realizó con el objetivo de favorecer una adecuada humedad del terreno y propiciar un buen sostenimiento del área foliar y también prevenir el ataque de plagas y enfermedades además con la finalidad de dar mayor base de sustentación a la planta, el cual permitirá el buen desarrollo de las raíces, se efectuará a los 45 días después de la siembra y se incorporó lo restante del N.

### **3.7.9. Control fitosanitario.**

Se ejecutó en forma preventiva, con evaluaciones constantes y oportunas, para el control de plagas y enfermedades.

### **3.7.10. Cosecha.**

Esta labor se realizó más del 50% de las plantas hayan alcanzado la floración.

## IV. RESULTADOS

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por computadora, mediante los programas de Microsoft Office Word, Excel, PowerPoint de acuerdo al diseño de investigación propuesto. Los resultados se presentan en cuadros estadísticos, tablas y gráficos utilizando los programas Microsoft Office Word y Excel.

Los resultados expresados en promedios se presentan en cuadros y figuras interpretados estadísticamente con las técnicas estadísticas del Análisis de Varianza (ANDEVA) a fin de establecer las diferencias significativas entre bloques y tratamientos donde los tratamientos que son iguales se denota con (ns), quienes tienen significación (\*) y altamente significativos (\*\*).

Para la comparación de los promedios se aplicó la prueba de significación de Duncan a los niveles de significación de 95 y 99% de probabilidades de éxito.

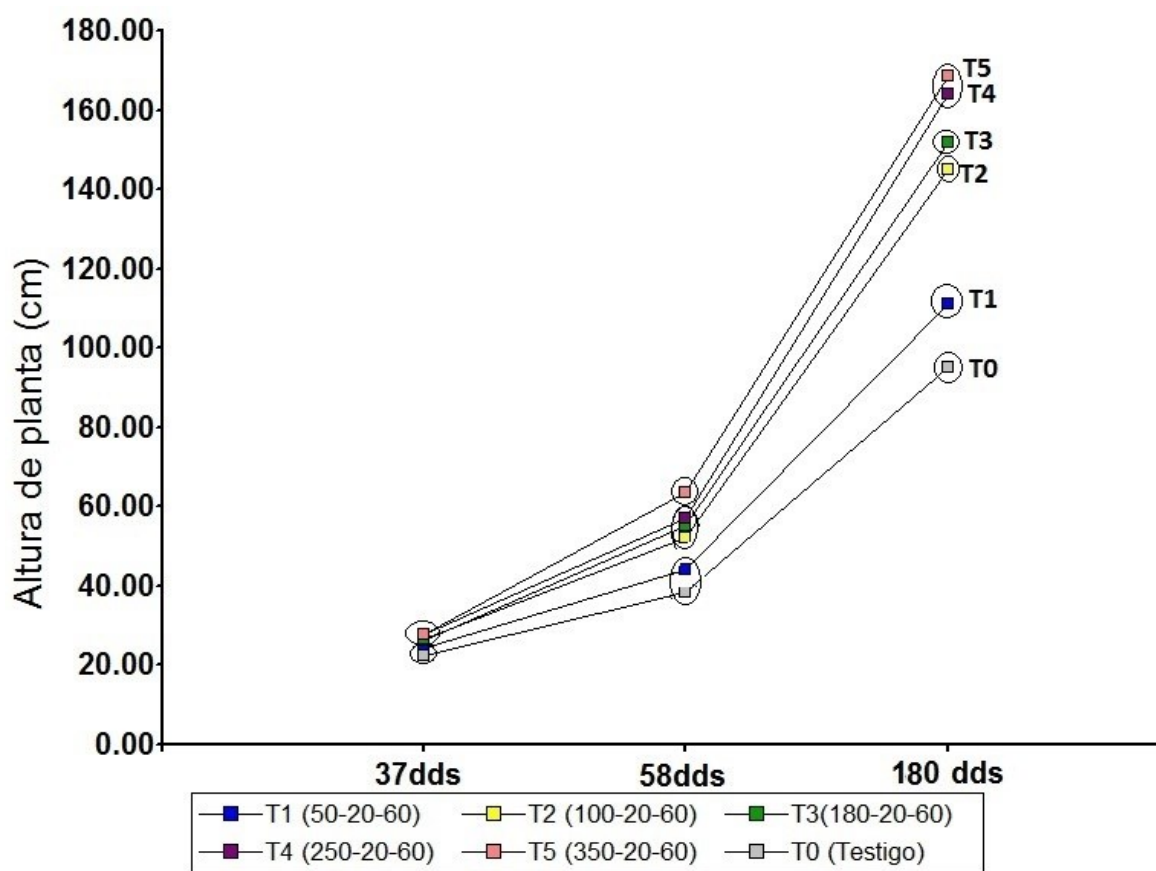
### 1. Evaluación de altura de plantas (cm)

La altura de plantas fue evaluada con el fin de conocer la evolución del desarrollo vegetativo del cultivo de avena. El análisis de varianza para altura de plantas a los 37 días después de la siembra, fue diferente altamente significativa ( $p$ -valor $<0,01$ ). A los 37 días después de la siembra, los tratamientos T0 (22,4 cm) y T1 (24,23 cm) fueron estadísticamente iguales y

presentaron valores más bajos de altura de planta, en tanto que los tratamientos T2 (26,7 cm), T3(26,13 cm), T4(27,8 cm), T5(27,9cm) fueron de longitud más alta y estadísticamente iguales. El C. V. fue de 4,09% (**Figura3**).

La altura de planta a los 58 días después de la siembra, el ANOVA indicó diferencia significativa entre tratamientos. Los tratamientos que tuvieron valores más bajos fueron el T0 con 38, 5 cm y el T1 con 44,17 cm de altura. Los tratamientos T2(52,03 cm), T3(55,07 cm), T4(56,90 cm) fueron estadísticamente iguales y con valores intermedios de altura de planta. El tratamiento T5 fue el de mayor altura presentando 63,73 cm. El C. V. fue de 4,71% (**Figura 3**).

Al momento de la cosecha (180 días después de la siembra), el ANOVA indicó diferencia significativa entre tratamientos ( $p$ -valor $<0,01$ ). Los tratamientos T5 y T4 presentaron los valores más altos de altura de planta, 168,7 y 164,2 cm respectivamente. Luego le siguió el tratamiento T3 con 151,67 cm. Seguido del tratamiento T2 con 145,07 cm. En seguida el tratamiento T1 con 111,1 cm, mientras que el tratamiento más pequeño fue el T0 con 95 cm en promedio. El C. V. fue de 1,49% (**Figura 3**).



**Figura 3:** Evolución de altura de planta a los 37, 58 y 180 días después de la siembra de los seis tratamientos. Los círculos que encierran a los tratamientos incluidos son estadísticamente iguales al 0,05 de nivel de significación.

**Tabla 06:** Prueba LSD para altura de la planta a los 37, 58 y 180 días después de la siembra, las distintas letras indican diferencia significativa entre tratamientos a un nivel de significación de 0.05

ORDEN DE MERITO	TRATAMIENTO	37 dds (cm)	58 dds (cm)	153 dds (cm)
1	T5(350-20-60)	27.90 A	63.73 A	168.70 A
2	T4(250-20-60)	27.80 A	56.90 B	164.20 A
3	T2(100-20-60)	26.70 A	52.03 B	145.07 C
4	T3(180-20-60)	26.13 A	55.06 B	151.67 B
5	T1(50-20-60)	24.23 B	44.16 C	111.10 D
6	T0(testigo)	22.40 B	38.50 C	95.00 E

FUENTE DE VARIACION	37 dds (cm)	58 dds (cm)	180 dds (cm)
Tratamiento (p.valor)	<0.01**	<0.01**	<0.01**
Repetición (p.valor)	<0.01**	<0.01**	<0.01**
C.V(%)	4.09	4.71	1.49

\*\*Altamente significativo

## 2. Número de macollos por planta (N°)

Los resultados del análisis de varianza para número de macollos por planta indicaron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos,



tampoco entre repeticiones (**Tabla 6**). El promedio de macollos por planta varió entre 10 y 13 (**Tabla 7**).

**Tabla 07:** Análisis de varianza para número de macollos por planta

Fuente de variación	Grados de libertad	S. C.	C. M.	Valor F	Valor-p
Tratamientos	5	19,61	3,92	1,31	0,33ns
Repetición	2	10,11	5,06	1,69	0,23ns
Error	10	29,89	2,99		
Total	17	59,61			

C. V.= 14,75%

**Tabla 08:** Prueba LSD para número de macollos por planta

Tratamiento	Medias (N°/planta)	Nivel de significancia 0,05
T0 (Testigo)	10,00	A
T3 (180-20-60)	11,00	A
T4 (250-20-60)	11,33	A
T2 (100-20-60)	12,33	A
T5 (350-20-60)	12,67	A
T1 (50-20-60)	13,00	A

### 3. Peso de biomasa aérea en verde de 1 m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)

El análisis de varianza para peso de biomasa aérea en verde por cada m<sup>2</sup>, indicó alta diferencia significativa entre tratamientos y repeticiones (**Tabla**

8). Tanto al 0,05 y 0,01 de nivel de significación, el tratamiento T5 tuvo mayor biomasa aérea en verde (21 kg m<sup>-2</sup>). Los tratamientos T1 y T0 presentaron valores más bajos de biomasa en verde (9,67 y 8,33 kg m<sup>-2</sup> respectivamente) (Tabla 10 y Figura 4).

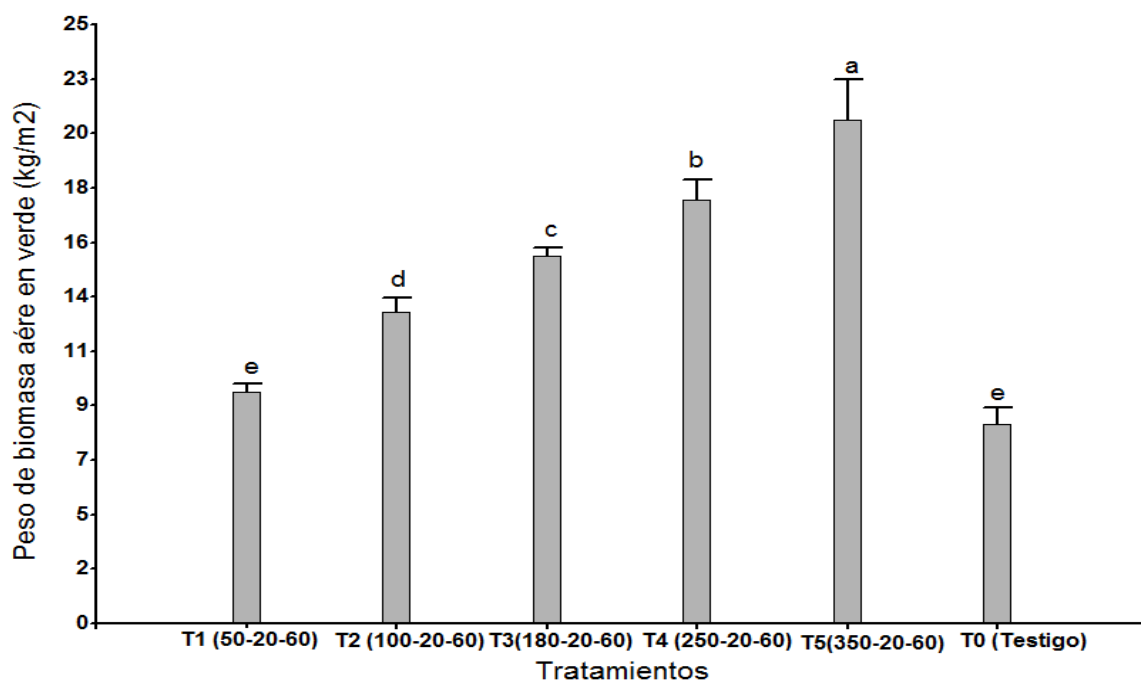
**Tabla 09:** Análisis de varianza para peso de biomasa aérea en verde por 1m<sup>2</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	S. C.	C. M.	Valor F	Valor-p
Tratamientos	5	347,83	69,57	61,38	<0,01**
Repetición	2	17,33	8,67	7,65	<0,01**
Error	10	11,33	1,13		
Total	17	376,50			

C. V.= 7,51%

**Tabla 10:** Prueba LSD para peso de biomasa aérea en verde por 1 m<sup>2</sup>

Tratamiento	Medias (kg/m <sup>2</sup> )	Nivel de significación	
		0,01	0,05
T5 (350-20-60)	21,00	A	A
T4 (250-20-60)	17,67	B	B
T3 (180-20-60)	15,33	BC	C
T2 (100-20-60)	13,00	C	D
T1 (50-20-60)	9,67	D	E
T0 (Testigo)	8,33	D	E



**Figura 4:** Diferencia del peso de biomasa aérea en verde por  $m^2$ , expresado en  $kg/m^2$  a un nivel de significación del 0,05.

### 3. Peso de biomasa verde por hectárea (t/ha)

El peso de biomasa aérea en verde llevado a hectárea, también fue diferente entre tratamientos. La dosis 350-20-60 (T5) rindió 210 toneladas por hectárea, mientras que los tratamientos con dosis 50-20-60(T1) y T0 rindieron menos biomasa aérea en verde,  $97 t ha^{-1}$  y  $83 t ha^{-1}$  respectivamente (**Tabla 11**).

**Tabla 11:** Prueba LSD para peso de biomasa verde por hectárea

Tratamiento	Medias (t/ha)	Nivel de significancia	
		0,01	0,05
T5 (350-20-60)	210	A	A
T3 (180-20-60)	177	B	B
T4 (250-20-60)	153	BC	C
T2 (100-20-60)	130	C	D
T1 (50-20-60)	97	D	E
T0 (Testigo)	83	D	E

#### 4. Peso de biomasa aérea en seco de 1m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)

El peso de materia seca (biomasa aérea en seco) por m<sup>2</sup> fue estadísticamente diferente entre tratamientos (**Tabla 12**). Los tratamientos T5 y T4 con 350 y 250 kg N/ha respectivamente desarrollaron mayor materia seca aérea por m<sup>2</sup>, 7,67 y 6,67 kg/m<sup>2</sup> respectivamente (**Tabla 13**). El tratamiento testigo el valor más bajo de materia seca aérea, con 3,33 kg/m<sup>2</sup> (**Tabla 13** y **figura 5**).

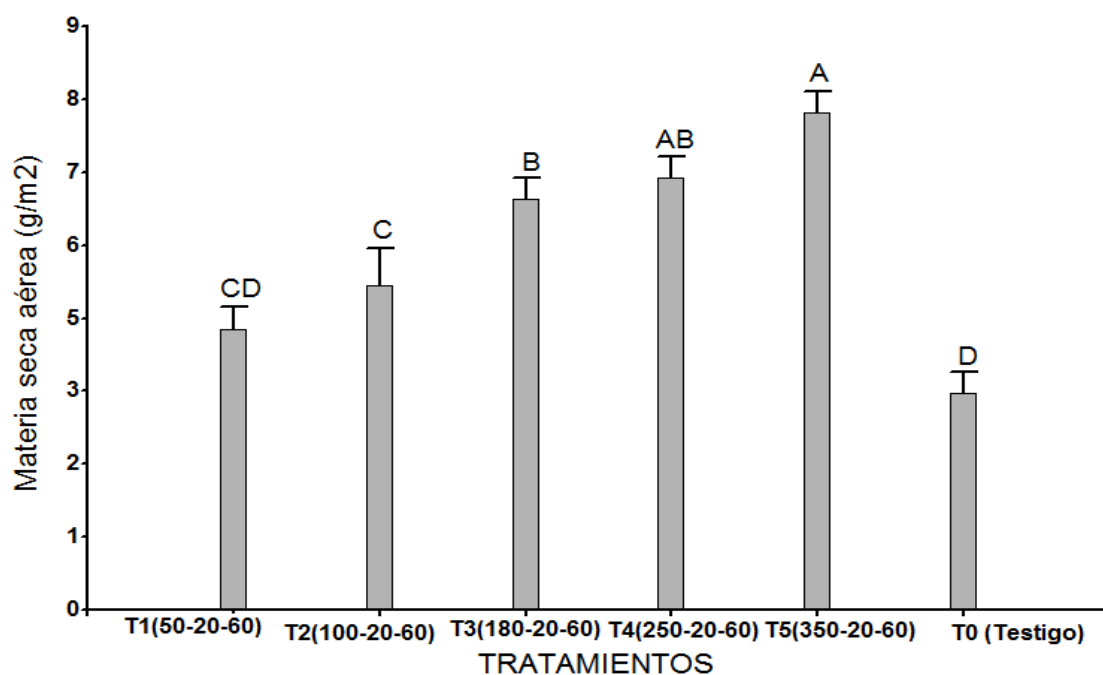
**Tabla 12:** Análisis de varianza para peso de biomasa aérea en seco por 1 m<sup>2</sup>

Fuente de variación	Grados de libertad	S. C.	C. M.	Valor F	Valor-p
Tratamientos	5	39,11	7,82	17,17	<0,01**
Repetición	2	0,78	0,39	0,85	0,45ns
Error	10	4,56	0,46		
Total	17	44,44			

C.V. = 12,15%

**Tabla 13:** Prueba LSD para peso de biomasa aérea en seco por 1 m<sup>2</sup>

Tratamiento	Medias (kg/m <sup>2</sup> )	Nivel de significancia	
		0,01	0,05
T5 (350-20-60)	7,67	A	A
T4 (250-20-60)	6,67	A	AB
T3 (180-20-60)	6,33	A	B
T2 (100-20-60)	5,00	B	C
T1 (50-20-60)	4,33	B	CD
T0 (Testigo)	3,33	B	D



**Figura 5:** peso de materia seca (kg/m<sup>2</sup>) a un nivel de significación de 0,05.

### 5. Peso de biomasa aérea en seco por hectárea

La materia seca de la biomasa aérea por hectárea fue distinta entre los tratamientos, debido a que estos valores se obtuvieron con aspa simple determinado de 1m<sup>2</sup>. El tratamiento T5 con dosis de 350-20-60 y el T4 con dosis de 250-20-60 generaron mayor materia seca aérea, con 76,65 y 66,65 t/ha (Tabla 13), mientras que los tratamientos T2, T1 y T0 valores más bajos de materia seca aérea (49,99, 43,32 y 33,32 t/ha respectivamente) (Tabla 14).

**Tabla 14:** Prueba LSD para peso de biomasa aérea en seco por hectárea

Tratamiento	Medias (t/ha)	Nivel de significancia	
		0,01	0,05
T5 (350-20-60)	76,65	A	A
T4 (250-20-60)	66,65	A	AB
T3 (180-20-60)	63,32	A	B
T2 (100-20-60)	49,99	B	C
T1 (50-20-60)	43,32	B	CD
T0 (Testigo)	33,32	B	D

Cv=12,15%

### 7. Porcentaje de materia seca aérea (%)

El porcentaje de materia seca (% de fibra) se obtuvo de la diferencia de materia seca del tratamiento fertilizado menos la materia seca del tratamiento testigo y dividido entre el rendimiento en verde. Este análisis se realizó para conocer el porcentaje de materia seca de la biomasa en verde. El análisis de varianza indicó que no hubo diferencia entre los tratamientos ni repeticiones (**Tabla 15**). La **Tabla 16** muestra los promedios de porcentaje de materia seca que varió entre 37,23 y 44,81.

**Tabla 15:** Análisis de varianza para porcentaje de materia seca aérea

Fuente de variación	Grados de libertad	S. C.	C. M.	Valor F	Valor-p
Tratamientos	5	117,88	23,58	0,72	0,62ns
Repetición	2	41,13	20,56	0,62	0,55ns
Error	10	329,09	32,91		
Total	17	488,11			

C. V.=14,36%

**Tabla 16:** Prueba LSD para porcentaje de materia seca aérea

Tratamiento	Medias (%)	Nivel de significancia	
		0,01	0,05
T1 (50-20-60)	44,81	A	A
T3 (180-20-60)	41,25	A	A
T0 (Testigo)	40,21	A	A
T2 (100-20-60)	38,21	A	A
T4 (250-20-60)	38,07	A	A
T5 (350-20-60)	37,23	A	A



## 8. Eficiencia agronómica del Nitrógeno

La eficiencia agronómica del Nitrógeno indica el incremento de rendimiento del cultivo de avena por kg de Nitrógeno. El análisis de varianza para Eficiencia Agronómica de Nitrógeno fue diferente entre tratamientos (**Tabla 17**). Los tratamientos T2 (100-20-60) y T3 (180-20-60) usaron con mayor eficiencia agronómica al Nitrógeno aplicado, 466,67 y 388,89 kg/kg de N respectivamente. Mientras que el T1 (50-20-60) usó el Nitrógeno y tradujo a 266,67 kg/kg de N, valor más bajo de Eficiencia Agronómica del Nitrógeno (**Tabla 18, Figura 6**).

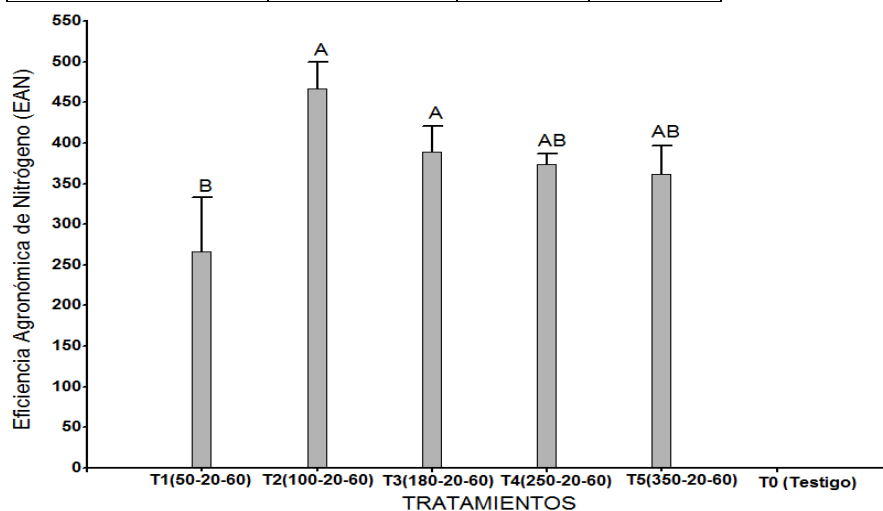
**Tabla 17:** Análisis de varianza para eficiencia agronómica de Nitrógeno (EAN)

Fuente de variación	Grados de libertad	S. C.	C. M.	Valor F	Valor-p
Tratamientos	5	406349,0	81269,8	20,02	<0,01**
Repetición	2	7052,4	3526,2	0,87	0,44ns
Error	10	40594,43	4059,4		
Total	17	453995,8			

C. V.=20,58%

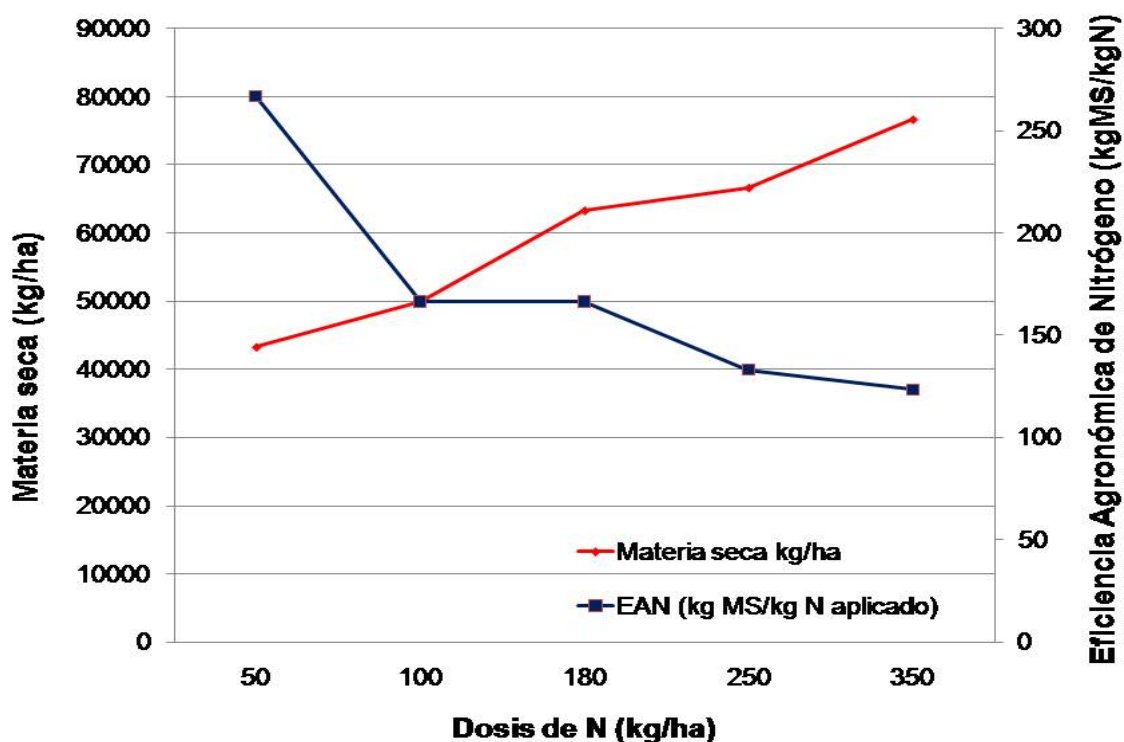
**Tabla 18:** Prueba LSD para eficiencia agronómica de Nitrógeno (EAN)

Tratamiento	Medias (kg/kg N)	Nivel de significancia	
		0,01	0,05
T2 (100-20-60)	466,67	A	A
T3 (180-20-60)	388,89	AB	A
T4 (250-20-60)	373,33	AB	AB
T5 (350-20-60)	361,91	AB	AB
T1 (50-20-60)	266,67	B	B
T0 (Testigo)	0,00	C	C

**Figura 6:** Diferencia en Eficiencia Agronómica de Nitrógeno a un nivel de significación de 0,05.

En el análisis de la EAN del cultivo de la avena forrajera, el rango de Nitrógeno aplicado para su uso eficiente fue en dosis de 0, 50, 100, 180, 250 y 350 kgN/ha. La dosis de 100 kgN/ha produjo la mejor eficiencia. A esta dosis,

el desarrollo de materia seca (kg/ha) y eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) se cruzan en la **Figura 7**. Los promedios de rendimiento de materia seca con esta dosis (100 kgN/ha) es de 5000 kg/ha, con una EAN de 169 kg de materia seca por kg de Nitrógeno agregado.



**Figura 7:** Figura de la dosis de N y la producción de materia seca en avena forrajera y representación gráfica del cálculo de EAN.

## IV. DISCUSIÓN

### 1. Evolución de altura de plantas (cm)

El cultivo de la avena después del primer abonamiento en estado temprano (37 días después de la siembra) el efecto de Nitrógeno con 100, 180, 250 y 350 kg N/ha tuvieron igual efecto sobre la longitud de la parte foliar (**Figura 3**). Estos resultados son razonables, porque en un estado temprano de desarrollo los cultivos absorben bajas cantidades de Nitrógeno, lo que es suficiente para el crecimiento de las plantas. Sin embargo, este nutriente es esencial para el desarrollo de los cultivos, Fontanetto (2008) indica que el nitrógeno produce un rápido crecimiento y aumento de materia seca. El efecto ambiental (humedad, dosis de nitrógeno y momento de aplicación) influyen directamente en el crecimiento vegetativo de este cultivo (Silva, 2006). Sin embargo, estos efectos no se hacen visibles durante los primeros 37 días después de la siembra, donde alcanza tamaños máximos de 27,9 cm.

Después del segundo abonamiento, a los 58 días después de la siembra, se pudo evidenciar mayores diferencias en longitud de la parte aérea del cultivo de la avena. El tratamiento T5 con dosis de 350-20-60 presentó tamaños más altos de la parte aérea (63,73 cm), mientras que el T0 sólo alcanzó 38,5 cm de longitud de la parte aérea (**Figura 3**). Para Silva (2006) el agregado de nitrógeno como fertilizante incrementa el forraje sin afectar a la calidad del pasto, ni el consumo o la productividad de los animales, la

respuesta de los cultivos depende también de la concentración de nitratos en el suelo, a mayor nitrato se ven menores respuestas. En este trabajo, se aplicó como fuente de nitrógeno a la urea, este fertilizante es de fácil disponibilidad (Asado, 2015), por lo que se ven mayores respuestas a su agregado en el corto periodo de manejo.

A los 180 días después de la siembra, momento en el que se cosechó el forraje se vieron mayores diferencias en longitud de la parte aérea del cultivo de avena. Los tratamientos T4 y T5 alcanzaron estadísticamente igual longitud de tallos, ambos tratamientos se aplicaron 250 y 350 kg de nitrógeno por ha. Las longitudes alcanzadas por los T4 y T5 fueron de 168,7 y 164,2 cm respectivamente (**Figura 3**), el T0 sólo llegó a 95 cm. El efecto del nitrógeno incrementó la longitud del cultivo en 73,7 y 69,2 cm respectivamente (diferente entre T4 y T5 menos el T0). Lo cual es razonable porque el nitrógeno aplicado como fertilizante, es rápidamente absorbido por el cultivo, si encuentra las condiciones de humedad adecuado. Según Bernal (2003) el contenido de proteínas aumenta con el agregado del nitrógeno en un 23% con dosis de 250 kg N/ha. Se sabe que el contenido de proteínas indica contenido de nitrógeno en las plantas, por lo cual la fertilización nitrogenada tiende a aumentar la longitud de los cultivos y por consiguiente mejora la concentración de proteínas para alimentación animal. Mientras más biomasa aérea, mayor nitrógeno en hojas y mayor proteína. La fertilización nitrogenada es una herramienta para mejorar la calidad y producción de los cultivos (mayor

proteína), induciendo a mayor materia seca disponible para pastoreo (Denda, 2017). Shehu *et al.* (2010) vieron mayor número de ramas, hojas, vainas y altura de plantas con dosis de 112,5 kg N/ha. Haruna *et al.* (2011) vieron mayor altura de planta, mayor número de hojas por planta y más materia seca total con dosis de nitrógeno de 120 kg/ha. Malik *et al.* (2003) obtuvieron altura de planta promedio de 120 cm y, Vázquez (2009) y González (2010) obtuvieron 110 y 192 cm respectivamente. Valdez *et al.* (2011) obtuvieron en promedio 264 cm de altura en condiciones de suelos degradados. Los resultados de este experimento corroboran que el nitrógeno agregado como fertilizante genera mayor tamaño de las plantas y por lo tanto mayor rendimiento, con el único peligro de producirse el acame de los cultivos generado por los vientos, lo cual se recomienda controlar con rompe vientos.

## **2. Número de macollos por planta (N°)**

La fertilización nitrogenada no afectó al número de macollos por planta (**Tablas 6 y 7**). Estos resultados se pueden atribuir a las características morfológicas estables de la avena forrajera, lo cual no varió con el agregado del nitrógeno. Pese a que el Nitrógeno fue variable, el fósforo y potasio fue constante para todos los tratamientos (20 y 60 kg/ha respectivamente). Estos dos últimos nutrientes (P y K) son requeridos en menor cantidad por los cultivos, debido a que son relativamente estables en el suelo, por lo cual su aporte solo se relaciona con las exportaciones del cultivo. Sin embargo, el nitrógeno tiene un efecto especial en el suelo, ya que los compuestos

asimilables por las plantas (nitrato y amonio) son de rápida pérdida (Gutiérrez *et al.*, 2018). Roberts (1997) también informaron que el cultivo de avena una vez maximizado su uso de nitrógeno, no aumenta mayor número de macollos, puesto que han alcanzado su máxima capacidad de uso de nutrientes. Nuestros resultados sugieren que el cultivo de la avena no cambia el número de macollos por planta cuando se agrega nitrógeno en cantidades diferenciales, el efecto es más pronunciado en la producción de biomasa aérea que en el número de macollos por planta.

### **3. Peso de biomasa aérea en verde de 1 m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)**

En el momento de la cosecha (180 días después de la siembra), la biomasa aérea en verde del tratamiento T5 (350-20-60) tuvo mayor peso, alcanzó 21 kg m<sup>-2</sup> superando al testigo en 39,6% quien sólo alcanzó 8,33 kg m<sup>-2</sup> (**Tabla 11**). El N se fraccionó en dos partes, la mitad al momento de la siembra y la mitad a los 45 días después de la siembra (momento en que empezó el macollaje). Fontanetto *et. al.* (2017) indican que las dosis divididas generan mayores producciones que la dosis única, debido a que la disponibilidad de N en el suelo para el crecimiento es mayor. Además, esta especie, al momento de la siembra requiere la disponibilidad de los nitratos para su implantación y posterior desarrollo. El agregado de nitrógeno como fertilizante produce un rápido crecimiento, mientras más nitrógeno, mayor desarrollo, por lo que se habrían visto mayores rendimientos de biomasa fresca con 350 kg/ha de

nitrógeno. Ciampitti y García (2007) señalaron que la avena extrae 20 kg N por tonelada de materia seca producida. Si bien se agregó nitrógeno en forma de fertilizantes como urea, este agregado no es aprovechado al 100% por el cultivo, una revisión hecho por Ciampitti *et al.* (2006) indica pérdidas de hasta el 50% con dosis de 80 y 100 kg de urea, esto depende también de la humedad inicial del suelo. Por lo cual, aplicar dosis altas sugiere dividir la fertilización en varias aplicaciones. Según Guerrero (2012) el nitrógeno es esencial para los seres vivos porque constituye las biomoléculas sintetizadas en el organismo como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, clorofilas; por lo cual influye directamente en el rendimiento y calidad de los cultivos. Por lo cual, se habrían visto mayores valores de biomasa fresca con el agregado de mayores dosis de nitrógeno.

#### **4. Peso de biomasa verde por hectárea (t/ha)**

El peso de la biomasa verde llevado a escala de hectárea, el mayor rendimiento se obtuvo con el T5 (350-20-60), 210 toneladas por hectárea y el testigo (T0) sólo rindió 83 t ha<sup>-1</sup> (**Tabla 11**). Estos resultados son superiores a los obtenidos por Simbaña (2015) que estudiaron varias dosis de nitrógeno en avena forrajera, vieron mayores rendimientos de materia verde (24050 kg/ha) con 120 kg de nitrógeno por hectárea. Ross *et al.* (2011) indican que el rendimiento de la avena también es afectado significativamente por la fertilización nitrogenada, la magnitud de dicho efecto varía entre años y sitios, los efectos se ven magnificados cuando hay suficiente humedad en el suelo.



Por otro lado, Silva *et al.* (2006) vieron mayores rendimientos en forraje fresco y proteínas con dosis de 75 y 150 kg N/ha. Mientras más nitrógeno disponible para el cultivo de avena, mayor desarrolla biomasa fresca aérea del cultivo. Haruna *et al.* (2011) vieron mayores rendimientos de biomasa fresca con dosis de 120 kg de Nitrógeno por ha, concordando con Shehu *et al.* (2010) vieron mayor biomasa vegetal (número de ramas, hojas y materia seca) con altas dosis de nitrógeno (112,5 kg N/ha). Los resultados de esta experiencia indican que mientras más altas sean las dosis de Nitrógeno, el cultivo desarrolla mayor biomasa aérea fresca.

#### **5. Peso de biomasa aérea en seco de 1m<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>)**

La materia seca aérea alcanzada por los tratamientos T5 y T4 fue de 7,67 y 6,67 kg/m<sup>2</sup> respectivamente (**Tabla 13**). El tratamiento testigo el valor más bajo de materia seca aérea, con 3,33 kg/m<sup>2</sup> (**Tabla 13 y figura 5**). Silva *et al.* (2006) también vieron mayor materia seca con dosis de nitrógeno fraccionado a la siembra y a los 45 días después de la siembra, consigo aumentó la concentración de proteína. Carrillo *et al.* (2010) obtuvieron 15,37 t MS/ha cuando aplicaron 60 unidades de nitrógeno por ha y el testigo rindió 4,90 t MS/ha. Fontanetto *et al.* (2017) en su experimento, en el tercer corte el cultivo de avena alcanzó mayor materia seca con dosis de 50 kg/ha en relación al testigo, concordando con Denda (2017) que sugirió que la fertilización nitrogenada puede incrementar la materia seca e incluso cambiar la cantidad y composición química de la biomasa producida. Pautasso y

Quinodóz (2019) vieron bajos valores de materia seca por hectárea, en promedio de 800 kg/ha, ellos sugieren como umbral 92 kg N/ha para alcanzar el rendimiento de 3035 kg de materia seca/ha. Sin embargo, en este estudio se aplicaron dosis superiores a lo sugerido por dichos autores, ya que las condiciones de experimentación de dicha experiencia fueron otras, otro tipo de suelos, otras características ambientales, entre otros.

## **6. Peso de biomasa aérea en seco por hectárea**

La materia seca llevada a escala de hectárea resultó en mayores rendimientos con dosis de 350 kgN/ha (T5) y 250 kgN/ha (T4) alcanzando 76,65 y 66,65 t/ha (**Tabla 14**). Estos valores son respuestas solo al agregado de nitrógeno, ya que las dosis de fósforo y potasio fueron constantes para todos los tratamientos (20-60 kg/ha respectivamente). Pautasso y Quinodóz (2019) vieron eficiencias de uso de fósforo de 19 kg de materia seca por kg de fósforo. Roberts (1997) informaron que la materia seca se incrementa exponencialmente en el periodo de crecimiento vegetativo y aumenta su eficiencia de uso de radiación solar debido a su mayor área foliar. La fertilización incrementa la cantidad de materia seca acumulada. González (2011) vieron con cultivos de cobertura avena+lupino el cultivo de avena acumula mayor materia seca debido al alto aporte de nitrógeno con la cobertura. Filippini (2007) obtuvieron 4300 kg de materia seca por hectárea con el agregado de nitrógeno. El nitrógeno interviene en varios procesos metabólicos de las plantas, por lo que al agregársele al suelo generan más

materia seca, lo cual es deseable para la alimentación animal, ya que mientras más fibrosa sea su alimentación, mayor uso eficiente y desarrollo del animal traduciéndose en más carne. En esta experiencia se vio que mientras más altas son las dosis de nitrógeno más materia seca desarrollan los cultivos.

### **7. Porcentaje de materia seca aérea (%)**

El porcentaje de materia seca (% de fibra) se obtuvo de la diferencia de materia seca del tratamiento fertilizado menos la materia seca del tratamiento testigo y dividido entre el peso de biomasa fresca. El análisis de varianza indicó que no hubo diferencia entre los tratamientos (**Tabla 15**). Esto es razonable porque la materia seca que contiene la biomasa fresca es proporcional a su peso, la fertilización nitrogenada aumenta la biomasa fresca, pero no afecta a la proporción materia seca/biomasa verde. El C.V. fue de 14,36%, datos que están por encima del rango informado por Sánchez (2010) en condiciones controladas (laboratorio e invernadero) donde el coeficiente de variación debe ser del 5%. Basado en la hipótesis nula que afirma que no existe diferencia entre el porcentaje de materia seca (% de fibra) entre los tratamientos aplicados, se acepta dicha hipótesis nula, ya que nuestros resultados corroboraron que todos los tratamientos no son estadísticamente diferentes.

## 8. Eficiencia agronómica del Nitrógeno (EAN)

La EAN es el incremento de rendimiento de la biomasa fresca por kg de nitrógeno agregado como fertilizante (kg de MS/kg de N aplicado). Los tratamientos T2 (100-20-60) y T3 (180-20-60) usaron con mayor eficiencia agronómica al Nitrógeno aplicado, 466,67 y 388,89 kg/kg de N respectivamente. Mientras que el T1 (50-20-60) usó el Nitrógeno y tradujo a 266,67 kg/kg de N, valor más bajo de Eficiencia Agronómica del Nitrógeno (**Tabla 18, Figura 6**). Este parámetro (EAN) determina la eficacia de la aplicación de N para la acumulación de biomasa (Legarda, 2015). Su cálculo fue restando la producción de biomasa verde del testigo (T0) del rendimiento de cualquiera de las dosis estudiadas (TX) y luego se divide entre la dosis de nitrógeno  $[(RTX - RT0)/\text{dosis de N}]$ . Esta forma de realizar los cálculos logra determinar el punto de la curva para equilibrar la eficiencia con el rendimiento de materia seca. En este estudio, a la dosis de 100 kg N/ha aplicado al cultivo de avena en dos fracciones (mitad a la siembra y la otra mitad al macollaje) logra obtener la mejor eficiencia agronómica del nitrógeno (169 kg MS/kg N) con la producción de 5000 kg de materia seca por hectárea donde se cruzan las líneas en la **Figura 7**. Para Legarda (2015) la eficiencia agronómica del nitrógeno es un procedimiento que toma en cuenta la respuesta de la planta y no se basa en el análisis del suelo, ya que el cultivo mismo indica en el campo las necesidades de N del cultivo. En otro estudio realizado por Loayza (2016) vieron las mejores EAN (200 kg de materia seca/kg N) con una dosis de 120 kgN/ha, con lo cual alcanzaron rendir 5500 kg de materia seca/ha. Nuestros resultados sugieren que la dosis de 100 kg N/ha es la más óptima para generar la mejor EAN, dosis mayores podrían resultar en excesivos crecimientos y bajos usos eficientes de nitrógeno, lo mismo corrobora la prueba de LSD realizado (**Figura 6**).

## VI. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos T5(350-20-60) y T4(250-20-60) alcanzaron valores más altos de longitud de plantas. La fertilización nitrogenada o afectó al número de macollos por planta. Los mismos tratamientos (T5 y T4) obtuvieron mayor biomasa fresca con 210 y 177 t/ha respectivamente, la materia seca más alta también fue obtenida por dichos tratamientos, con 76,65 y 66,65 t/ha respectivamente. Mientras que el % de fibra (% materia seca) fue constante con los tratamientos de fertilización.
2. La mayor Eficiencia Agronómica de Nitrógeno (EAN) se obtuvo con la dosis de 100-20-60, a este nivel de eficiencia la materia seca alcanzada fue de 5000 kg/ha, la EAN fue de 169 kg de materia seca/kg de nitrógeno.
3. La fertilización óptima para el cultivo de avena forrajera fue con la dosis de 100-20-60, seguido de 180-20-60.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Para alcanzar rendimientos más altos en fibra, materia seca, biomasa fresca en el cultivo de la avena se recomiendan dosis más altas de nitrógeno, 250 y 350 kgN/ha. Sin embargo, para que el cultivo use con mayor eficiencia agronómica al nitrógeno que se le agrega como fertilizante, se recomienda la dosis de 100-20-60.
2. Con fines agronómicos y desde el punto de vista ambiental se recomienda aplicar dosis de 100-20-60 para evitar excesos y deficiencias de nitrógeno.

## VIII. LITERATURA CITADA

1. Agronómico N° 11. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina.  
Disponibile en  
[http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/E036AC788900A6560325728E0069FF05).
2. Alba, F. 2013. *pastos y forrajes*. Ecuador: Instituto Técnico Superior Agronómico Salesiano. disponible en URL:  
<https://www.yumpu.com/es/document/view/14179364/pastosforrajesinstituto-tecnico-superior-agronomico-salesiano/53> [consulta 20 de marzo de 2020].
3. Araujo, O. 1996. Alimentación estratégica con bloques multinutricionales: Suplementación de mautas a pastoreo. *Revista Científica LUZ*, 6(1), pp. 95-99.
4. Bernal, J. 2003. *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos*. Quito, Ecuador: IPNI.
5. Cabalceta, G. 1999. *Fertilizacion Y Nutricion De Forrajes De Altura*. Costa Rica: s.n. disponible en  
URL:[http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_239.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_239.pdf) [consulta 27 de marzo de 2020].
6. Carrillo Romo, R., Esqueda Coronado, M.H., Báez González, A.D., Reyes López, G., Royo Márquez, M.H., & Ibanez González, J.L. 2010.

Uso de inoculante y fertilización nitrogenada en la producción de forraje de avena, ballico y trigo. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(2), 131-143.

7. Chávez, C. y Gómez, R. 1999. *Guía técnica para la producción de avena forrajera en Chihuahua. Si produce, pastos*. s.n.t. disponible en URL:[http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/trimestrales/anexo\\_2413-5-2014-02-2.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/8/2013/trimestrales/anexo_2413-5-2014-02-2.pdf) [consulta 27 de marzo de 2020]
8. Ciampitti I.A., H. Fontanetto, F. Micucci y F.O. García. 2006. Manejo y ubicación del fertilizante junto a la semilla: Efectos Fitotóxicos. *Informaciones Agronómicas* N° 31, *Archivo Agronómico* N° 10. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires, Argentina. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/0F49DBD2C6BC86BA032571F60051B03F](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/0F49DBD2C6BC86BA032571F60051B03F).
9. Ciampitti, I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. *Cereales, Oleaginosos e Industriales. Informaciones Agronómicas* N° 33, *Archivo*
10. Cisa-Agro. 2012. *Productos Agropecuarios*. Managua, Nicaragua: Autor.
11. Denda, S. 2017. Impacto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y la composición química de trigo doble propósito y otros



- forrajes invernales: revisión bibliográfica. *Ciencia Veterinaria*, 7(1),65-81.
- 12.** Espinosa, J. 2003. *Manuel de nutrición y fertilización de pastos*. Bogotá, Colombia: International Plant Nutrition Institute.
- 13.** Flores, E. 2014. *Disponibilidad De Nitrógeno Y Desarrollo De Avena Forrajera (Avena Sativa L.) Con Aplicación De Biosólidos*. México: Terra Latinoamericana, 32(2), pp. 99-105 disponible en URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57331299002> [consulta 20 de febrero de 2020].
- 14.** Fontanetto, H. 2008. *Fertilización nitrogenada en avena*. Buenos Aires, Argentina: s.n. disponible en URL: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/%20\\$webindex/AF72641404A1B17703257457005ADAF0/\\$file/6.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/%20$webindex/AF72641404A1B17703257457005ADAF0/$file/6.pdf) [consulta 27 de febrero de 2020].
- 15.** Fontanetto, H.; Keller, O.; García, F. y Ciampitti, I. 2017. Fertilización nitrogenada en avena. *Informaciones agronómicas #38*. Buenos Aires, Argentina: s.n.
- 16.** García, C. 2007. *Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios*. Disponible en URL: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1083> [consulta 27 de febrero de 2020].
- 17.** García, J. P., y Espinosa, J. 2009. *Efecto del fraccionamiento de nitrógeno en la productividad y en la eficiencia agronómica de*

*macronutrientes en maiz*. Ecuador: Informaciones Agronómicas N° 72 pp. 5 disponible en URL: [http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/F6C2CDE6735C18CF852579A0006B1E93/\\$FILE/Efecto%20del%20Fraccionamiento%20de%20Nitr%C3%B3geno%20en%20la%20Productividad%20.....pdf](http://www.ipni.net/publication/ialahp.nsf/0/F6C2CDE6735C18CF852579A0006B1E93/$FILE/Efecto%20del%20Fraccionamiento%20de%20Nitr%C3%B3geno%20en%20la%20Productividad%20.....pdf) [consulta 27 de marzo de 2020]

18. González Salomón, J.M. 2010. Fertilización nitrogenada del sésamo (*Sesamum indicum* L.), en un suelo de Escobar, Departamento de Paraguarí. Tesis (Ing. Agr.) Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. 34 p.
19. Guerrero, J. M. 2012. Guía técnica “Asistencia técnica dirigida en análisis de suelos y fertilización en el cultivo de avena forrajera”. UNALM y Agrobanco, Servicios Financieros para el Perú Rural.
20. Gutiérrez, F.; Loayza, C.; Portilla, A. y Espinosa, J. 2018. Evaluación de dosis de nitrógeno sobre la acumulación de biomasa, composición bromatológica y eficiencia de uso en avena forrajera (*Avena sativa*), variedad Dorada. *Siembra* 5(1): 71-78.
21. Haruna, I.M.; Aliyu, L.; Olufajo, O.; Odion, E. C. 2011. Growth of Sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by Poultry Manure, Nitrogen and Phosphorus in Samaru, Nigeria.

- 22.** Hernández, R. 2002. *Nutrición Mineral de las plantas*. Venezuela: Universidad de los Andes. disponible en URL: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/> [consulta 27 de marzo de 2020].
- 23.** INEC. 2012. *Seguridad alimentaria en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Autor.
- 24.** INFOAGRO. 2012. *El cultivo de avena. Industria de los cereales y derivados*. Quito, Ecuador: Autor.
- 25.** Legarda, A. 2015. *Efecto De La Omisión De Nutrientes En Cuatro Variedades De Brachiaria*. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: s.n.
- 26.** Loayza, C. E. 2016. Eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera (*Avena sativa* L.). Trabajo de grado para obtener título de ingeniero agrónomo. Universidad Central del Ecuador.
- 27.** Paladines, O., y Izquierdo, F. 2007. *Fertilización de Pasturas en el Centro Norte*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- 28.** Pautasso, J. M. y Quinodóz, E. 2019. Fertilizaciónn de avena y reigrás. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Entre Ríos. Entre Ríos, Argentina. Disponible en: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/fertilizacion-avena-raigras-t43311.htm>. Consultado: 30 de marzo de 2020.

- 29.** Pérez, G. 2014. *Evaluación de dos variedades de avena para grano y efecto de la fertilización nitrogenada*. Argentina: INTA. disponible en URL: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpinta\\_bolivar\\_evaluacion\\_de\\_dos\\_variedades\\_de\\_avena\\_par.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpinta_bolivar_evaluacion_de_dos_variedades_de_avena_par.pdf) [consulta 27 de enero de 2020]
- 30.** Quintero, E. 2005. *Manejo Del Fósforo En Pasturas*. Argentina: s.n. disponible en URL: [http://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_fertilizacion/09-manejo\\_del\\_fosforo\\_en\\_pasturas.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_fertilizacion/09-manejo_del_fosforo_en_pasturas.pdf) [consulta 21 de enero de 2020]
- 31.** Robalino, M. 2008. *Evaluación de biofertilizantes en la producción de forraje y semilla de Arrhenatherumelatius (Pasto avena)*. Riobamba, Ecuador: s.n. disponible en URL: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1505/1/17T871.pdf> [consulta 27 de marzo de 2020]
- 32.** Roberts, T. 1997. Papel del fósforo y del potasio en el establecimiento de los cultivos. *Informaciones agronómicas* N° 26. Instituto de la potasa y el fósforo-INPOFOS. Quito, Ecuador. 1-4.
- 33.** Ropana, M. 2015. *Intoxicación por nitrato*. Chile: disponible en URL: [http://www.ropana.cl/plantas\\_toxicas/nitra.htm](http://www.ropana.cl/plantas_toxicas/nitra.htm) [consulta 27 de marzo de 2020]

34. Ross, F., Massigoge, J., & Zamora, M. 2011. Fertilización de cebada cervecera en ambientes con tosca en el sur de Buenos Aires, Argentina. INTA
35. Sánchez, J. 2010. Introducción al diseño experimental. Quito, Ecuador: INGELSI.
36. Shehu, H. E.; Kwari J. D.; Sandabe; M. K. 2010. Effects of N, P and K fertilizers on yield, content and uptake of N, P and K by sesame (*Sesamum indicum* L.). *Int. J. Agric. Biol.*, 12 (6): 845-850.
37. Silva, A., Coral, D. y Menjivar, J. 2006. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbial y rendimiento de avena forrajera en un suelo andisol del departamento de Nariño, Colombia. *Acta Agronómica*, 55(1), 55.
38. Simbaña, H. 2015. *Adaptación Y Valor Forrajero De Pasto Avena (Arrhenatherum Elatius L.) Con Diferentes Niveles De Fertilización Nitrogenada En Prefloración Y Floración*. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agropecuario. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador: ESPE. disponible en URL:<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10225/1/T-ESPE-002786.pdf> [consulta 31 de marzo de 2020].
39. Urbano, D. 1996. *Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tres gramíneas tropicales*. Mérida, Venezuela:

s.n. disponible en URL:  
<http://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/viewFile/11668/11658> [consulta 15 de febrero de 2020]

40. Valdez, A.S.; Florentín, M.; Mendoza, F. 2011. Curva de respuesta de NPK y micronutrientes (B, Zn) en el cultivo de sésamo (*Sesamum indicum* L.). In: II Simposio Paraguayo de Manejo y Conservación de Suelos. Sociedad Paraguaya de Ciencia del Suelo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. p 136 - 139.
41. Vázquez Gómez, P. R. 2009. Fertilización nitrogenada y su efecto en la producción de sésamo (*Sesamum indicum* L.), en un alfisol de Escobar, Departamento de Paraguarí. Tesis (Ing. Agr.) Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. 38 p.
42. Yoshida, N. 2001. *Manejo de pasto mejorado*. disponible en URL:<http://www.ne.jp/asahi/agricola/nobui/report/mp3.html> [consulta 27 de marzo de 2020].

# ANEXOS

fig.8: ANÁLISIS DE SUELO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : SUSANA CALDAS LOPEZ

Departamento : HUANUCO  
Distrito : HUACRACHUCO

Referencia : H.R.63841-077C-19

Provincia : MARAÑÓN  
Predio : SAN CRISTOBAL  
Fecha : 28/12/19

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	N %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
									Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
7853		5.70	0.72	0.00	2.65	0.14	7.3	159	41	30	29	Fr.Ar.	11.68	8.16	2.52	0.41	0.17	0.10	11.35	11.25	96

A = Arena ; A Fr. = Arena Franca ; Fr A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr Ar A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr Ar. = Franco Arcilloso ; Fr Ar L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar A. = Arcillo Arenoso ; Ar L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Dr. Sady García Bendezú  
Jefe del Laboratorio

## Interpretación del análisis de suelo.

- ✓ El pH es ácido, pero soportable para el cultivo de avena.
- ✓ La C.E (conductividad eléctrica) es baja concordante con el pH del suelo, ya que las sales son bajas en suelo ácidos.
- ✓ La materia orgánica (2.54%) se encuentra en un nivel medio, porque de 2 a 4% es intermedio.
- ✓ El P se encuentra en un nivel medio.
- ✓ El K está en un nivel bajo.



- ✓ La textura del suelo es óptima para el cultivo de avena porque es franco arenoso, según el requerido por el cultivo.
- ✓ El CIC de este suelo fue de 11.68meq/100g, lo que lo ubica en un CIC bajo. Esto es razonable porque el suelo tiende a ser arenoso.

## 1. ALTURA DE PLANTA

### ANEXO N° 01 EVALUACIÓN A LOS 37 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA (DESPUES DEL PRIMER ABONAMIENTO).

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRA T.	PROM.TRAT.
		I	II	III	(E X i)	X
T1 (N-P-K)	50-20-60	23.4	25.4	23.9	72.7	18.18
T2 (N-P-K)	100-20-60	24.9	29.6	25.6	80.1	20.03
T3(N-P-K)	180-20-60	25.8	29.8	22.8	78.4	19.60
T4 (N-P-K)	250-20-60	26.1	29.9	27.4	83.4	20.85
T5(N-P-K)	350-20-60	26.7	30.4	26.6	83.7	20.93
T0 (Testigo)	00-00-00	21	24.6	21.6	67.2	16.80
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		147.9	169.7	147.9	465.5	
PROMEDIO BLOQUES		24.65	28.28	24.65		25.86

**ANEXO N° 02 EVALUACIÓN A LOS 58 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA  
(DESPUES DEL SEGUNDO ABONAMIENTO).**

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRAT.	PROM.TR AT.
		I	II	III	(E X i)	X
T1 (N-P-K)	50-00-00	39.8	51.8	40.9	132.5	33.13
T2 (N-P-K)	100-00-00	46.7	58.7	50.7	156.1	39.03
T3(N-P-K)	180-00-00	52.9	60.2	52.1	165.2	41.30
T4 (N-P-K)	250-00-00	58.2	61.2	51.3	170.7	42.6 8
T5(N-P-K)	350-00-00	61.1	67.8	62.3	191.2	47.80
T0 (Testigo)	00-00-00	32.8	45.5	37.2	115.5	28.88
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		291.5	345.2	294.5	931.2	
PROMEDIO BLOQUES		48.58	57.53	49.08		51.73

**ANEXO N° 03 EVALUACIÓN A LOS 153 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA  
(COSECHA).**

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRAT.	PROM.T RAT.
		I	II	III	(E X i)	X
T1 (N-P-K)	50-00-00	110.4	112.1	110.8	333.3	83.33
T2 (N-P-K)	100-00-00	140.3	145.7	149.2	435.2	108.80
T3(N-P-K)	180-00-00	150.5	153.2	151.3	455	113.75
T4 (N-P-K)	250-00-00	160.7	165.1	166.8	492.6	123.15
T5(N-P-K)	350-00-00	165.6	170.8	169.7	506.1	126.53
T0 (Testigo)	00-00-00	90.3	99.7	95	285	71.25
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		817.8	846.6	842.8	2507.2	
PROMEDIO BLOQUES		136.30	141.10	140.47		139.29

#### 4. NÚMERO DE MACOLLOS POR PLANTA

##### ANEXO N° 04 EVALUACIÓN A LOS 57 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRAT.	PROM.TRAT.
		I	II	III	(E X i)	X
T1 (N-P-K)	50-00-00	15	14	10	39	9.75
T2 (N-P-K)	100-00-00	14	13	10	37	9.25
T3(N-P-K)	180-00-00	10	10	13	33	8.25
T4 (N-P-K)	250-00-00	11	12	11	34	8.50
T5(N-P-K)	350-00-00	14	14	10	38	9.50
T0 (Testigo)	00-00-00	10	10	10	30	7.50
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		74	73	64	211	
PROMEDIO BLOQUES		12.33	12.17	10.67		11.72

## 5. PESO DE FORRAJE VERDE POR METRO CUADRADO

### ANEXO N° 05 EVALUACIÓN A LOS 153 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

(COSECHA).

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRAT.	PROM.TRAT.
		I	II	III	(E X i)	X
T1 (N-P-K)	50-00-00	9	10	10	29	7.25
T2 (N-P-K)	100-00-00	12	13	14	39	9.75
T3(N-P-K)	180-00-00	15	16	15	46	11.50
T4 (N-P-K)	250-00-00	16	19	18	53	13.25
T5(N-P-K)	350-00-00	18	24	21	63	15.75
T0 (Testigo)	00-00-00	7	9	9	25	6.25
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		77	91	87	255	
PROMEDIO BLOQUES		12.83	15.17	14.50		14.17

## 6. PESO DE FORRAJE EN SECO POR METRO CUADRADO

## ANEXO N° 06 EVALUACIÓN A LOS 180 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA

(COSECHA).

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRAT. (E X i)	PROM.TRAT X
		I	II	III		
T1 (N-P-K)	50-00-00	4	4	5	13	3.25
T2 (N-P-K)	100-00-00	4	5	6	15	3.75
T3(N-P-K)	180-00-00	6	7	6	19	4.75
T4 (N-P-K)	250-00-00	7	6	7	20	5.00
T5(N-P-K)	350-00-00	8	7	8	23	5.75
T0 (Testigo)	00-00-00	3	4	3	10	2.50
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		32	33	35	100	
PROMEDIO BLOQUES		5.33	5.50	5.83		5.56

## 7. PESO DE FORRAJE SECO EN PAPEL

### ANEXO N° 07 EVALUCION A LOS 195 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA.

TRATAMIENTOS	(N-P2O5-K2O)	B L O Q U E S			E.TRAT.	PROM.TRAT.
		I	II	III	(E X i)	X
T1 (N-P-K)	50-00-00	0.65	0.68	0.7	2.03	0.51
T2 (N-P-K)	100-00-00	0.7	0.79	0.8	2.29	0.57
T3(N-P-K)	180-00-00	0.75	0.8	0.82	2.37	0.59
T4 (N-P-K)	250-00-00	0.79	0.82	0.75	2.36	0.59
T5(N-P-K)	350-00-00	0.95	0.9	0.87	2.72	0.68
T0 (Testigo)	00-00-00	0.5	0.55	0.5	1.55	0.39
<b>TOTAL DE BLOQUES (E X j)</b>		4.34	4.54	4.44	13.32	
PROMEDIO BLOQUES		0.72	0.76	0.74		0.74



**01. Preparación del terreno**



**02. Toma de muestras de suelo**



**03. Trazado del campo experimental**





**04. siembra del cultivo de avena**



**05. Riego del cultivo de avena**



**06. evaluación de la altura de la planta**





**07. Desahijé**



**08. fertilización**



**09. evaluación de la altura del cultivo de avena**





**10. evaluación de la floración del cultivo de avena**



**11. Evaluación de la altura del cultivo de avena**



**12. corte del cultivo de la avena**





13. peso de forraje en verde por m<sup>2</sup>



14. secado del cultivo



15. peso de forraje en seco por m<sup>2</sup>

