



**Determinación de los parámetros productivos, valor nutritivo y digestibilidad de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.- *Brassica napus* var *Napus* L. en tres etapas fenológicas de corte**

González Canencia, Edwin David

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Mgs. Pazmiño Morales, Julio César

20 de Agosto del 2021

## Resultado de Urkund



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS PARA URKUND 2.docx (D110970987)  
Submitted: 8/3/2021 11:37:00 PM  
Submitted By: palandazuri@espe.edu.ec  
Significance: 5 %

#### Sources included in the report:

TESIS PARA URKUND.docx (D110952601)

#### Instances where selected sources appear:

1

JULIO  
CESAR  
PAZMINO  
MORALES  
Firmado digitalmente por  
JULIO CESAR  
PAZMINO  
MORALES  
Fecha: 2021.08.03  
17:02:57 -05'00'



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

### CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de Titulación, **Determinación de los parámetros productivos, valor nutritivo y digestibilidad de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.-*Brassica napus* var *Napus* L. en tres etapas fenológicas de corte**, fue realizado por el Señor **González Canencia, Edwin David**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de similitud de contenido, por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 29 de Julio del 2021

Firma

JULIO CESAR Firmado digitalmente  
por JULIO CESAR  
PAZMINO MORALES  
Fecha: 2021-08-06  
12:16:20 -05'00'  
PAZMINO  
MORALES

---

Ing. Mgs. Pazmiño Morales, Julio César

C.I.: 1801567395



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **González Canencia, Edwin David** con cédula de ciudadanía 1719376855 declaro que el contenido, ideas y criterios del presente trabajo de Titulación **Determinación de los parámetros productivos, valor nutritivo y digestibilidad de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.- *Brassica napus* var *Napus* L. en tres etapas fenológicas de corte** es de mi autoría y responsabilidad cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada, es original y veraz.

Sangolquí, 30 de Julio del 2021

Firma

González Canencia, Edwin David

C.I.: 1719376855



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **González Canencia, Edwin David** con cédula de ciudadanía 1719376855, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE publicar el trabajo de Titulación **Determinación de los parámetros productivos, valor nutritivo y digestibilidad de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.- *Brassica napus* var *Napus* L. en tres etapas fenológicas de corte** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios técnicos son de mi autoría.

Sangolquí, 30 de Julio del 2021

Firma

González Canencia, Edwin David

C.I.: 1719376855

**Dedicatoria**

Esta tesis está dedicada:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mi amada familia, Miryam, Gisselaine y Camila.

A mis padres Marcelo e Inés quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades del camino porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Cris, Pame, Henry y Joel por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento, gracias.

A mis tíos Charlie, Fanny, Orlando, Alfredo, Fernando, Margoth, Lucía porque desde el inicio han sido parte importante en mi desarrollo.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos quienes de una u otra forma me apoyaron en mis momentos más difíciles, a quienes estuvieron conmigo en mis momentos de tristeza y angustia levantándome a seguir luchando por conseguir lo propuesto, siempre los llevaré en mi corazón

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes y ser mi mayor motivación.

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que forman parte de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, por confiar en mí, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro del establecimiento educativo, dentro de mi amado IASA, en especial al Ing. Julio Pazmiño por su apoyo, dirección, conocimiento, paciencia y sabiduría en el desarrollo de esta investigación.

Agradezco infinitamente a mis profesores en especial a la Dra. Elizabeth Urbano por su apoyo incondicional, por su paciencia, cariño y aprecio, Ing. Diego Vela, Dr. Juan Ortiz, Ing. Marthita Vargas, Ing. Pablo Landázuri, Ing. Marcelo Arce quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo y amistad sincera.

Finalmente quiero expresar mi gratitud a la Sra. Teresita Garrido, a mis padrinos Patricio y María Elena y a mis compañeros de clase por su apoyo en las buenas y malas, siempre estarán en mis recuerdos.

## Índice de contenido

Carátula.....	1
Resultado de Urkund.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	12
Índice de figuras .....	13
Resumen.....	14
Abstract.....	15
Capítulo I.....	16
Introducción.....	16
Antecedentes.....	16
Justificación e importancia del tema.....	17
Objetivos.....	21
<i>General</i> .....	19
<i>Específicos</i> .....	19
Hipótesis.....	19
Capítulo II.....	22
Revisión de Literatura.....	22
Importancia de las mezclas forrajeras.....	20
Condiciones de clima, suelo y desarrollo .....	20
Producción.....	20

<b>Rendimiento</b> .....	<b>21</b>
<b>Valor nutritivo</b> .....	<b>21</b>
<b>Digestibilidad</b> .....	<b>22</b>
<b>Digestibilidad In situ</b> .....	<b>22</b>
<b>Características generales del cultivo de avena</b> .....	<b>22</b>
<b>Clasificación Taxonómica</b> .....	<b>22</b>
<b>Características Morfológicas</b> .....	<b>23</b>
<b>Características morfológicas de la avena</b> .....	<b>23</b>
<b>Raíz</b> .....	<b>23</b>
<b>Tallo</b> .....	<b>23</b>
<b>Hojas</b> .....	<b>23</b>
<b>Flores</b> .....	<b>23</b>
<b>Fruto</b> .....	<b>23</b>
<b>Ciclo fenológico del cultivo</b> .....	<b>23</b>
<b>Siembra – emergencia</b> .....	<b>23</b>
<b>Pre – macollaje</b> .....	<b>24</b>
<b>Macollaje</b> .....	<b>24</b>
<b>Encañado</b> .....	<b>24</b>
<b>Prefloración</b> .....	<b>25</b>
<b>Floración</b> .....	<b>25</b>
<b>Llenado de granos</b> .....	<b>25</b>
<b>Madurez fisiológica</b> .....	<b>26</b>
<b>Madurez comercial</b> .....	<b>26</b>
<b>Valor nutricional</b> .....	<b>26</b>
<b>Características de las Brassicas</b> .....	<b>26</b>
<b>Tipos de Brassicas forrajeras</b> .....	<b>27</b>

	10
<b><i>Clasificación Taxonómica</i></b> .....	<b>27</b>
<b><i>Nabo forrajero (Brassica napus var. Napus)</i></b> .....	<b>27</b>
<b><i>Potencial de producción</i></b> .....	<b>28</b>
<b><i>Requerimientos del cultivo</i></b> .....	<b>28</b>
<b><i>Métodos de siembra de los forrajes</i></b> .....	<b>29</b>
<b><i>Al voleo</i></b> .....	<b>29</b>
<b><i>A chorro continuo</i></b> .....	<b>29</b>
<b>Capítulo III</b> .....	<b>30</b>
<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>30</b>
<b>Ubicación del sitio de estudio</b> .....	<b>30</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>31</b>
<b>Factores de estudio</b> .....	<b>32</b>
<b><i>Mezcla forrajera</i></b> .....	<b>32</b>
<b><i>Etapas fenológicas</i></b> .....	<b>32</b>
<b>Tratamientos</b> .....	<b>32</b>
<b>Diseño experimental</b> .....	<b>33</b>
<b><i>Características de la unidad experimental</i></b> .....	<b>35</b>
<b>Evaluación de los parámetros productivos</b> .....	<b>35</b>
<b>Variables a analizar</b> .....	<b>35</b>
<b><i>Altura de planta</i></b> .....	<b>35</b>
<b><i>Macollamiento</i></b> .....	<b>36</b>
<b><i>Materia verde</i></b> .....	<b>36</b>
<b><i>Materia seca</i></b> .....	<b>36</b>
<b><i>Valor nutritivo</i></b> .....	<b>38</b>
<b><i>Proteína</i></b> .....	<b>38</b>
<b><i>Fibra</i></b> .....	<b>39</b>

	11
<b>Ceniza</b> .....	<b>40</b>
<b>Grasa</b> .....	<b>41</b>
<b><i>Digestibilidad in situ</i></b> .....	<b>42</b>
<b>Capítulo IV</b> .....	<b>44</b>
<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>44</b>
<b>Altura de las mezclas forrajeras evaluadas</b> .....	<b>44</b>
<b>Macollamiento</b> .....	<b>46</b>
<b>Rendimiento en materia verde y materia seca</b> .....	<b>49</b>
<b>Materia verde</b> .....	<b>49</b>
<b>Materia seca</b> .....	<b>53</b>
<b>Valor nutricional</b> .....	<b>56</b>
<b>Digestibilidad</b> .....	<b>61</b>
<b>Capítulo V</b> .....	<b>64</b>
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	<b>64</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>64</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>65</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>67</b>

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Valor nutritivo del nabo forrajero .....</i>	<i>30</i>
<b>Tabla 2</b>	<i>Codificación y descripción de los tratamientos en estudio.....</i>	<i>36</i>
<b>Tabla 3</b>	<i>Resultados al realizar un análisis de varianza en las alturas de diferentes tratamientos en el estudio .....</i>	<i>45</i>
<b>Tabla 4</b>	<i>Análisis de varianza para el rendimiento de altura de T1 (D1E1), T2 (D1E2), T3 (D1E3), T4 (D2E1), T5 (D2E2), T6 (D2E3), T7 (D3E1), T8 (D3E2) y T9 (D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra .....</i>	<i>45</i>
<b>Tabla 5</b>	<i>Resultados al realizar un análisis de varianza en la producción de macollos de los tratamientos en el estudio .....</i>	<i>49</i>
<b>Tabla 6</b>	<i>Análisis de varianza para la producción de macollos de T1 (D1E1), T2 (D1E2), T3 (D1E3), T4 (D2E1), T5 (D2E2), T6 (D2E3), T7 (D3E1), T8 (D3E2) y T9 (D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra .....</i>	<i>50</i>
<b>Tabla 7</b>	<i>Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde (Kg.Ha-1) de T1 (D1E1), T2 (D1E2), T3 (D1E3), T4 (D2E1), T5 (D2E2), T6 (D2E3), T7 (D3E1), T8 (D3E2) y T9 T9 (D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra .....</i>	<i>50</i>
<b>Tabla 8</b>	<i>Promedio ± error estándar de la producción de materia verde (Kg. Ha-1) de los tratamientos estudiados .....</i>	<i>53</i>
<b>Tabla 9</b>	<i>Resultados al realizar un análisis de varianza en las producciones de materia seca (kg) encontrados a diferentes tratamientos del estudio .....</i>	<i>54</i>
<b>Tabla 10</b>	<i>Resultados al realizar un análisis de varianza en las producciones de materia seca (kg) encontrados en los diferentes tratamientos del estudio.....</i>	<i>55</i>
<b>Tabla 11</b>	<i>Análisis promedio bromatológico.....</i>	<i>56</i>
<b>Tabla 12</b>	<i>Promedio de digestibilidad de los tratamientos estudiados .....</i>	<i>57</i>

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Ubicación del estudio</i> .....	33
<b>Figura 2</b> <i>Distribución de los tratamientos en el campo</i> .....	37
<b>Figura 3</b> <i>Análisis de promedios de altura de los tratamientos evaluados</i> .....	47
<b>Figura 4</b> <i>Rendimiento de materia verde por tratamiento</i> .....	52
<b>Figura 5</b> <i>En la figura se puede apreciar que la densidad 2 (70:30) fue la que mayor producción de materia verde tuvo en relación a las otras dos.</i> .....	53
<b>Figura 6</b> <i>En la figura se puede observar que la mejor etapa en cuanto a rendimiento de materia verde fue la Floración (Etapa 2) manteniendo una pequeña diferencia con respecto a la Etapa 3 de grano lechoso.</i> .....	54
<b>Figura 7</b> <i>En la figura se puede apreciar que la densidad 2 (70%A:30%N) fue la que mayor producción de materia seca tuvo en relación a las otras dos.</i> .....	58
<b>Figura 8</b> <i>En la figura se puede observar que la mejor etapa en cuanto a rendimiento de materia seca fue la Floración (Etapa 2) manteniendo una ligera diferencia con respecto a la Etapa 3 de grano lechoso.</i> .....	58
<b>Figura 11</b> <i>Valores de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN promedio de la etapa Prefloración en la densidad de siembra 80:20</i> .....	61
<b>Figura 12</b> <i>Valores de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN promedio de la etapa floración en la densidad de siembra 70:30.</i> .....	62
<b>Figura 13</b> <i>Valores de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN promedio de la etapa grano lechoso en la densidad de siembra 60:40.</i> .....	61
<b>Figura 14</b> <i>Valores de humedad de los tratamientos evaluados</i> .....	63
<b>Figura 15</b> <i>Porcentajes de digestibilidad de cada tratamiento evaluado a las 24 horas de digestión ruminal</i> .....	65

## Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en la Hacienda “El Prado” perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE con el objetivo de evaluar los parámetros productivos, valor nutritivo y digestibilidad de la asociación forrajera Avena (*Avena sativa*)-Nabo (*Brassica napus* var *Napus*) en tres proporciones de siembra (80%A-20%N; 70%A-30%N; 60%A-40%N) y tres etapas fenológicas de corte (Prefloración, Floración y Grano Lechoso). El estudio fue realizado mediante un diseño en bloques completamente al azar en parcelas divididas con 9 tratamientos producto de la interacción de las tres proporciones de siembra con las tres etapas de corte y con tres repeticiones (T1= D1E1; T2=D2E2; T3=D2E3; T4=D2E1; T5=D2E; T6=D2E3; T7=D3E1; T8= D3E2; T9=D3E3). Las variables a analizar fueron la altura, macollamiento, producción de materia verde (Mv) y seca (Ms), valor nutritivo y digestibilidad de cada uno de los tratamientos. La digestibilidad se evaluará a las 24 horas de haber ingresado las muestras. Los resultados obtenidos muestran al T5 compuesto por un 70% de avena y un 30% de nabo cosechado en la etapa floración como el que presentó la mayor altura promedio de 94,60 cm, una producción de macollos de 7 a los 40 DDS, un rendimiento de 14930 Kg. Ha<sup>-1</sup> de Mv y 3800,03 Kg. Ms. Ha<sup>-1</sup>. De acuerdo al análisis proximal, el T5 (70%A-30%N; Floración) presentó el porcentaje más alto de proteína con un valor promedio de 13,26% y cenizas con un valor de 8,79%, además un valor considerable de grasa con un valor de 2,33%. El T9 (60%A-40%N; Grano lechoso) ofertó el valor más alto de 26,26% de fibra dentro de su composición, En cuanto al mejor tratamiento para la provisión de grasa dentro de la dieta lechera fue el T9 el que presentó el valor más alto con un 2,92%. Dentro de la digestibilidad in situ, el T5 (70%A-30%N; Floración) presentó el 66,67% de aprovechamiento donde se realizó la evaluación durante 24 horas.

**Palabras clave:** *Mezcla Forrajera, Avena, Nabo, Productividad, Digestibilidad*

### Abstract

The present research work was carried out at the Hacienda "El Prado" belonging to the Faculty of Agricultural Engineering of the University of the Armed Forces-ESPE with the objective of evaluating the productive parameters, nutritional value and digestibility of the forage association Avena (*Avena sativa*) -Turnip (*Brassica napus* var *Napus*) in three sowing proportions (80% A-20% N; 70% A-30% N; 60% A-40% N) and three phenological stages of cutting (Pre-flowering, Flowering and Milky Grain). The study was carried out through a completely randomized block design in divided plots with 9 treatments product of the interaction of the three planting proportions with the three cutting stages and with three repetitions (T1 = D1E1; T2 = D2E2; T3 = D2E3 ; T4 = D2E1; T5 = D2E; T6 = D2E3; T7 = D3E1; T8 = D3E2; T9 = D3E3). The variables to be analyzed were height, tillering, production of green (Mv) and dry (Ms) matter, nutritional value and digestibility of each of the treatments. Digestibility will be evaluated 24 hours after entering the samples. The results obtained show T5 composed of 70% oats and 30% turnip harvested in the flowering stage as the one that presented the highest average height of 94.60 cm, a tiller production of 7 at 40 DDS (Days after sowing), a yield of 14930 Kg.Ha-1 of Mv and 3800.03 Kg. Ms. Ha-1. According to the proximal analysis, T5 (70% A-30% N; Flowering) presented the highest percentage of protein with an average value of 13.26% and ash with a value of 8.79%, in addition to a considerable value of fat with a value of 2.33%. The T9 (60% A-40% N; Milky grain) offered a value of 26.26% of fiber within its composition, this being the highest of all the treatments studied. Regarding the best treatment for the provision of fat within the dairy diet, T9 was the one that presented the highest value with 2.92%. Within the in situ digestibility, the T5 (70% A-30% N; Flowering) presented 66.67% of use by the cattle where the evaluation of 5 g of sample of each treatment was carried out during 24 hours.

**Keywords:** *Forage Mix, Oats, Turnip, Productivity, Digestibility*

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

La importancia de las pasturas es reconocida desde tiempos inmemorables y su importancia ha venido aumentando gracias al aporte de estas especies en el desarrollo de las ganaderías. La producción ganadera, sobre todo lechera en nuestro país presenta muchas dificultades, tales como, infertilidad de los suelos, malas prácticas de riego, monocultivos y falta de insumos agrícolas, por ello es indispensable la búsqueda de nuevas formas de producción forrajera ya que la nutrición es un pilar fundamental en la producción animal (Andrade, 2016).

Las mezclas forrajeras son la principal herramienta para llevar a cabo una producción ganadera, y al asociar gramíneas con leguminosas creamos un alimento balanceado bastante nutritivo y sobre todo económico. Sin embargo, en nuestro país muy pocos productores utilizan mezclas forrajeras, siendo el kikuyo (*Pennisetum clandestinum* L.), el pasto más utilizado; los productores desconocen el rendimiento de biomasa por metro cuadrado más la falta de implementación en la rotación de pasturas, esto propicia una alimentación de mala calidad por el valor nutricional, puesto que no cubre las necesidades totales de nutrientes del ganado (Gutiérrez, 2018).

Por lo general las mezclas forrajeras más utilizadas en la ganadería son las gramíneas y leguminosas, sin embargo, existen otras alternativas como el uso de nabos forrajeros solos o asociados con gramíneas, estos son importantes desde el punto de vista de producción de forraje, nutrición al animal y por aspectos benéficos para el suelo, tanto químicos como físicos.

Estudios demuestran que la asociación o mezcla de avena forrajera con *Brassica napus* Var. Oleracea (canola) en relación del 50%-50%, presenta un contenido de proteína cruda de 2,29 a 2,51 T. Ha<sup>-1</sup> superior a otras mezclas forrajeras como avena y cebada en diferentes proporciones, así como el contenido de materia seca, siendo una alternativa forrajera para nuestros productores ganaderos (Meza et al., 2013).

En asociaciones entre gramíneas y brassicáceas (Viracucha, 2020) concluye que la conformada por *Avena sativa* y *Brassica napus* ofrece mayor valor nutritivo, mayor producción de materia verde y seca en relación a mezclas tradicionales como *Avena sativa* y *Vicia sativa*, características evaluadas a los 110 días después de la siembra en densidades de 80% gramínea y 20% brassicácea, por lo que deja abierta la propuesta a realizar en el presente estudio.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la asociación de avena (*Avena sativa* L.) y nabo forrajero (*Brassica napus* var. Napus) en diferentes proporciones de siembra, determinando la altura de planta, número de macollos, valor nutritivo y digestibilidad in situ, masa verde y seca de la parte aérea.

### **Justificación e importancia del tema**

Convencionalmente, en el Ecuador, igual que en otros territorios andinos, la siembra de pastos ha tenido poca trascendencia, y la producción animal de rumiantes se ha realizado en pastos naturales pobres y en rastrojos de cereales y otros cultivos (Gallardo & Enrique, 2016).

En Ecuador la ubicación geográfica privilegiada y la oportunidad para sembrar todo el año al no tener estaciones climáticas extremas y disponibilidad de luz hasta 12 horas se puede alcanzar altos rendimientos en pasturas (León et al., 2018).

Son relevantes las pruebas de pastoreo con el fin de conocer los potenciales existentes; los resultados de una de estas vivencias han demostrado que es viable, con la implementación de buenas técnicas pascícolas, multiplicar por 10 la producción animal comparativamente con los sistemas clásicos, en especial con mezclas forrajeras (Nieto, 2020).

Ante la falta de alternativas y buenas prácticas de conservación de forrajes, es necesaria la implementación de alternativas que provean la cantidad suficiente de nutrientes a los animales y que en el aspecto costos de producción, permitan obtener una rentabilidad considerable, que es el objetivo de toda explotación de origen zootécnico, evitando utilizar las mezclas forrajeras tradicionales, como por ejemplo avena (*Avena sativa* L.) con vicia (*Vicia sativa* L.), ya que este tipo de semilla no tiene disponibilidad todo el año, a diferencia del nabo (*Brassica napus* var *Napus*) que se la consigue sin mayor problema (Saéñz Istillart, 2014).

Relacionadas con el instante óptimo de corte en avena, varias averiguaciones indican que grano masoso es la mejor etapa para poder hacer más grande producción; no obstante, es el instante menos acertado para poder aumentar la calidad, debido a que es a lo largo del encañe una vez que se alcanza el más grande contenido de proteína (López-Vigoa, 2017).

Como consecuencia de este cambio y de la crisis actual que golpea al mundo, no solo el ámbito ganadero sino de forma general, hoy día muchos ganaderos han concientizado sobre la necesidad de intensificar la producción animal y, aunque quedan trazas de pensamientos e ideologías negativas respecto del tema, están empeñados en que la única forma de llevar a cabo esta intensificación sólo se puede realizar incluyendo

mezclas forrajeras altamente nutritivas en la alimentación del ganado (Cruz-Calvo & González, 2000).

## **Objetivos**

### **General**

Evaluar los parámetros productivos, valor nutritivo y digestibilidad de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.- *Brassica napus* var Napus L. en tres etapas fenológicas de corte.

### **Específicos**

Evaluar la producción potencial de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.- *Brassica napus* var Napus L. en tres etapas fenológicas de corte.

Estudiar el valor nutritivo y digestibilidad in situ de tres densidades de siembra de la asociación *Avena sativa* L.- *Brassica napus* var Napus L. en tres etapas fenológicas de corte.

## **Hipótesis**

H0= Las densidades de siembra de *Avena sativa* L.-*Brassica napus* var. Napus L., no presentan diferencia en producción forrajera, valor nutritivo y digestibilidad a la cosecha.

H1= Las densidades de siembra de *Avena sativa* L.-*Brassica napus* var. Napus L. presentan diferencia en producción forrajera, valor nutritivo y digestibilidad a la cosecha.

## Capítulo II

### Revisión de literatura

#### **Importancia de las mezclas forrajeras**

Los forrajes por su lado, son plantas principalmente gramíneas y leguminosas, utilizadas como fuente de alimento para los animales. Aquel alimento podría ser puesto a disposición mediante una sencilla técnica de corte como pasa en las pasturas o la planta puede pasar a ser producida y luego recolectada para solo entonces servicio directo de alimentos a los animales (López-Vigoa, 2017).

#### **Condiciones de clima, suelo y desarrollo**

Los pastizales siguen una dinámica, en la cual durante una temporada de incremento se observa un completo cambio estructural a partir del inicio del cultivo, una vez que la temperatura y humedad idónea permiten la germinación de los pastos y a partir de su rebrote con un intenso fomento de incremento vegetativo, con elongaciones de los órganos de soporte y las unidades fotosintetizantes (Calegari, 2017).

La respuesta de las múltiples especies de pastizales a la aplicación de fertilizantes es bastante distinto, éstas condiciones tienen la posibilidad de mejorar los rendimientos por medio de una fertilización idónea y en tiempos establecidos dentro del cultivo (Domínguez, 2019).

#### ***Producción***

La avena puede utilizarse como planta forrajera en la alimentación del ganado, sola o con leguminosas forrajeras, la paja de avena está considerada como muy buena para el ganado, es apta para animales en labores agrícolas y reproducción por su alto contenido nutricional. En cuanto a producción (Domínguez, 2019) indica que se obtienen

rendimientos de 15 T/ha,/corte, de forraje verde y que la producción de semilla es de 300 kg/ha, la productividad general o parcial de cualquier especie forrajera está determinada por factores que actúan con efecto negativo entre sí, el número de ingresos al potrero o cortes y la productividad de cada uno; la producción de forraje depende de la contribución de la población de macollos o tallos, la mejor etapa para la cosecha como lo asegura (Sáenz Istillart, 2014), es una vez que al hacer rodar la inflorescencia entre los dedos, las semillas se desprenden, pudiéndose tener un rendimiento de 300 kilogramo por hectárea de semilla.

### ***Rendimiento***

El cultivo de avena con un manejo adecuado logra rendimientos de entre 60-70 T de materia verde por hectárea y en estado de grano lechoso puede alcanzar rendimientos de hasta 15 T de materia seca por hectárea (León et al., 2018).

### ***Valor nutritivo***

El valor nutritivo de las mezclas forrajeras depende especialmente de la etapa fenológica en la que se realice el corte, en panoja embuchada alcanza un porcentaje de proteína cruda de 12,66%, pero con una buena fertilización se pueden alcanzar valores de hasta el 20%; en la etapa de emergencia de las panojas se pueden alcanzar valores de 11,6% y en plena floración valores de 7,5% de proteína cruda. Una buena forrajera debe producir una menor cantidad de tallos e inflorescencias y abundante follaje, ya que se considera a las hojas como los órganos de mayor valor nutritivo (Aucal, 2015).

## ***Digestibilidad***

La digestibilidad nos indica el aprovechamiento de un alimento en el tracto digestivo en sustancias útiles para la nutrición, dentro de la digestibilidad existen dos procesos que son la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas como aminoácidos y ácidos grasos (Ventura Ríos et al., 2019) afirman que la digestibilidad se puede determinar a través de ensayos de alimentación controlada obteniendo de esta manera valores correspondientes a materia seca, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno (Mieres, 2004).

**Digestibilidad In situ.** Las técnicas IN SITU conforman un método alternativo a las IN VITRO, en cuanto dan resultados equiparables en relación a la estimación de la degradabilidad de los forrajes.

Por igual, una vez que se evalúan materiales que tienen sustancias anticualitativas (tóxicas) o que están afectando la degradabilidad de forrajes, las técnicas IN SITU poseen virtud en cuanto en las IN VITRO se labora con un "sistema cerrado", sin flujo o recambio de los residuos liberados, entre los que podrían hallarse aquellas sustancias anticualitativas, lo cual de vez en cuando podría llevar a subestimaciones de la digestibilidad (Meza et al., 2013).

## **Características generales del cultivo de avena**

### ***Clasificación Taxonómica***

Avena es un género de plantas del núcleo familiar de las Poáceas, orden Poales usada como alimento y como forraje, en especial el género sativa (Traxco, 2017).

### ***Características Morfológicas***

Las propiedades vegetales del género de cereales poliploides son principalmente: las articulaciones en las flores primarias de la espiga, no tiene recubrimiento del grano y la forma especial de sus lados (Traxco, 2017).

### ***Características morfológicas de la avena***

**Raíz.** Posee un sistema radicular fibroso como en la mayoría de los cereales.

**Tallo.** Los tallos tienen diámetros desde 0,5cm hasta 7 cm, de baja resistencia al volcamiento, pero con un alto valor nutritivo, la longitud puede variar de medio 0,5 m hasta 1,5 m.

**Hojas.** Las hojas son aplanadas y alargadas, en la alianza del limbo y el tallo poseen una lígula, sin embargo, no hay estipulas, la lígula tiene forma oval y color blanquecino; su borde independiente es dentado, el limbo de la hoja es estrecho y extenso, de color verde oscuro, es áspero al tacto y en la base lleva varios pelos, paralelinervia bien definida (Dellacanónica, 2014).

**Flores.** La inflorescencia es un grupo de espigas, con pecíolos largos, tienen dehiscencia marcada antes de madurar fisiológicamente.

**Fruto.** El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas (Dellacanónica, 2014).

### ***Ciclo fenológico del cultivo***

**Siembra – emergencia.** Tal como lo indica su nombre, es el período que va desde la siembra y el brote de la primera hoja sobre la superficie del terreno (Dellacanónica, 2014).

**Pre – macollaje.** Corresponde a la etapa comprendida entre la emergencia y el brote de la cuarta hoja. Cada hoja brota de un pseudotallo formado por las vainas de las hojas emergidas anteriormente.

**Macollaje.** Generalmente con el brote de la cuarta hoja, emerge el primer macollo desde la yema axilar de la primera hoja. De esta manera, las hojas siguen apareciendo a través del pseudotallo formado por las vainas de las hojas ya emergidas continuando en armonía con la aparición de nuevos macollos (Dellacanónica, 2014).

En la morfología interna, en algún momento de la etapa de macollaje se produce la inducción floral. El primer cambio visible en el ápice que indica el cambio de vegetativo a reproductivo es el estado denominado “doble lomo”, aunque la iniciación floral habría ocurrido con anterioridad. El inicio del alargamiento del primer entrenudo pone fin a esta etapa (Dellacanónica, 2014).

**Encañado.** En esta etapa se produce la elongación de los entrenudos dando origen al “tallo verdadero” y conduciendo a la planta hacia un porte más erecto. A partir del primer entrenudo que se alarga, localizado cerca de la base del tallo, los entrenudos siguientes se elongan en forma creciente. A nivel interno la iniciación de primordios florales continúa hasta lograr el máximo número de primordios florales. Por otra parte, a partir del inicio de encañado se produce una senescencia progresiva e inversa a la aparición de macollos (Dellacanónica, 2014).

El período de encañado incluye el alargamiento del último entrenudo, el pedúnculo, para producir la emergencia de la espiga y también las últimas hojas. Aproximadamente a partir de ese momento sólo entre el 15 y el 40 % de los primordios

florales prosperan hasta producir flores fértiles en floración. El resto de los flósculos se degeneran (Gutiérrez, 2018).

**Prefloración.** Es la emergencia de la espiga (en el caso de la avena, es una panoja, estado inmediatamente anterior a la floración, como primer signo externo que la planta es reproductiva, aunque claro está que la espiga había sido diferenciada mucho antes. A los pocos días de la emergencia de la espiga se produce la autofecundación (especie de polinización autógena a través del mecanismo floral de cleistogamia) (Dellacánica, 2014).

**Floración.** Posterior a la autofecundación aparecen las anteras. La floración se identifica con la antesis, con la emergencia de los estambres por fuera de las espiguillas y comienza la formación de las cubiertas del grano. El período espigazón - antesis resulta crítico para la ocurrencia de una helada. En función de esta etapa se determina la fecha de siembra, de manera tal que este período ocurra en un momento donde no haya riesgos de heladas (Meza et al., 2013).

**Llenado de granos.** Posterior a la floración y al cuajado, comienza el llenado de granos, acelerándose de manera progresiva la senescencia foliar. En este periodo se pueden diferenciar dos fases diferentes: la "fase lag", posterior a la floración donde no se evidencia un crecimiento activo del grano en sí, sino que se produce la formación de las células del endosperma; y la fase de llenado efectivo, donde se reconocen distintos estados. Los cuales se identifican cuando al hacer presión entre los dedos secreta una sustancia lechosa), grano pastoso es cuando al presionar segrega una pasta y el grano se torna amarillento, grano duro (no se puede romper el grano al presionarlo entre los dedos, aunque se marca fácilmente la uña en el pericarpio) y grano maduro (el grano tiene un color amarillento y no se aplasta bajo la presión de los dedos). Entre grano

lechoso y pastoso, la cantidad de agua que entra compensa la que se pierde - “plateau hídrico”-, constituyendo la fase crítica del llenado de grano (Dellacanáica, 2014).

**Madurez fisiológica.** Se da cuando los granos logran su máximo tamaño y la planta ya no tiene tejidos jóvenes. Un indicador visual de la madurez fisiológica en avena es la pérdida de color verde de las glumas (Silva & Rigoberto, 2012).

**Madurez comercial.** A partir de madurez fisiológica ocurre una pérdida de agua de los granos. El momento de cosecha se decide en función del contenido de humedad del grano. En condiciones normales, el cultivo de trigo se cosecha con una humedad de grano del 16 – 18 % de forma que, al finalizar con el proceso de cosecha la humedad corresponda con un 14 % que es el valor de comercialización (Dellacanáica, 2014).

### ***Valor nutricional***

El valor nutricional del forraje de avena es superior al de otros cereales porque contiene los aminoácidos esenciales más abundantes, especialmente lisina. El contenido de proteína digerible de los granos de avena es más alto que el del maíz y el contenido de grasa también es más alto que el de la cebada y el trigo (Domínguez, 2019).

### ***Características de las Brassicas***

Las plantas de Brassica tienen un contenido de fibra bajo, se pueden digerir rápidamente y proporcionan una buena concentración de energía para los rumiantes. La digestibilidad in vitro de la materia seca suele estar entre el 85% y el 95%. El contenido de agua está por encima del 90%. En cuanto al contenido de proteína bruta, en cuanto a las hojas de las plantas de Brassica, estas varían entre el 15% y el 25%, mientras que las raíces de nabo y colinabo varían entre el 9% y el 16%. El contenido de energía

metabolizable varía entre 2,6 y 3,3 Mcal ME / Kg de materia seca. Contienen altas concentraciones de K, Ca, P, S y B y bajas concentraciones de Cu (Argote, 2007).

### ***Tipos de Brassicas forrajeras***

Dentro de las BF, se hallan 5 tipos de especies (nabos de hoja, nabos de raíz, rutabagas, coles y raps forrajero), cada uno de los cuales presenta características propias de manejo, ciclos productivos, requerimientos y usos (Nieto, 2020).

### ***Clasificación Taxonómica***

Pertenece a la familia de las Brassicaceas, con 380 géneros y alrededor de 3.000 especies típicas de las regiones templadas o frías del hemisferio norte (Aucal, 2015).

### ***Nabo forrajero (Brassica napus var. Napus).***

Es una planta bienal, si se siembra a principios de primavera suele formar semillas en el otoño del segundo año o incluso del primer año. En un año, produce de 8 a 12 hojas verticales, de 26 a 35 cm de altura, y las raíces varían en tamaño, pero generalmente de 7 a 10 cm. 15 a 20 cm de ancho. largo. La raíz está formada por el hipocótilo (la parte entre la raíz verdadera de la planta y la primera hoja). Su ciclo vegetativo puede durar de dos a cuatro meses, dependiendo de las condiciones climáticas existentes, es más corto cuando la temperatura es más alta y más largo cuando la temperatura es más baja. Cuando la calidad y cantidad de los pastos limitan el potencial de producción, se pueden considerar como sustitutos de la cría de ganado o antes de la conversión de pastos (Domínguez, 2019)

### **Potencial de producción**

De acuerdo con la descripción de (Araujo, 2018), su potencial de producción alcanza un valor de 12 a 14 toneladas de MS / ha, lo cual se manifiesta en suelos con alta fertilidad y sin limitación de humedad. 15 toneladas de MS. / Ha. A lo largo del ciclo del cultivo, la proporción de hojas a raíces en el campo no es constante. Al principio, las hojas dominan las raíces (60% del peso total de la planta). Luego, las raíces se espesan hasta que las hojas se reducen al 30% o al 40% del peso total de la planta. El rendimiento de rábano se puede determinar calculando el número de plantas por metro lineal, pesar al menos 10 plantas para obtener el rendimiento por hectárea (Alvear, 2020).

**Tabla 1**

*Valor nutritivo del nabo forrajero (Aguilar & Aldaz, 2016).*

	<b>% MS</b>	<b>g/Proteína/KgMS</b>	<b>Valor energético</b>	<b>Digestibilidad</b>
Hojas/estado/vegetativo	11,5	162	0,97	84,
En floración	12,9	111	0,90	90,1
Raíces en estado vegetativo	7,2	106	1,0	90,5
En floración	7	58	0,94	89,5

### **Requerimientos del cultivo**

La elección del momento de siembra debe radicar en la evolución de los nabos, en afinidad a la época de beneficio. Se debe empezar antes que comience el decline hídrico ya que los nabos son muy sensibles a la carencia de humedad. La semilla es

pequeña y necesita una fina y compacta capa de tierra, la profundidad de siembra es de 3 a 4 cm, pudiendo ser sembrado en líneas o al voleo (Araujo, 2018).

La dosis de semilla depende del sistema de siembra: voleo (4 Kg /ha) y en hilera (3 Kg/ha). Así mismo el momento de siembra depende de la época de consumo, precocidad de la planta y área agroecológica. Los tratamientos herbicidas normalmente no son necesarios, dado que el veloz crecimiento forrajero ahoga el recurso de las malas hierbas (Saéñz Istillart, 2014).

En cuanto a la fertilización, está determinada por el contenido de nutrientes del suelo, en partida la fertilización nitrogenada debe ser al aparte 138 Kg de N, equivalentes a 300 Kg de Urea/Ha que se pueden aplicar en una o dos dosis, algunos autores recomiendan, dependiendo del análisis de suelo, 180 a 250 Kg de p2O5, 120 a 150 Kg de K2O, 18 a 20 kg/ha de Azufre y 500 a 800 kg/ha de cal si el pH es inferior a 5,8 (Araujo, 2018).

### ***Métodos de siembra de los forrajes***

**Al voleo.** Es una deducción de siembra que consiste en distribuir las semillas sobre el revestimiento del área de manera manual, deducción realizada por la mayoría de los ganaderos para el pastoreo. Mediante esta técnica se utiliza semillas de pastos como el Rye Grass (*Lolium perenne*), trébol (*Trifolium repens*), entre otras especies. (López-Vigoa, 2017).

**A chorro continuo.** La semilla se deposita a chorro o por golpes en surcos grano profundos separados entre 30-40 cm. Como creencia especial debe tenerse en cuenta que la semilla no se entierre demasiado para garantizar su pronta germinación (Mieres, 2004).

## Capítulo III

### Materiales y métodos

#### Ubicación del sitio de estudio

El área de estudio se localizó en la provincia de Pichincha, Cantón Rumiñahui, Parroquia Selva Alegre, en el campus de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I (Figura 1). Geográficamente se ubica a una altitud de 2748 msnm, a una longitud  $78^{\circ}24'44''W$  y a una latitud:  $0^{\circ}23'20''S$ . Se encuentra en una clasificación ecológica de bosque montano húmedo Holdridge, 1982.

#### Figura 1

##### *Ubicación del estudio*



Nota:  Ubicación del lote designado para el estudio.

El nicho a utilizarse presenta paisaje montano bajo, derivado de suelos de origen volcánico, con pendientes de 1 al 2%, drenaje bueno, pedregosidad y rocosidad nulas. Por la cobertura vegetal de rastrojos y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) no se observa proceso erosivo significativo, posee una textura franco arcillosa (Holdridge, 1982)

## Metodología

El experimento comprendió desde diciembre 2020 hasta abril del 2021, al inicio del periodo lluvioso. (Anexo 1).

El experimento constó de 9 parcelas de 120 m<sup>2</sup> mismas que abarcaron las proporciones de siembra propuestas sobre las que se dejó en el borde un espacio de 1,5 m por el lado más largo y 1 m por el lado ancho con el fin de evitar el efecto de borde (Figura 2) quedando un área útil neta de 72 m<sup>2</sup> (12 m x 6 m); a esta área se la dividió en tres partes iguales (subparcelas) de 24 m<sup>2</sup> (6m x 4m) con el objetivo de evaluar cada etapa fenológica propuesta (prefloración, floración y grano lechoso). Las parcelas de cada proporción estarán separadas por caminos de 1m de ancho y las repeticiones 2m. Además, se procedió a cercar el área experimental, dejando un camino de 2m en todo el perímetro del área de siembra. El total del área experimental constó de 1908 m<sup>2</sup>.

La preparación del suelo empezó con arado de discos, dejando un mes de barbecho corto para incorporar materia orgánica. Posterior a los 20 días se realizó un pase de rastra romplow y a los 15 días se realizó un pase de rastra liviana con su respectiva cruz para que el suelo quede mullido listo para la siembra.

La siembra se realizó en forma manual al voleo y para tapar se pasó una rastra de ramas, para favorecer el contacto de la semilla con el suelo. Para cubrir los requerimientos nutricionales del pasto se fertilizó a la siembra con 18 – 46 -0 (90 kilos de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Ha<sup>-1</sup>) y en el macollamiento a los 45 días después de la siembra, se aplicó urea (46 kilos de N. Ha<sup>-1</sup>) y de 60 kilos de K<sub>2</sub>O.Ha<sup>-1</sup> de acuerdo a las recomendaciones de Viracucha (2020). Transcurrido el tiempo determinado para cada etapa fenológica propuesta [prefloración (65 dds), floración (75-80 dds) y grano lechoso(85-90 dds)],

mediante el corte a ras de suelo con una hoz, se procedió a pesar el forraje en verde en el campo, posterior a esto, se determinó el peso seco en el laboratorio, donde se estableció cuál de las etapas de corte presenta una respuesta importante en las variables de calidad forrajera (valor nutritivo y digestibilidad in situ); el material cosechado permitirá a la vez, conocer la respuesta de las variables de producción tanto de materia verde como de materia seca.

### **Factores de estudio**

Los factores que se probaron en esta investigación fueron las proporciones de avena-nabo y las épocas de corte.

#### ***Mezcla forrajera***

D1: (80% Avena + 20% Nabo)

D2: (70% Avena + 30% Nabo)

D3: (60% Avena + 40% Nabo) (Meza, 2015)

#### ***Etapas fenológicas de corte***

E1: Prefloración

E2: Floración

E3: Grano lechoso

### **Tratamientos**

En el presente estudio se evaluaron 9 tratamientos provenientes de la combinación de tres proporciones de siembra y tres etapas fenológicas (Tabla 2)

**Tabla 2**

*Codificación y descripción de los tratamientos en estudio.*

<b>N° Tratamiento</b>	<b>Codificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estado Fenológico de corte</b>
T1	D1E1	80% Avena + 20% Nabo	Prefloración
T2	D1E2	80% Avena + 20% Nabo	Floración
T3	D1E3	80% Avena + 20% Nabo	Grano lechoso
T4	D2E1	70% Avena + 30% Nabo	Prefloración
T5	D2E2	70% Avena + 30% Nabo	Floración
T6	D2E3	70% Avena + 30% Nabo	Grano lechoso
T7	D3E1	60% Avena + 40% Nabo	Prefloración
T8	D3E2	60% Avena + 40% Nabo	Floración
T9	D3E3	60% Avena + 40% Nabo	Grano lechoso

### **Diseño experimental**

El tipo de diseño a emplearse en el presente estudio, fue un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en parcelas divididas (DPD) con tres repeticiones (Figura 3). El modelo matemático que se utilizó se presenta a continuación:

$$Y_{ij} = u + R_i + A_j + d_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Producción y digestibilidad de la mezcla forrajera

$u$  = Media general

Ri= Efecto del bloque k

Aj= Efecto de las proporciones de cultivo

(AB)ij= Interacción de las proporciones de siembra con la etapa fenológica del cultivo

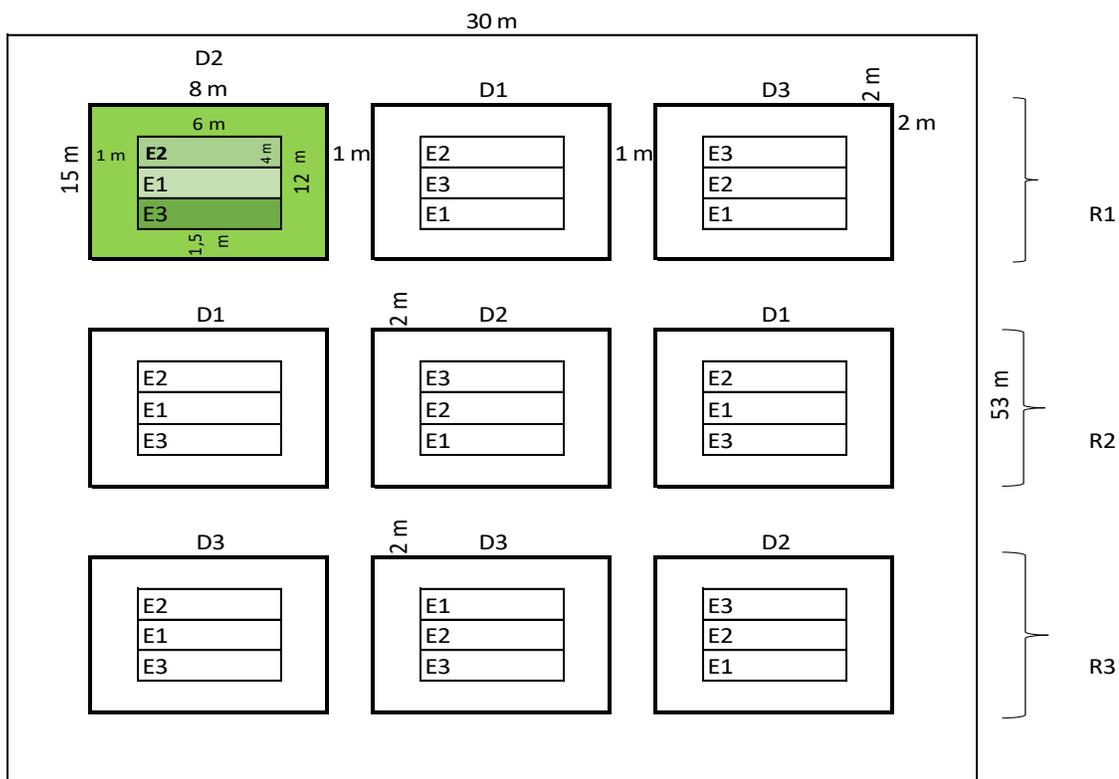
dij = Error de la parcela (proporciones de siembra)

Bk= Efecto de la etapa fenológica de corte

Eijk= Error de la subparcela (etapas fenológicas del cultivo).

**Figura 2**

*Distribución de los tratamientos en el campo*



Donde:

D1= densidad 1 (Avena 80%- Nabo 20%)

D2= densidad 2 (Avena 70%- Nabo 30%)

D3= densidad 3 (Avena 60%- Nabo 40%)

E1= Etapa fenológica 1 (Prefloración)

E2= Etapa fenológica 2 (floración)

E3= Etapa fenológica 3 Grano lechoso)

### ***Características de la unidad experimental***

La unidad experimental fue una parcela de 24 m<sup>2</sup> (6m x 4m) de forma rectangular.

### **Evaluación de los parámetros productivos**

#### **Variables a analizar**

Las variables agronómicas a evaluar, fueron: altura de planta, número de macollos; las variables de producción: materia verde y materia seca y las variables de calidad: de las densidades de siembra y tres estados fenológicos de corte.

#### ***Altura de planta***

La altura de planta se evaluó a los 20 días de la siembra y luego cada 10 días hasta cada estado de corte. Se evaluaron 20 plantas al azar ubicadas dentro del cuadrante de 1m<sup>2</sup>, con una cinta métrica desde el cuello de la planta hasta la punta de la hoja bandera de cada unidad experimental y se expresó en cm de altura de planta.

### **Macollamiento**

El macollamiento se evaluó a los 20, 30 y 40 días en 20 plantas tomadas al azar ubicadas dentro del cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, en cada parcela de cada tratamiento, para lo cual se contó el número de tallos brotados desde la cepa o planta principal; esta etapa es muy importante en la producción de forraje o de grano ya que marca la pauta de la producción en la cosecha. A mayor macollos más producción. Se expresó como número de macollos por planta.

### **Materia verde**

La evaluación de la materia verde, se realizó cuando la planta alcanzó cada etapa fenológica propuesta; prefloración, floración y grano lechoso.

La muestra fue tomada dentro del cuadrante de 1m<sup>2</sup> señalado para cada etapa de corte, y la muestra, se colocó en bolsas plásticas debidamente etiquetadas, para posteriormente pesarlas en una balanza de precisión y mediante la siguiente ecuación se expresará en masa verde/ha (Castro, 1995)

$$\frac{kg\ MV}{ha} = MV\ (kg) * 10000\ m^2$$

Donde MV es la cantidad de materia verde pesada en campo/laboratorio.

### **Materia seca**

Para evaluar la cantidad de materia seca se sacó una muestra de 200 gramos del material fresco que se pesó de cada tratamiento para luego llevarla al laboratorio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE para secarlas en una estufa a una temperatura de 80° C durante 24 horas, luego se retiró

la muestra para pesarla nuevamente (Castro, 1995). Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%MS = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100$$

Con el porcentaje de materia seca se puede calcular al rendimiento por hectárea el mismo que se expresó en kilos de materia seca/ha.

### **Valor nutritivo**

**Proteína.** Para determinar la cantidad de proteína de las proporciones forrajeras y las etapas fenológicas de corte, se utilizó el método Kjeldahl; se pesó en una balanza analítica (KERN 770) 1.5 g de las muestras previamente secadas y molidas.

Las muestras se colocaron en un tubo Kjeldahl para realizar la digestión, a los cuales se añadió 15 ml de ácido sulfúrico y  $\frac{1}{4}$  de tableta de digestión Kjeldahl, durante 1 hora y 30 minutos las muestras permanecieron en un digestor (Inkjel M) aumentando la temperatura de 150°C a 420°C paulatinamente.

Transcurrido el tiempo de digestión, los tubos se colocaron en la unidad de destilación (Velp) por 5 minutos, y posteriormente se realizó la titulación de la muestra con ácido clorhídrico 0.1N hasta que la misma cambie de color de verde a rosado.

Para determinar el porcentaje de proteína, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%P = \frac{14xNxVx100}{mx1000} X6,25$$

Donde:

%P= Porcentaje de proteína

N: Normalidad del ácido clorhídrico (HCl)

V: Gasto de HCl en la titulación

M: Masa de la muestra en gramos

(Sadzawka et al., 2006, p. 164)

### **Valor nutritivo**

**Proteína.** Para determinar la cantidad de proteína de las proporciones forrajeras y las etapas fenológicas de corte, se utilizó el método Kjeldahl; se pesó en una balanza analítica (KERN 770) 1.5 g de las muestras previamente secadas y molidas.

Las muestras se colocaron en un tubo Kjeldahl para realizar la digestión, a los cuales se añadió 15 ml de ácido sulfúrico y ¼ de tableta de digestión Kjeldahl, durante 1 hora y 30 minutos las muestras permanecieron en un digestor (Inkjel M) aumentando la temperatura de 150°C a 420°C paulatinamente.

Transcurrido el tiempo de digestión, los tubos se colocaron en la unidad de destilación (Velp) por 5 minutos, y posteriormente se realizó la titulación de la muestra con ácido clorhídrico 0.1N hasta que la misma cambie de color de verde a rosado.

Para determinar el porcentaje de proteína, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%P = \left( \right) \frac{14xNxVx100}{mx1000} X6,25$$

Donde:

%P= Porcentaje de proteína

N: Normalidad del ácido clorhídrico (HCl)

V: Gasto de HCl en la titulación

M: Masa de la muestra en gramos

(Sadzawka et al., 2006, p. 164)

**Fibra.** Para determinar el porcentaje de fibra bruta, se utilizó 3 g de cada muestra de cada uno de los tratamientos, así:

Inicialmente se adicionó 100 ml de ácido clorhídrico 1N, luego se colocó en el matraz con la muestra en la placa de calentamiento hasta ebullición por 2 horas agitando cada cierto tiempo. Posteriormente se instaló el embudo de vidrio con el papel filtro para la primera filtrada y lavada con agua destilada (200 ml), postfiltrado se lavó el papel filtro que contiene la muestra con 100 ml de hidróxido de sodio 1N en el mismo matraz. A continuación, se colocó el matraz nuevamente en la placa de calentamiento hasta ebullición por 2 horas.

Se instaló nuevamente el embudo con papel filtro previamente secado en estufa a 80°C por una hora, pesados e individualmente etiquetados con el mismo número de la muestra a ser filtrada y lavada con 200 ml de agua destilada, luego del filtrado se llevó el papel filtro con toda la muestra a la estufa a 80°C por 24 horas. Finalmente se sacó las muestras de la estufa y en el desecador esperar que se enfríen y pesar (Cahuana Moroquilca & Yauri Valladolid, 2016).

Para el cálculo del porcentaje de fibra se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%Fibra = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Donde:

A= Peso papel + muestra

B= Peso papel

C= Peso de la muestra

**Ceniza.** Para la obtención de la cantidad de ceniza se tomó una muestra de 3 g de cada proporción de siembra y se colocó en un crisol de porcelana previamente pesado y rotulado. Las muestras fueron quemadas dentro de la cámara extractora de gases en placa de calentamiento hasta que deje de salir humo, luego se procedió a colocar el crisol en la mufla cuyo objetivo fue estimar el porcentaje de ceniza en el momento que la mufla llegue a una temperatura de 500 °C durante 4 horas. Después del tiempo programado se retiró los crisoles dentro de un desecador, se dejó enfriar y se pesó (Cahuana Moroquilca & Yauri Valladolid, 2016).

Para evaluar la cantidad de ceniza se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{Pf - C}{M} \times 100$$

Donde:

Pf= Peso final

C= Peso crisol

M= Peso de la muestra

**Humedad.** Para obtener el porcentaje de humedad de las muestras se tomó 3 g de cada una y se colocó en una cápsula de porcelana previamente pesada y rotulada, luego se procedió a colocar la cápsula en la estufa a 100°C durante 24 horas. Pasado

este tiempo se retiró las cápsulas dentro de un desecador para enfriar y pesar nuevamente (Cozzolino, 2002).

Para evaluar el contenido de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{M1 - M2}{M} \times 100$$

Donde:

M1= Peso de la muestra

M2= Peso de cápsula más muestra húmeda

M= Peso de la cápsula más muestra seca

**Grasa.** Para el análisis de la grasa se pesó el balón de destilación seco con 8 esferas de vidrio, luego se pesó 3 g de muestra de cada proporción y se introdujo en un dedal de papel filtro y se colocó dentro del sifón Soxhlet, luego se agregó solvente al sifón hasta que caiga al balón, luego se colocó 20 ml de solvente adicional, se dejó fluir agua por el refrigerante y se prendió la placa de calentamiento a 250°C, se realizaron mínimo cuatro sifonadas, luego de la última sifonada se retiró el dedal con la muestra y se procedió a la extracción de la mayor cantidad de solvente de la extracción hasta que quede solo grasa, finalmente se dejó evaporar el solvente de la grasa en una estufa a 80°C por 24 horas (Cozzolino, 2002).

Para evaluar la cantidad de grasa se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%G = \frac{B2 - B1}{m} \times 100$$

Donde:

B1=Peso del balón inicial

B2=Peso del balón con muestra final

m= Masa de la muestra en gramos.

### ***Digestibilidad in situ***

La digestibilidad in situ, se realizó en un bovino adulto de raza Montbeliarde, fistulado y provisto de cánulas permanentes fabricadas con goma flexible perteneciente a la Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Para este análisis se utilizó una muestra seca y molida de los tratamientos; luego se colocaron 5 gramos en fundas de poliéster de 0,10 m x 0,20 m con poros de 40  $\mu$ m, mismas que fueron selladas térmicamente y rotuladas.

Todas las muestras se colocaron en la cánula y fueron incubadas por 24 horas en el rumen del bovino fistulado. El conjunto de 9 bolsas de polyester fue colocado en una sola funda tipo malla, para protección dentro del rumen. La vaca fue llevada a la manga de trabajo, se destapó la fístula, se retiró una porción de alimento y se colocaron las tres fundas tipo malla en la parte ventral del rumen junto con una cuerda que sirvió como agarradera (Cuenca et al., 2018).

Al cumplirse las 24 horas se retiró la funda tipo malla con las nueve bolsas y se colocaron en un balde con agua fría durante 5 minutos para interrumpir la actividad microbiana, luego fueron lavadas en agua corriente para remover partículas que hayan quedado en la superficie externa hasta obtener agua clara, sin materiales en suspensión. Las bolsas fueron secadas en estufa de ventilación forzada a 60 °C por 24 horas (Cuenca, 2015). La desaparición in situ de la MS (ISDMD), por sus siglas en inglés: in situ (dry matter degradability) se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$\%D = \frac{\text{Residuo (g)}}{\text{Muestra incubada (g)}} * 100 =$$

La digestibilidad in situ de la materia seca se estimó con la siguiente ecuación:

$$\text{Digestibilidad In Situ} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso Final}}{\text{Peso Inicial}} * 100 = \frac{5 \text{ g} - 2,21 \text{ g}}{5 \text{ g}} * 100 = 55,8 \%$$

## Capítulo IV

### Resultados y Discusión

En la presente investigación se evaluó la producción, el valor nutritivo y la digestibilidad de una mezcla forrajera de avena (*Avena sativa*) y nabo forrajero (*Brassica napus* var *Napus*) en tres etapas fenológicas de corte para lo cual se tuvo 3 repeticiones para cada tratamiento. Una de las variables evaluadas fue la altura de cada densidad en la mezcla forrajera.

#### Altura de las mezclas forrajeras evaluadas

El análisis de varianza de altura revela que existen diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre los tratamientos. El coeficiente de variación es de 9,17 %, con un promedio de 68,41 cm para el tratamiento 6 (70% A—30%N; Etapa Floración) (Tabla 3) (Tabla 4).

#### Tabla 3

*Análisis de varianza para el rendimiento de altura de T1 (D1E1), T2 (D1E2), T3 (D1E3), T4 (D2E1), T5 (D2E2), T6 (D2E3), T7 (D3E1), T8 (D3E2) y T9 (D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra*

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
Modelo	87030,75	91	4465,63	283,15	<0,0001 **
DDS	68348,56	9	7594,28	768,48	>0,0001 **
Tratamiento	16200,74	8	2025,09	204,92	<0,0001 **
Tratamiento*DDS	2183,83	72	30,33	3,07	0,0001 **
Repetición	297,62	2	148,81	9,44	0,0001 **
Error	3942,87	178	15,77		
Total	88789,79	269			

**Tabla 4**

*Resultados al realizar la comparación de medias en las alturas de diferentes tratamientos en el estudio. LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,12875.*

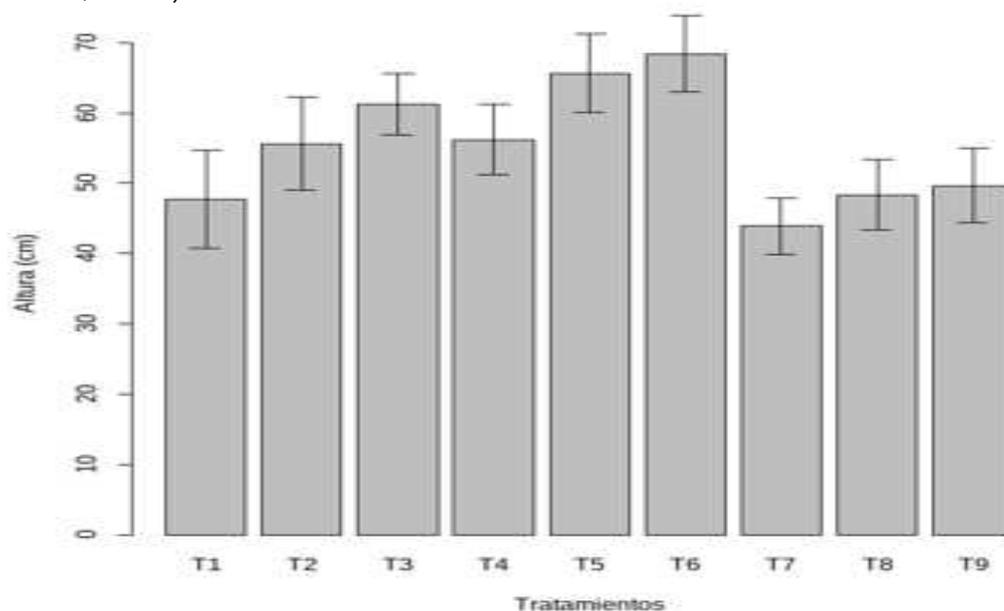
<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio ± E.E.</b>	<b>Descripción</b>
T6	68,41 ± 1,03	a
T5	65,69 ± 1,05	ab
T3	61,27 ± 1,09	b
T4	56,25 ± 1,03	c
T2	55,65 ± 1,04	c
T9	49,71 ± 1,05	d
T8	48,38 ± 1,03	de
T1	47,79 ± 1,04	de
T7	43,93 ± 1,03	e

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

*T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración), T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A-30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)*

**Figura 3**

*Análisis de promedios de altura de los tratamientos evaluados. (Tukey Alfa=0,05 DMS=1,47914)*



La altura media de planta guarda relación con los resultados del rendimiento de forraje verde y la calidad nutricional del forraje, se nota claramente que sembrado como asociación mejora la altura de planta en ambas especies, que, sembrado como monocultivo, la avena le da soporte al nabo y este desarrolla mejor su altura. Es posible que el nabo forrajero aportó nutrientes al suelo mediante una simbiosis y que mejoró notablemente la altura de la avena en las asociaciones (Aucal, 2015).

### **Macollamiento**

El análisis de varianza reveló que no existe diferencia estadística significativa ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos para el número de macollos, pero si existe diferencias significativas en el número de días después de la siembra. El coeficiente de variación fue de 9,83 %, con un promedio de 4,59. A los 20 DDS (Días después de la siembra) todos

los tratamientos presentaron 2 macollos por planta evaluada. Para la evaluación de los 30 DDS los tratamientos T4, T5, T7 Y T9 presentaron un total de 6 macollos por planta. Para el conteo de los 40 DDS las plantas alcanzaron la mayor producción de macollos presentando valores de 7 en los tratamientos T4, T5, T7, T8 Y T9 (Tabla 6)

**Tabla 5**

*Análisis de varianza para la producción de macollos de T1 (D1E1), T2 (D1E2), T3 (D1E3), T4 (D2E1), T5 (D2E2), T6 (D2E3), T7 (D3E1), T8 (D3E2) y T9 (D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra*

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	103,26	12	10,33	50,69	<0,0001 **
Repetición	0,67	2	0,33	2,14	0,1435
Tratamiento	13,56	8	1,69	11,78	<0,0001 **
Tratamiento*DDS	24,56	36	3,52	23,12	0,032
DDS	74,67	2	37,33	240	<0,0001 **
Error	3,11	32	0,16		
Total	106,52	80			

Nota: \*\* significativamente diferente

**Tabla 6**

*Resultados al realizar un análisis de varianza en la producción de macollos de los tratamientos en el estudio*

<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio ± EE</b>	<b>Descripción</b>
T5	5 ± 0,13	a
T7	5 ± 0,13	a
T9	5 ± 0,13	a
T4	5 ± 0,13	a
T8	4,67 ± 0,13	ab
T6	4,33 ± 0,13	bc
T3	4,33 ± 0,13	bc
T1	4 ± 0,13	c
T2	4 ± 0,13	c

*Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

*T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración),*

*T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A—30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)*

Estos resultados se corroboran con lo expuesto por (Argote, 2007) quien reportó resultados para el número de macollos de 6,47 por planta para el cultivo de *Avena sativa* manteniendo la fertilización tanto a la siembra como a los 45 DDS (Días después de la siembra), etapa en la que termina el macollamiento, tal cual realizada en el presente estudio.

### **Rendimiento en materia verde y materia seca**

La cosecha de cada uno de los tratamientos fue realizada de acuerdo a la etapa fenológica de la avena, en los estados de: prefloración, floración plena y grano lechoso dándose a los 67, 75 y 96 días después de la siembra respectivamente.

#### **Materia verde**

El rendimiento de materia verde no presentó diferencias significativas entre las repeticiones, sin embargo, se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos donde el T5 (proporción 70%A:30%N en la etapa floración) presentó mayor rendimiento con un promedio de 14930 Kg. Ha<sup>-1</sup> (Tabla 8) (Figura 4).

#### **Tabla 7**

*Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde (Kg.Ha<sup>-1</sup>) de T1 (D1E1), T2 (D1E2), T3 (D1E3), T4 (D2E1), T5 (D2E2), T6 (D2E3), T7 (D3E1), T8 (D3E2) y T9 (D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra*

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	8481622,22	4	2120405,56	12,81	<0,0001 **
Proporciones	1811755,56	2	905877,78	5,47	0,0118 ns
Proporciones*Etapa	587493,45	2	58942,36	6,48	<0,0001 **
Etapa	6669866,67	2	3334933,33	20,15	<0,0001 **
Error	3640244,44	16	165465,66		<0,0001 **
Total	12121866,67	26			

**Tabla 8**

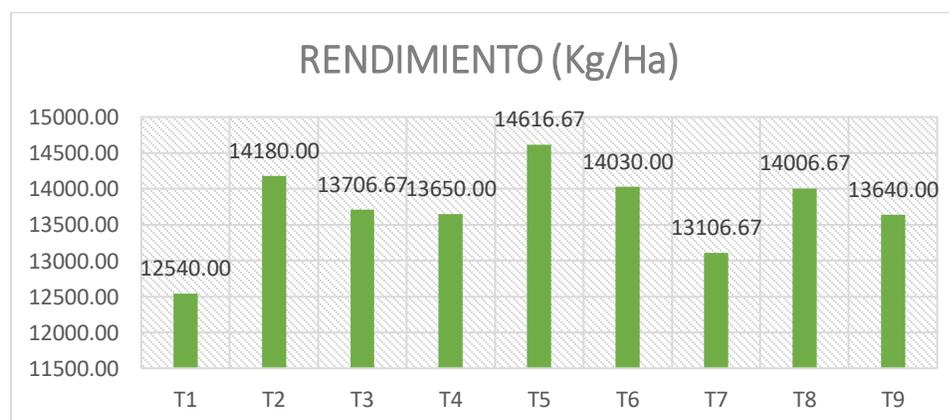
*Promedio  $\pm$  error estándar de la producción de materia verde (Kg. Ha<sup>-1</sup>) de los tratamientos estudiados*

<b>Tratamiento</b>	<b>Rendimiento Kg. Ha-1</b>	<b>Descripción</b>
T1 D1E1	12540 $\pm$ 271,54	a
T2 D1E2	14180 $\pm$ 197,31	ab
T3 D1E3	13706 $\pm$ 237,86	b
T4 D2E1	13650 $\pm$ 270,74	b
T5 D2E2	14616,67 $\pm$ 303,38	bc
T6 D2E3	14030 $\pm$ 145,72	bc
T7 D3E1	13106,67 $\pm$ 241,82	c
T8 D3E2	14006,67 $\pm$ 106,82	cd
T9 D3E3	13640 $\pm$ 160,93	d

Nota: T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración), T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A—30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)

**Figura 4**

*Rendimiento de materia verde por tratamiento*



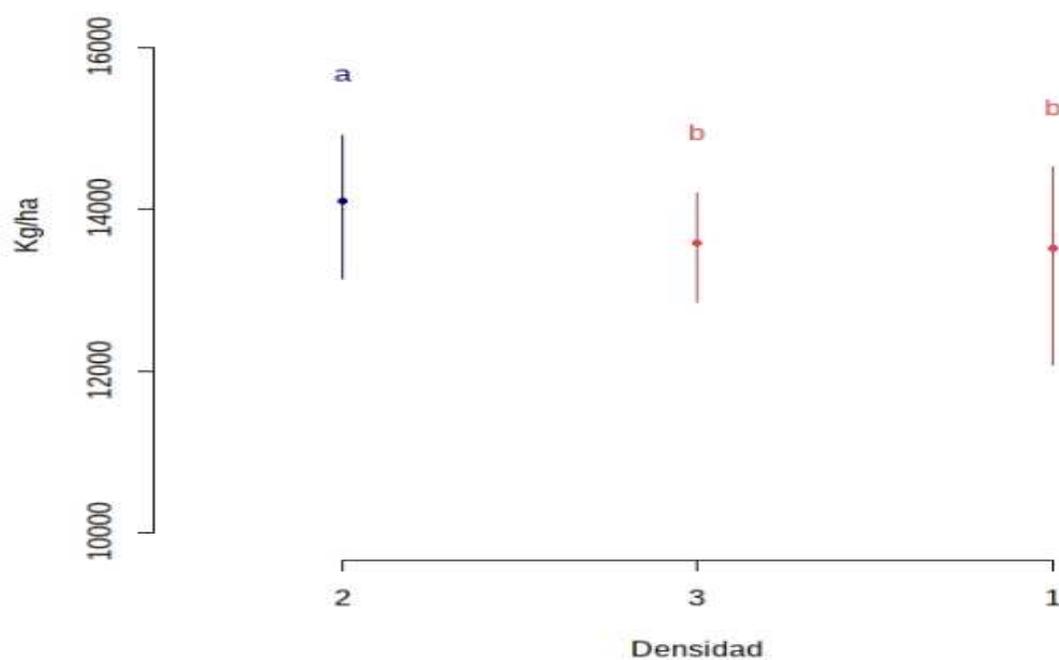
Nota: T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración),

T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A—30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)

Los resultados encontrados en el presente trabajo son superiores al trabajo realizado por, (Viracucha, 2020), los mismos evidencian un rendimiento promedio de 14,234 T. Ha-1 de materia verde; el promedio de la composición química fue  $27.95 \pm 1.58$  % de MS, lo que se encontró en el presente trabajo fue 14,616 T Ha-1 en la proporción 70:30 (avena: nabo) y en la etapa fenológica de corte Floración como mejor tratamiento.

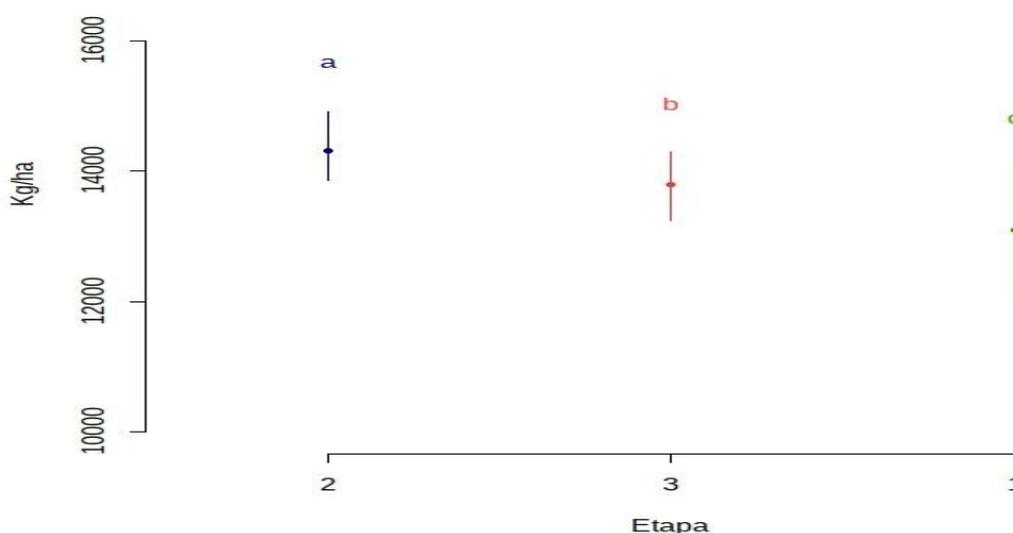
### Figura 5

*Producción de materia verde en la proporción 2 (70%A:30%N) superior en relación a las otras dos.*



**Figura 6**

*Rendimiento de materia verde en la Floración (Etapa 2) manteniendo una pequeña diferencia con respecto a la Etapa 3 de grano lechoso.*



En el análisis de la varianza obtenida en las producciones de materia verde en el cultivo de avena forrajera asociada a nabo en tres proporciones diferentes (80%A:20%N; 70%A:30%N; 60%A:40%N) y cosechadas a diferentes etapas fenológicas (Pre-floración, Floración y Grano lechoso), se obtuvo un coeficiente de variación del 4,89 %, datos que están dentro del rango expuesto por (Sánchez Gutiérrez et al., 2014), el mismo menciona que cuando se experimenta con especies animales u otras unidades experimentales (parcelas en campo) de mayor variabilidad intrínseca o in situ, el coeficiente de variación no debe ser mayor al 20% (como límite máximo); además se obtuvo un  $R^2$  del 0,47 (47%), valor que indica que la relación lineal entre las dos variables no es muy buena, ya que al aumentar la madurez del cultivo de avena forrajera, los valores de materia verde no son muy variables.

### **Materia seca**

En el análisis de varianza obtenida en las producciones de materia seca encontrados en el cultivo de avena forrajera asociada a nabo en tres proporciones y cosechadas en tres etapas fenológicas de corte, se obtuvo un coeficiente de variación del 2,86 %, (Tabla 8), datos que están dentro del rango realizado por (Sánchez Gutiérrez et al., 2014), el mismo menciona que cuando se experimenta con animales u otras unidades experimentales (parcelas en campo) de mayor variabilidad intrínseca o en campo, el coeficiente de variación no debe ser mayor al 20% (como límite máximo); además se obtuvo un  $R^2$  del 0,76 (76%), valor que indica la existencia de una relación lineal entre las dos variables, etapas fenológicas de corte del cultivo de avena forrajera-nabo y los valores de materia seca.

#### **Tabla 9**

*Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca ( $Kg. Ha^{-1}$ ) de T1 (D1E1), T2(D1E2), T3(D1E3), T4(D2E1), T5(D2E2), T6(D2E3), T7(D3E1), T8(D3E2) y T9(D3E3) de tres repeticiones cosechadas a los 67, 75 y 96 días después de la siembra*

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	658809,04	4	109801,51	10,72	<0,0001
Proporción	109942,55	2	54971,28	5,37	0,0136 **
Rep	36375,26	2	18187,63	1,78	0,1950
Proporción*Etapa	45795,18	2	29651,53	2,14	0,0186 **
Etapa	512491,23	2	256245,62	25,02	<0,0001 **
Error	204813,24	20	10240,66		
Total	863622,29	26			

Para el rendimiento de materia seca no hubo diferencias significativas entre las repeticiones, sin embargo, existen diferencias significativas entre tratamientos ( $F= 25,02$ ;  $P= <0,0001$ ) así como para las etapas fenológicas de corte y para la interacción de las proporciones con las etapas; donde se puede apreciar claramente que el T5 (70%A-30%N; Floración) obtuvo un rendimiento de 3800,03 Kg. Ms. Ha<sup>-1</sup> (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Promedio ± error estándar de la producción de materia seca (Kg. Ha<sup>-1</sup>) de los tratamientos estudiados. Tukey Alfa=0,05 DMS=289,64043.*

Tratamiento	Rendimiento Kg. Ha-1	Descripción
T1 D1E1	3247,55 ± 63,08	a
T2 D1E2	3711,44 ± 54,73	a b
T3 D1E3	3490,94 ± 70,61	a b c
T4 D2E1	3504,17 ± 86,30	a b c
T5 D2E2	3800,03 ± 71,95	a b c d
T6 D2E3	3587,10 ± 45,65	b c d
T7 D3E1	3381,27 ± 55,70	b c d
T8 D3E2	3632,46 ± 33,02	c d
T9 D3E3	3519,10 ± 41,42	d

*Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

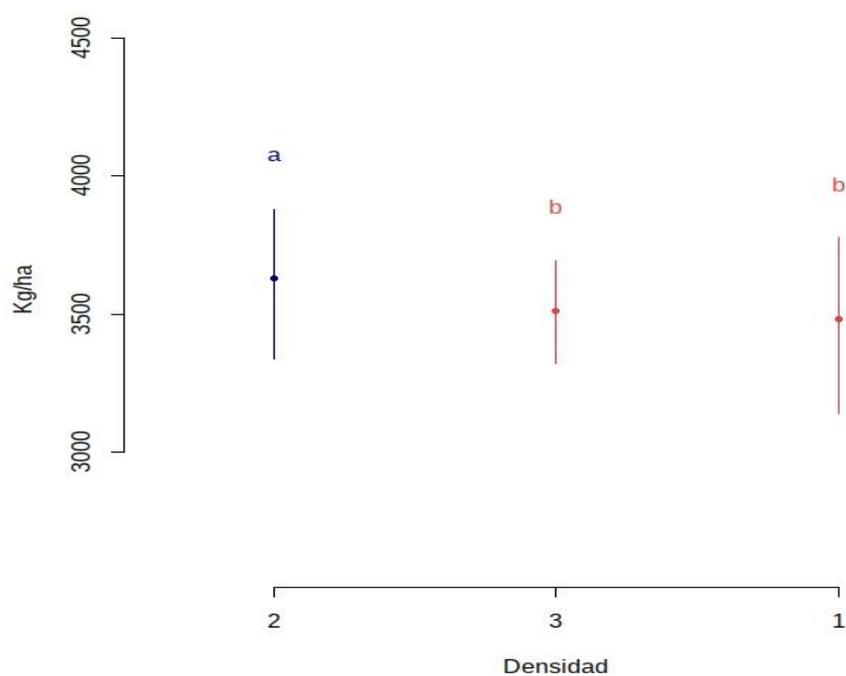
*T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración),*

*T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A—30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)*

Los rendimientos de materia seca son inferiores a los expuestos por (Meza et al., 2013) que presentó un promedio de 4681 Kg.Ha<sup>-1</sup> en una asociación 80:20 avena: nabo.

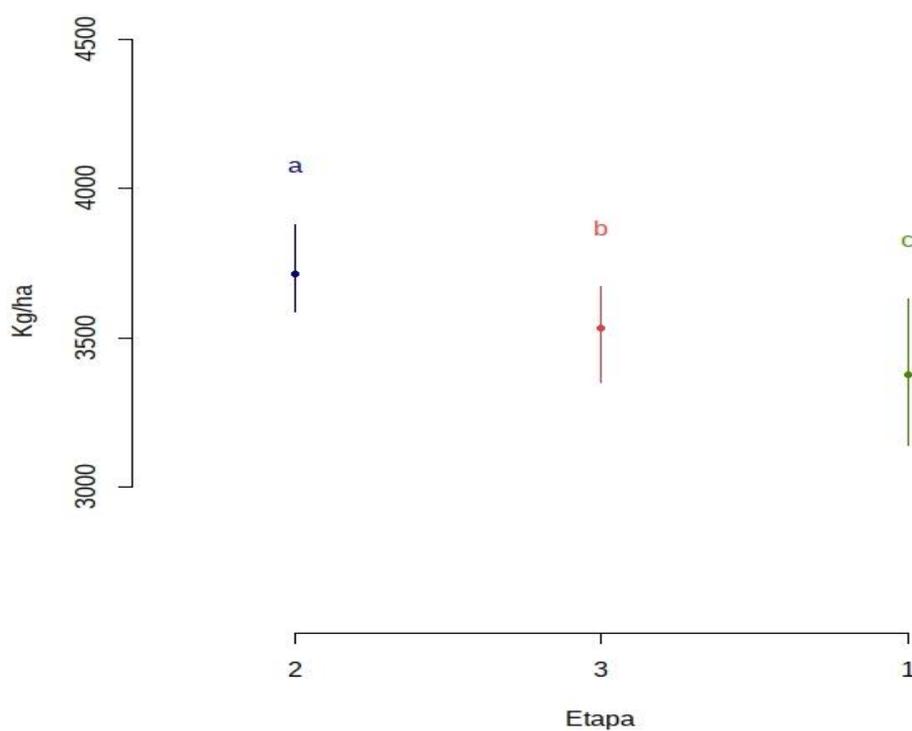
### Figura 7

*En la figura se puede apreciar que la densidad 2 (70%A:30%N) fue la que mayor producción de materia seca tuvo en relación a las otras dos.*



**Figura 8**

En la figura se puede observar que la mejor etapa en cuanto a rendimiento de materia seca fue la Floración (Etapa 2) manteniendo una ligera diferencia con respecto a la Etapa 3 de grano lechoso.

**Valor nutricional**

Se refiere al porcentaje de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN de la asociación avena-nabo forrajero en tres proporciones de siembra y en tres etapas fenológicas de corte.

**Tabla 11**

*Valores promedio del análisis bromatológico realizado en el estudio.*

<b>Tratamientos</b>	<b>% Proteína</b>	<b>% Grasa</b>	<b>% Cenizas</b>	<b>% Fibra</b>	<b>% ENN</b>
D1E1	11,21	2,71	8,79	24,45	52,84
D2E2	13,24	2,23	8,69	25,03	50,81
D3E3	10,96	2,92	7,77	26,26	52,09

Nota: Tabla elaborada por el autor, los valores obtenidos del promedio de los análisis realizados en el laboratorio de Nutrición animal de la Agencia de Regulación y Control-AGROCALIDAD Tumbaco. (Anexo 2)

El tratamiento T5 (70%A-30%N; Floración) presentó el mayor porcentaje de proteína con un valor de 13,24% mientras que el tratamiento T9 (60%a-40%N; Grano lechoso) obtuvo el porcentaje más bajo con un valor de 10,96% de este componente nutricional. La cantidad de proteína que destacó en el estudio es superior a la presentada por (Viracucha, 2020) que manifiesta un valor de  $8.67 \pm 0.64$  % en la cosecha a los 87 días después de la siembra, equivalente a la cosecha realizada en la presente investigación.

Las proteínas son el principal compuesto nitrogenado de las plantas; su contenido es elevado cuando éstas son jóvenes y desciende a medida que las mismas maduran

Con respecto al componente oleico, el tratamiento que presentó el valor más alto fue el T9 (60%a-40%N; Grano lechoso) con un porcentaje de 2,92; mientras que el tratamiento T4 (70%A-30%N; Prefloración) manifiesta el valor más bajo con un valor de 2,23% de grasa.

En el presente estudio se pudo observar que el aporte de grasa del nabo forrajero en la mezcla, reafirmando lo presentado por (Viracucha, 2020) donde manifiesta que la mezcla forrajera avena + nabo forrajero obtuvo un valor de 2,33% de grasa en una proporción de siembra 80:20 respectivamente.

Para el porcentaje de ceniza el Tratamiento 5 (70%A-30%N; Floración) presentó el valor más alto dentro del estudio con 8,79% de este componente, mientras que el Tratamiento 8 (60%A-40%N; Grano Lechoso) obtuvo el porcentaje más bajo con un valor de 7,77%. Los valores presentados en este estudio son inferiores a los presentados por (Viracucha, 2020) dado que se lo tomó en cuenta junto con el ENN (Elementos No Nitrogenados) que en la presente investigación se detalla como un componente diferente (Tabla 11).

En cuanto se refiere al porcentaje de fibra, el tratamiento que presentó el valor más alto fue el T9 (60%A—40%N; Grano lechoso) con un valor de 26,26%, mientras que el T4 (70%A-30%N; Prefloración) manifiesta el porcentaje más bajo con un valor de 24,45%.

En la planificación de dietas para bovinos de producción lechera, (Borelli, 2001), indica que es de vital importancia considerar los niveles y tipo de fibra que se dota a cada UBA. Las concentración de fibra dentro de la dieta se planifican con base en parámetros de sanidad ruminal como por ejemplo, previniendo desbalances de pH en el rumen, aumentando el tiempo de retención de los alimentos y sobre todo evitando cuadros de acidosis sub aguda y laminitis (Cruz-Calvo & González, 2000).

La fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación del ganado lechero y ruminantes en general. El contenido de FDN de un forraje está negativamente

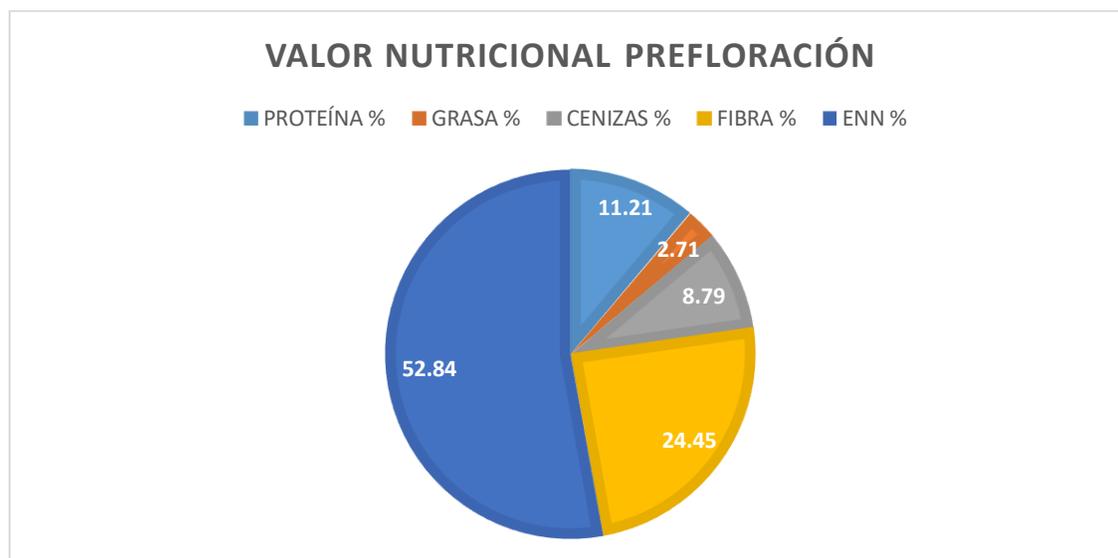
correlacionado con el máximo consumo voluntario de ese material por los rumiantes. Por lo tanto, cuando se formulan raciones en forma muy precisa FDN es un buen indicador del potencial de consumo de esa dieta (Mieres, 2004).

Para el porcentaje de ENN el tratamiento que mostró el valor más alto fue el T3 (80%A-20%N; Grano lechoso) con 52,84% de este componente, mientras que el tratamiento que presentó el valor más bajo fue el T6 (70%A-30%N; Grano lechoso) con 50,81%.

### Figura 9

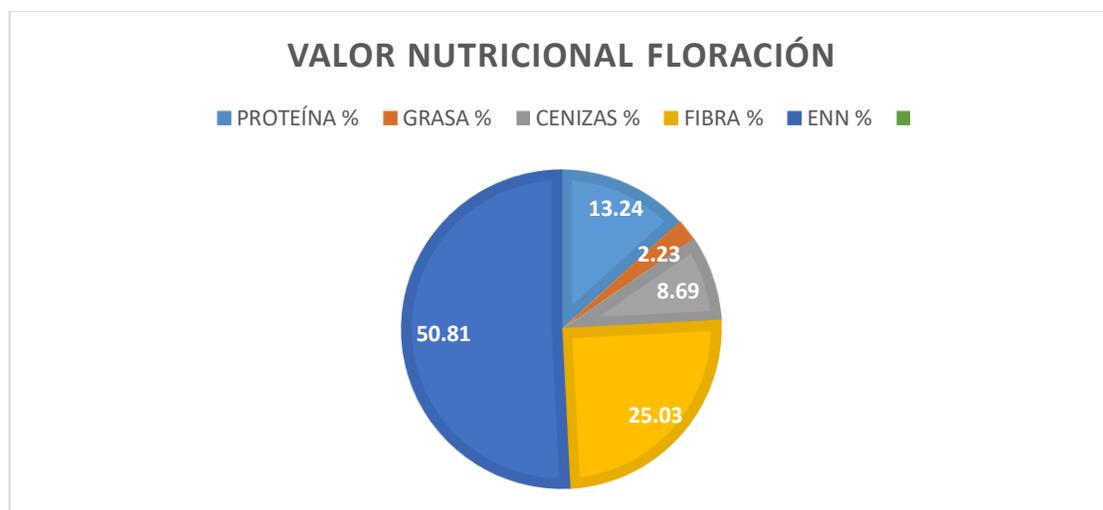
*Valores de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN promedio de la etapa Prefloración*

*en la densidad de siembra 80:20.*

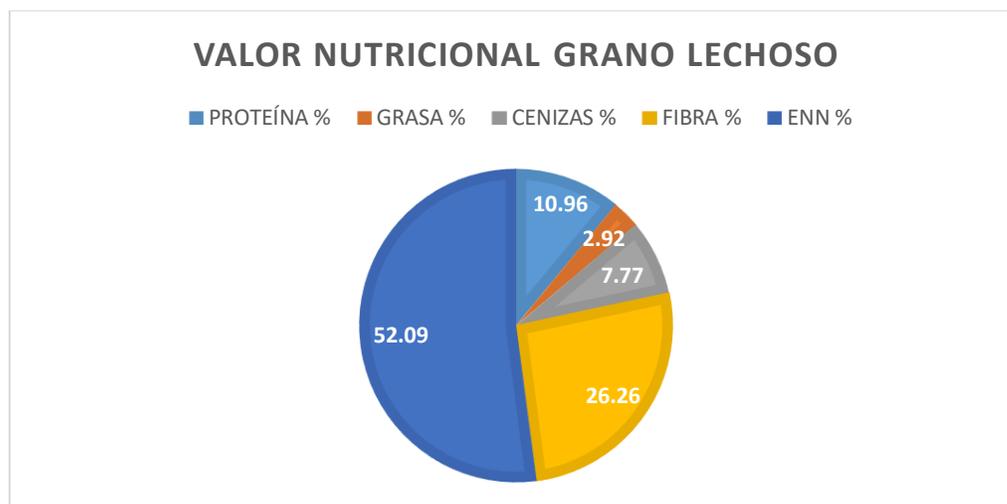


**Figura 10**

Valores de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN promedio de la etapa floración en la densidad de siembra 70:30.

**Figura 11**

Valores de proteína, grasa, cenizas, fibra y ENN promedio de la etapa grano lechoso en la densidad de siembra 60:40.

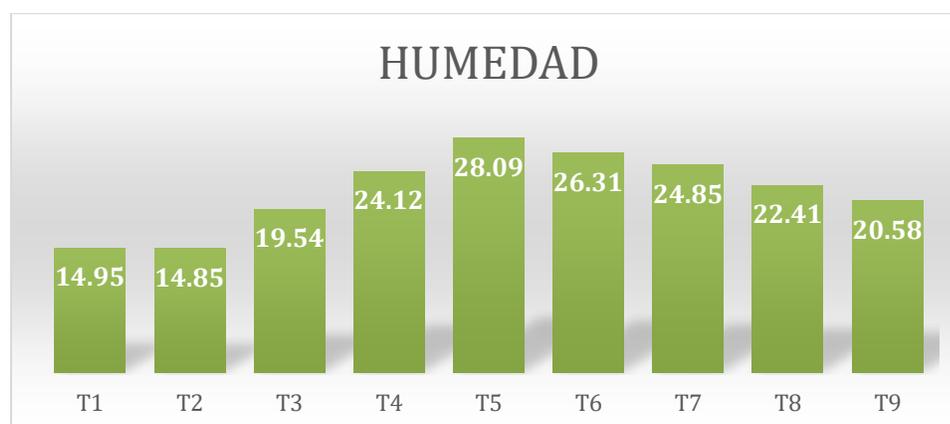


## Humedad

Así como para la altura y proteína el tratamiento que presentó el valor más alto de humedad fue el T5 (70%A-30%N; Floración) con un valor de 28,09%.

### Figura 12

*Valores de humedad de los tratamientos evaluados*



Nota: T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración), T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A—30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)

## Digestibilidad

Representa el porcentaje de un alimento consumido que no es eliminado y por tanto queda disponible dentro del animal para cumplir con las funciones de mantenimiento, producción y reproducción. Es un buen estimador de la energía disponible de un alimento. Al igual que todo proceso transformador, el mismo consume energía, por lo cual no es 100% eficiente. Hay fugas de energía en el proceso de digestión y metabolización de los alimentos para transformarlos en «productos» orgánicos del

animal. La energía total de un alimento es la suma de los valores energéticos de sus constituyentes, por tanto, variará de acuerdo con su composición química.

En base a los resultados obtenidos, el tratamiento que presentó la más alta tasa de digestibilidad a las 24 horas fue el T5 (70%A-30%N Floración) con un porcentaje del 66,67% mientras que el valor más bajo de digestibilidad fue el T3 (80%A-20%N; Grano lechoso) con un porcentaje de 56,93% (Tabla 10) (Figura 16). Estos valores se contrastaron con la tabla de valor nutritivo propuestas por (Mieres, 2004) en la que nos provee un valor de 66,10% para el cultivo de avena forrajera.

**Tabla 12**

*Porcentajes promedio de digestibilidad de los tratamientos estudiados*

<b>Tratamiento</b>	<b>% Digestibilidad</b>
T1	57,20%
T2	62,47%
T3	56,93%
T4	59,67%
T5	66,67%
T6	61,18%
T7	59,07%
T8	59,33%
T9	58,47%

*Nota: T1 (80%A-20%N; Etapa Prefloración), T2 (80%A-20%N; Etapa Floración),*

*T3 (80%A-20%N; Etapa Grano Lechoso), T4 (70%A-30%N; Etapa Prefloración), T5 (70%A—30%N; Etapa Floración), T6 (70%A-30%N; Etapa Grano lechoso), T7 (60%A-40%N; Etapa Prefloración), T8 (60%A-40%N; Etapa Floración) y T9 (60%A-40%N; Etapa Grano lechoso)*

**Figura 15**

*Porcentajes de digestibilidad de cada tratamiento evaluado a las*

*24 horas de digestión ruminal*



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

El T5 presentó la mayor altura de planta (70%A-30%N) en la etapa de floración con 94,60 cm, reflejando una buena competencia entre las dos especies en estudio.

En el macollamiento no se encontró diferencias significativas entre tratamientos; los que presentaron mayor número de macollos fueron los T4, T5, T7, T8 Y T9 con 7 macollos cada una a los 40 DDS.

En cuanto al rendimiento tanto de materia verde como materia seca, el T5 (70%A30%N) en la etapa de floración presentó la mayor producción con 14930 Kg. Ha-1 y 3800,03 Kg. Ms. Ha-1, respectivamente.

Respecto al valor nutritivo, el T5 (D2E2) presentó el mayor porcentaje de proteína y ceniza con 13,24% y 8,79%, respectivamente. El T9 (D3E3) presentó el valor más alto en grasa y fibra con 2,92% y 26,26%, respectivamente. Para el porcentaje de ENN el tratamiento que mostró el valor más alto fue el T3 (D1E3) con 52,84%.

El tratamiento con más alta de digestibilidad in situ fue el T5 (D2E2) con 66,67%.

## Recomendaciones

Es recomendable el uso de la mezcla forrajera Avena (*Avena sativa*)-Nabo (*Brassica napus* var *Napus*), 70:30 respectivamente y la cosecha en la etapa de Floración ya que presenta los valores más altos en la mayoría de las variables analizadas, principalmente; rendimiento de materia verde, materia seca y digestibilidad.

Como alternativa, se recomienda la mezcla forrajera Avena (*Avena sativa*)-Nabo (*Brassica napus* var *Napus*), 80:20 respectivamente, así como la cosecha en la etapa de Floración, ya que presentó los segundos valores más altos en las variables analizadas; rendimiento de materia verde, materia seca y digestibilidad.

Se recomienda evaluar la mezcla forrajera Avena (*Avena sativa*)-Nabo (*Brassica napus* var *Napus*) en la proporción 70:30 respectivamente, en la etapa de floración para conservación de forrajes como henolaje, ensilaje y heno.

Se recomienda evaluar las mezclas forrajeras de mejor desempeño productivo en animales para análisis de calidad de leche.

## Bibliografía

- Alvear, A. (2020). *Efecto de la fertilización fosfatada sobre la producción y digestibilidad de una mezcla forrajera en tres diferentes tiempos de corte*.  
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/22055/1/T-IASAI-005591.pdf>
- Andrade, F. H. (2016). *Los desafíos de la agricultura*. 136.
- Araujo, C. D. S. (2018). *Biofumigación con brassicáceas para el control de nematodos en el cultivo de papa*. 70.
- Argote, G. (2007). *Evaluación y selección de gramíneas forrajeras tolerantes a condiciones climáticas del altiplano de Puno*. 5.
- Aucal, S. H. A. (2015). *Inclusión del Nabo forrajero (Brassica rapa) como suplemento estival en dietas ofrecidas a vacas lecheras en predios de la Provincia de Ranco*. 54.
- Borelli, P. (2001). *Planificación de pastoreo*. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-capitulotme\\_7.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-capitulotme_7.pdf)
- Cahuana Moroquilca, M., & Yauri Valladolid, V. (2016). *Composición química del ensilado de festuca dolichophylla, Avena Sativa y Vicia Sativa asociada en diferentes proporciones*. Universidad Nacional de Huancavelica.  
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1162>
- Calegari, A. (2017). *Abonos Verdes*.  
[https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/060302/pdf/production/vegetable\\_11.pdf](https://www.jica.go.jp/project/elsalvador/060302/pdf/production/vegetable_11.pdf)
- Castro, H. (1995). *Técnicas de muestreo y parámetros de calidad de los recursos forrajeros*.  
<http://www.iracbiogen.com/admin/biblioteca/documentos/Trabajo%20final%20ma-righetti-somacal-alvarenga.pdf>

- Cozzolino, D. (2002). *Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (nirs) en el análisis de alimentos para animales*.  
<http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/viewFile/543/45>
- Cruz-Calvo, M. M., & González, J. S. (2000). *La fibra en la alimentación del ganado lechero*. *Nutrición Animal Tropical*, 6(1), 39-74.
- Dellacanónica, M. (2014).  
*Rendimiento\_calidad\_cultivo\_avena\_bajo\_distintas\_laminas\_riego*.  
[https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/5177/INTA\\_CRPatagoniaSur\\_EEAesquel\\_Dellacan%c3%b3nica\\_C\\_Rendimiento\\_calidad\\_cultivo\\_avena\\_bajo\\_distintas\\_laminas\\_riego.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/5177/INTA_CRPatagoniaSur_EEAesquel_Dellacan%c3%b3nica_C_Rendimiento_calidad_cultivo_avena_bajo_distintas_laminas_riego.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Domínguez, J. (2019). *Determinación del momento de aplicación de nitrato de amonio en una mezcla forrajera*. 58.
- Gallardo, L., & Enrique, C. (2016). *Eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera (Avena sativa L.)*.  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10127>
- Gutiérrez, F. (2018). *Cartilla\_Manejo\_Pasturas*.  
[https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla\\_Manejo\\_Pasturas\\_CRPLivestock\\_Final-2.pdf](https://www.biopasos.com/biblioteca/100v%20Cartilla_Manejo_Pasturas_CRPLivestock_Final-2.pdf)
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- López-Vigoa, T. (2017). *Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción animal sostenible en el contexto actual de la ganadería tropical*.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942017000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000200001)

Meza, O., o, C. A. L., & A, J. R. P. (2013). *Evaluación de la asociación de avena negra - Avena strigosa schieb—y nabo forrajero - Raphanus sativus l. - en el sistema de siembra directa*. Investigación Agraria, 6(2), 10-16.

Mieres, J. M. (2004). *Guía para la alimentación de Rumiantes*.

<http://www.inia.uy/publicaciones/documentos%20compartidos/111219240807141556.pdf>

Nieto, D. (2020). *Características productivas en sistemas de producción lechera*.

<https://www.google.com/search?q=Nieto-Sierra%2C+D.+F.%2C+Meneses-Buitrago%2C+D.+H.%2C+Morales-Montero%2C+S.+P.%2C+Hern%C3%A1ndez-Oviedo%2C+F.%2C+Castro-Rinc%C3%B3n%2C+E.%2C+Nieto-Sierra%2C+D.+F.%2C+Meneses-Buitrago%2C+D.+H.%2C+Morales-Montero%2C+S.+P.%2C+Hern%C3%A1ndez-Oviedo%2C+F.%2C+%26+Castro-Rinc%C3%B3n%2C+E.+%282020%29.+Caracter%3%ADsticas+productivas+de+cultivos+forrajeros+en+sistemas+de+producci%C3%B3n+de+leche%2C+Nari%C3%B1o%2C+Colombia.+Agronom%C3%ADa+Mesoamericana%2C+31%281%29%2C+177-192.+https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.15517%2Fam.v31i1.36596&sxsrf=ALeKk014AF0b0hXs-QsD14PGTnxuSzITsA%3A1627494899477&ei=85kBYaWxHM-awbkPisu-iAM&oq=Nieto-Sierra%2C+D.+F.%2C+Meneses-Buitrago%2C+D.+H.%2C+Morales-Montero%2C+S.+P.%2C+Hern%C3%A1ndez-Oviedo%2C+F.%2C+Castro-Rinc%C3%B3n%2C+E.%2C+Nieto-Sierra%2C+D.+F.%2C+Meneses-Buitrago%2C+D.+H.%2C+Morales->

Montero%2C+S.+P.%2C+Hern%C3%A1ndez-

Oviedo%2C+F.%2C+%26+Castro-

Rinc%C3%B3n%2C+E.+%282020%29.+Caracter%C3%ADsticas+productivas+d  
e+cultivos+forrajeros+en+sistemas+de+producci%C3%B3n+de+leche%2C+Nari  
%C3%B1o%2C+Colombia.+Agronom%C3%ADa+Mesoamericana%2C+31%281  
%29%2C+177-

192.+https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.15517%2Fam.v3i1i1.36596&gs\_lcp=Cgdn  
d3Mtd2l6EAwyBwgjEOoCECcyBwgjEOoCECcyBwgjEOoCECcyBwgjEOoCECcy  
BwgjEOoCECcyBwgjEOoCECcyBwgjEOoCECcyBwgjEOoCECcyBwgjEOoCEC  
yBwgjEOoCECdBahBGABQjhRYjhRghhloAXAAeAGAAQCIQAQCSAQCYAQQG  
AQGgAQKqAQdnd3Mtd2l6sAEKwAEB&scient=gws-  
wiz&ved=0ahUKEwj9uz6qobyAhVPTTABHYqIDzEQ4dUDCA8

Sadzawka, A., Carrasco, M., Grez, R., Mora, M., Flores, H., & NEaman, A. (2006).

*Metodos de análisis recomendados para lo suelos de Chile. Instituto Nacional de  
Investigaciones Agropecuarias*, 164. <https://doi.org/10.1007/s11633-017-1074-y>

Saéñz Istillart, J. (2014). *Explotación y mejora de pastizales en Orreaga-Roncesvalles.*

*Puesta en marcha de la experiencia demostrativa.*

<https://www.navarraagraria.com/categories/item/1169-explotacion-y-mejora-de-pastizales-en-orreaga-roncesvalles-puesta-en-marcha-de-la-experiencia-demostrativa>

Sánchez Gutiérrez, R. A., Gutiérrez Bañuelos, H., Serna Pérez, A., Gutiérrez Luna, R., & Espinoza Canales, A. (2014). *Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México.* *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(2), 131. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v5i2.3220>

- Silva, A., & Rigoberto, H. (2012). *Evaluación de diferentes Densidades de Siembra del Plántago Lanceolata Asociado a una Mezcla de Especies*.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1552>
- Traxco. (2017). *Avena—Cultivo, propiedades y producción ecológica*.  
<https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/avena>
- Ventura Ríos, J., Reyes Vazquez, I., García Salas, A., Muñoz García, C., Muro Reyes, A., Maldonado Peralta, M. de los Á., Rojas García, A. R., Cruz Hernández, A., Ventura Ríos, J., Reyes Vazquez, I., García Salas, A., Muñoz García, C., Muro Reyes, A., Maldonado Peralta, M. de los Á., Rojas García, A. R., & Cruz Hernández, A. (2019). *Rendimiento, perfiles nutrimentales y de fermentación ruminal in vitro de pasto maralfalfa (Cenchrus purpureus Schumach.) Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido*. *Acta universitaria*, 29.  
<https://doi.org/10.15174/au.2019.2204>
- Viracucha, J. (2020). *Evaluación de la calidad y producción de forraje verde de avena (Avena sativa) asociado a colza (Brassica napus L) y nabo forrajero (Brassica rapa)*. <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/24803>