

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA



**EFFECTO DE TIEMPOS DE CORTE Y TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN
LA PRODUCCIÓN DE LA AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) VAR.
INIAP-FORTALEZA EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA, IBARRA**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR (A):

Karla Patricia Estrada Perugachi

DIRECTOR (A):

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EFFECTO DE TIEMPOS DE CORTE Y TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LA AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) VAR. INIAP-FORTALEZA EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA, IBARRA

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

INGENIERA AGROPECUARIA

APROBADO:

Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

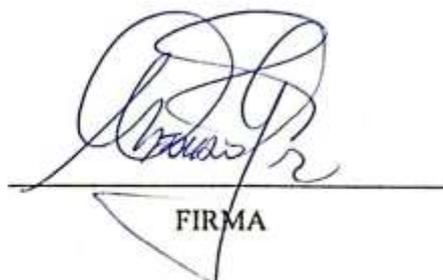
DIRECTOR



FIRMA

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas

ASESOR



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|----------------------|--|-----------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1004606370 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | Estrada Perugachi Karla Patricia | | |
| DIRECCIÓN: | La Esperanza | | |
| EMAIL: | kpestradap@utn.edu.ec | | |
| TELÉFONO FIJO: | ***** | TELÉFONO MÓVIL: | 0979826054 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|------------------------------------|---|
| TÍTULO: | Efecto de tiempos de corte y tipos de fertilización en la producción de la avena forrajera (<i>Avena sativa</i> L.) var. INIAP- FORTALEZA en la parroquia Angochagua, Ibarra |
| AUTORA: | Estrada Perugachi Karla Patricia |
| FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA | 23 de abril del 2025 |
| PROGRAMA: | <input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | Ingeniera Agropecuaria |
| DIRECTOR: | Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc. |

2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 23 días del mes de abril de 2025

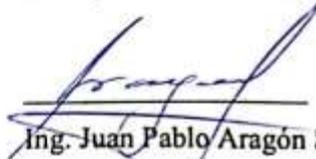
EL AUTOR:

.....
Karla Patricia Estrada Perugachi

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Estrada Perugachi Karla Patricia, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2025



Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

C.I.: 1002639803

DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Gufa: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2025

Karla Patricia Estrada Perugachi: “EFECTO DE TIEMPOS DE CORTE Y TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LA AVENA FORRAJERA (*Avena sativa* L.) VAR. INIAP-FORTALEZA EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA, IBARRA”

Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 21 días del mes de abril del 2025, con 68 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

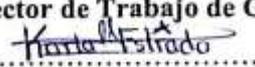
El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de tiempos de corte y tipos de fertilización en la producción de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) var. INIAP-Fortaleza en la parroquia Angochagua, Ibarra

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar el contenido proteico del cultivo de avena forrajera, de cada unidad experimental.
- Comparar el rendimiento en materia verde y seca entre los tipos de fertilizantes aplicados al cultivo.
- Determinar los costos de producción por kg de materia seca y materia verde que sean necesarios para el manejo del cultivo.


.....
Ing. Juan Pablo Aragón Suárez, MSc.

Director de Trabajo de Grado


.....
Karla Patricia Estrada Perugachi

Autora

AGRADECIMIENTO

Al culminar esta etapa tan significativa de mi vida, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo.

En primer lugar, a mi director de tesis, Ing. Juan Pablo Aragón MSc. Por su guía, paciencia y valiosas enseñanzas. Su orientación fue clave para el desarrollo de esta investigación, y su apoyo incondicional me motivó a dar siempre lo mejor de mí. Ing. Magali Cañarejo, PhD e ingeniero Miguel Aragón quien con su guía, paciencia y sabios consejos me orientaron en los momentos más difíciles. Su apoyo incondicional y compromiso con mi formación han sido un pilar fundamental en este proceso.

A cada uno de mis docentes, quienes con su dedicación y conocimientos contribuyeron al desarrollo de mis habilidades y crecimiento profesional. Gracias por compartir su experiencia y por impulsar en mí el deseo de seguir aprendiendo. A mis compañeros de carrera, con quienes compartí desafíos, aprendizajes y momentos inolvidables.

A la Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales en especial a mi carrera Ingeniería Agropecuaria por abrirme sus puertas aportando conocimientos y enseñanzas, junto a sus docentes, administrativos y trabajadores.

A mis abuelitos, Patricio Méndez y Carlota Perugachi, quienes siempre han estado para mí con su amor, apoyo y palabras de aliento. Su fortaleza y cariño han sido una inspiración constante en mi vida. A mis tíos Germánico, Franklin, Patricia y Wendy por su apoyo y contribución en lograr mi sueño. A mi familia, por su amor incondicional y su respaldo en cada paso de este recorrido. Su paciencia y apoyo han sido esenciales para alcanzar esta meta.

A la Asociación Agropecuaria Manuel Freile Barba, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi tesis en su institución. Su confianza y colaboración fueron esenciales para la realización de este proyecto. A todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido a mi formación y al éxito de esta investigación, mi más sincero agradecimiento.

Karla Estrada P.

DEDICATORIA

A Dios, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, quien me ha guiado en cada paso de este camino y a la Virgen Santísima del Quinche que sin su gracia y amor infinito, nada de esto habría sido posible.

A mi hija, mi mayor inspiración, mi motor en los momentos de cansancio y desánimo. Cada esfuerzo, cada noche en vela y cada sacrificio han tenido sentido al verla crecer y saber que con mi ejemplo le enseñé a luchar por sus sueños. Mi amor por ti es el impulso que me ha llevado a culminar esta etapa.

A mi amado esposo, compañero incondicional en esta travesía. Gracias por tu apoyo, paciencia y por ser mi refugio en los momentos difíciles. Tu confianza en mí me ha dado fuerzas para seguir adelante y alcanzar esta meta.

A mi padre, por sus consejos, su ejemplo y su amor. Gracias a usted descubrí mi vocación y elegí esta carrera, que hoy es mi mayor pasión. Cada enseñanza suya ha sido una guía invaluable en mi camino.

A mi madre, quien con amor y dedicación cuidó de mi hija para que yo pudiera enfocarme en mis estudios. Su entrega incondicional y su sacrificio han sido fundamentales para que hoy pueda celebrar este logro.

A mis hermanos Jesús, David y Evita, gracias por todo el apoyo brindado, su paciencia y comprensión.

Y finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra forma, han sido parte de este proceso. A cada uno, mi más sincera gratitud.

Karla Estrada P.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xi |
| ÍNDICE DE TABLAS | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xiii |
| RESUMEN | xiv |
| ABSTRACT..... | xv |
| CAPÍTULO I | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Problema de investigación | 3 |
| 1.3 Justificación | 3 |
| 1.4 Objetivos | 4 |
| 1.4.1 <i>Objetivo general</i> | 4 |
| 1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> | 4 |
| 1.4 Hipótesis..... | 5 |
| 1.5.1 <i>Hipótesis alternativa</i> | 5 |
| 1.5.2 <i>Hipótesis nula</i> | 5 |
| CAPÍTULO II..... | 6 |
| MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 Avena forrajera en Ecuador | 6 |
| 2.2 Descripción taxonómica..... | 6 |
| 2.3 Origen del cultivo de avena forrajera (<i>Avena sativa L.</i>) | 7 |
| 2.4 Origen de la avena INIAP Fortaleza 2020 | 7 |
| 2.4.1 <i>Características morfológicas y agroquímicas</i> | 7 |
| 2.4.2 <i>Características de calidad del grano de avena</i> | 8 |
| 2.4.3 <i>Características nutricionales de la planta</i> | 9 |
| 2.4.4 <i>Zonificación</i> | 9 |

| | | |
|-------------------------|---|----|
| 2.5 | Generalidades del cultivo de (<i>Avena sativa</i> L.) | 9 |
| 2.6 | Estados fenológicos de la avena forrajera | 10 |
| 2.7 | Características fisiológicas | 10 |
| 2.8 | Características morfológicas | 11 |
| 2.9 | Condiciones agroclimáticas | 11 |
| 2.9.1 | <i>Zonas para cultivar</i> | 11 |
| 2.9.2 | <i>Características</i> | 11 |
| 2.10 | Características de una planta forrajera | 12 |
| 2.9.1 | <i>Semillas</i> | 12 |
| 2.11 | Requerimientos de fertilización de la avena forrajera variedad INIAP Fortaleza 2020 | 12 |
| 2.12 | Abono orgánico – Bio Compost | 13 |
| 2.13 | Costos de producción | 14 |
| 2.14 | Marco legal | 14 |
| CAPÍTULO III..... | | 16 |
| MARCO METODOLÓGICO..... | | 16 |
| 3.1 | Descripción del área de estudio | 16 |
| 3.2 | Materiales..... | 17 |
| 3.3 | Métodos..... | 18 |
| 3.3.1 | <i>Factores en estudio</i> | 18 |
| 3.3.2 | <i>Tratamientos</i> | 19 |
| 3.3.3 | <i>Diseño experimental</i> | 20 |
| 3.3.4 | <i>Características del experimento</i> | 19 |
| 3.4.4.1 | <i>Características de la unidad experimental</i> | 21 |
| 3.3.5 | <i>Análisis estadístico</i> | 21 |
| 3.3.6 | <i>VARIABLES A EVALUARSE</i> | 22 |
| 3.3.6.1 | <i>Altura de la planta</i> | 22 |
| 3.3.6.2 | <i>Contenido nutricional</i> | 22 |
| 3.3.6.4 | <i>Producción de materia verde kg ha⁻¹ corte⁻¹</i> | 23 |
| 3.3.6.5 | <i>Producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹</i> | 23 |
| 3.3.6.6 | <i>Costos de producción</i> | 23 |

| | |
|--|----|
| 3.4 Manejo del experimento | 24 |
| 3.4.1 Preparación del suelo | 25 |
| 3.4.2 Siembra | 25 |
| 3.4.3 Fertilización | 26 |
| 3.4.4 Cortes | 27 |
| 3.4.5 Toma de datos y análisis | 27 |
| 3.4.6 Riegos | 28 |
| 3.6.7 Control de malezas | 29 |
| CAPÍTULO IV | 30 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 30 |
| 4.1 Contenido nutricional en base a los tiempos de corte y tipos de fertilización | 30 |
| 4.1.1 Altura de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020 | 29 |
| 4.1.2 Análisis bromatológico bajo diferentes fertilizaciones | 32 |
| 4.2 Rendimiento de materia verde y materia seca bajo fertilización química y fertilización orgánica | 33 |
| 4.2.1 Producción de materia verde $kg\ ha^{-1} corte^{-1}$ | 33 |
| 4.2.2 Producción de materia seca $kg\ ha^{-1} corte^{-1}$ | 35 |
| 4.3 Costos de producción por kg de materia seca y materia verde que sean necesarios para el manejo del cultivo | 10 |
| 4.3.1 Análisis de costos | 38 |
| CAPÍTULO V | 40 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| CONCLUSIONES | 40 |
| RECOMENDACIONES | 41 |
| REFERENCIAS | 42 |
| ANEXOS | 47 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 <i>Etapas fenológicas de la avena forrajera</i> | 10 |
| Figura 2 <i>Mapa de ubicación geográfica del área de estudio “Asociación Manuel Freile Barba”</i> | 16 |
| Figura 3 <i>Diseño experimental en base a dos tiempos de corte</i> | 20 |
| Figura 4 <i>Muestreo para el análisis de suelo del área de investigación</i> | 24 |
| Figura 5 <i>Uso de maquinaria en el área de estudio</i> | 25 |
| Figura 6 <i>Aplicación de cal agrícola</i> | 25 |
| Figura 7 <i>Semilla sembrada en una unidad experimental</i> | 26 |
| Figura 8 <i>Fertilizantes que se aplico en la investigación</i> | 26 |
| Figura 9 <i>Cortes realizados a los 80 y 90 días después de la siembra</i> | 27 |
| Figura 10 <i>Toma de datos de la altura con ayuda del flexómetro</i> | 28 |
| Figura 11 <i>Datos sobre la pluviosidad durante el cultivo de la avena forrajera</i> | 28 |
| Figura 12 <i>Peso del forraje verde en función a los días después de la siembra</i> | 33 |
| Figura 13 <i>Peso del forraje verde en función a la fertilización</i> | 34 |
| Figura 14 <i>Producción de materia verde $kg\ ha^{-1}\ corte^{-1}$</i> | 35 |
| Figura 15 <i>Análisis de medias de peso de materia seca $kg\ ha^{-1}\ corte^{-1}$</i> | 36 |
| Figura 16 <i>Peso de la materia seca $kg\ ha^{-1}\ corte^{-1}$</i> | 37 |
| Figura 17 <i>Producción de materia seca $kg\ ha^{-1}\ corte^{-1}$</i> | 37 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Clasificación taxonómica de la Avena sativa L.</i> | 7 |
| Tabla 2 <i>Descripción de las características de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020</i> | 8 |
| Tabla 3 <i>Descripción de las características de la calidad del grano de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020</i> | 9 |
| Tabla 4 <i>Descripción de las características nutricionales de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020</i> | 9 |
| Tabla 5 <i>Contenido nutricional de Bio Compost</i> | 14 |
| Tabla 6 <i>Ubicación geográfica y condiciones climáticas del sitio de investigación</i> | 17 |
| Tabla 7 <i>Materiales e insumos utilizados en la investigación</i> | 17 |
| Tabla 8 <i>Aportes de los nutrientes en kg ha⁻¹ bajo fertilización química</i> | 18 |
| Tabla 9 <i>Aportes de los nutrientes en kg ha⁻¹ bajo fertilización orgánica</i> | 19 |
| Tabla 10 <i>Aportes de los nutrientes en kg ha⁻¹ sin fertilización</i> | 19 |
| Tabla 11 <i>Interacción de los factores en estudio</i> | 19 |
| Tabla 12 <i>Descripción de las características del experimento</i> | 21 |
| Tabla 13 <i>Detalles de lo que comprende la unidad experimental</i> | 21 |
| Tabla 14 <i>Análisis de varianza (ADEVA)</i> | 22 |
| Tabla 15 <i>Análisis de variación para la variable altura de la avena forrajera</i> | 30 |
| Tabla 16 <i>Altura de las plantas enfocada en los días después de la siembra</i> | 30 |
| Tabla 17 <i>Altura de la avena INIAP Fortaleza 2020 enfocada en los tratamientos</i> | 31 |
| Tabla 18 <i>Resultados del análisis bromatológico de la avena forrajera bajo tipos de fertilizantes</i> | 32 |
| Tabla 19 <i>Análisis de variación para la variable producción de materia verde kg ha⁻¹ corte⁻¹</i> | 33 |
| Tabla 20 <i>Análisis de variación para la variable producción de materia verde kg ha⁻¹ corte⁻¹, enfocado en los días después de la siembra</i> | 36 |
| Tabla 21 <i>Análisis de costos para la producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹</i> | 38 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. <i>Análisis de suelo del área del experimento.</i> | 47 |
| Anexo 2. <i>Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización química a los 80 días de corte.</i> | 48 |
| Anexo 3. <i>Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización orgánica a los 80 días de corte.</i> | 49 |
| Anexo 4. <i>Análisis bromatológico, muestra del testigo absoluto a los 80 días de corte.</i> | 50 |
| Anexo 5. <i>Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización química a los 90 días de corte.</i> | 51 |
| Anexo 6. <i>Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización orgánica a los 90 días de corte.</i> | 52 |
| Anexo 7. <i>Análisis bromatológico, muestra del testigo absoluto a los 90 días de corte.</i> | 53 |

EFFECTO DE TIEMPOS DE CORTE Y TIPOS DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE LA AVENA FORREJERA (*Avena sativa* L.) VAR. INIAP-FORTALEZA EN LA PARROQUIA ANGOCHAGUA, IBARRA.

Estrada Perugachi Karla Patricia
Universidad Técnica del Norte
kpestradap@utn.edu.ec

RESUMEN

La avena forrajera (*Avena sativa* L.) es un cultivo clave para la producción ganadera debido a su versatilidad y alto rendimiento. Este estudio se realizó en la parroquia Angochagua, Ibarra, con el objetivo de evaluar el efecto de los tiempos de corte y los tipos de fertilización en la producción de la variedad INIAP-Fortaleza. Esta investigación tiene relevancia por su contribución al manejo sostenible de forrajes, fundamentales en la producción bovina. Los objetivos principales fueron analizar el contenido proteico, comparar rendimientos entre fertilizantes y calcular costos productivos. Se empleó un diseño experimental en bloques completos al azar y dos factores: fertilización (química, orgánica y testigo) y tiempo de corte (80 y 90 días). Se evaluaron variables como altura, composición bromatológica, producción de materia verde y seca además de los costos de producción. Los resultados mostraron que la altura máxima alcanzada fue de 109.40 cm a los 90 días después de la siembra ya que la fertilización química incrementó significativamente la producción de materia verde y seca, con un rendimiento de hasta 46 t ha⁻¹ corte⁻¹ en materia verde y 0.89 kg m⁻² de materia seca. En contraste, la fertilización orgánica favoreció el contenido proteico, alcanzando hasta 11.9%. En conclusión, la fertilización química es más adecuada para maximizar el rendimiento en biomasa, mientras que la orgánica mejora la calidad nutricional. El estudio evidencia la importancia de ajustar prácticas agrícolas para optimizar la producción y sostenibilidad del forraje bovino.

Palabras clave: sostenibilidad, calidad nutricional, fertilización integrada, rendimiento.

EFFECT OF CUTTING TIMES AND FERTILIZATION TYPES ON THE PRODUCTION OF OAT FORAGE (*Avena sativa* L.) VAR. INIAP-FORTALEZA IN ANGOCHAGUA PARISH, IBARRA

Estrada Perugachi Karla Patricia
Universidad Técnica del Norte
kpestradap@utn.edu.ec

ABSTRACT

Oat forage (*Avena sativa* L.) is a key crop for livestock production due to its versatility and high yield. This study was conducted in Angochagua parish, Ibarra, with the objective of evaluating the effect of cutting times and fertilization types on the production of the INIAP-Fortaleza variety. This research is relevant due to its contribution to sustainable forage management, fundamental in bovine production. The main objectives were to analyze protein content, compare yields between fertilizers, and calculate production costs. A completely randomized block design with two factors was used: fertilization (chemical, organic, and control) and cutting time (80 and 90 days). Variables such as height, bromatological composition, green and dry matter production, and production costs were evaluated. The results showed that the maximum height reached was 109.40 cm at 90 days after sowing, as chemical fertilization significantly increased green and dry matter production, with a yield of up to 46 t ha⁻¹ court⁻¹ in green matter and 0.89 kg m⁻² of dry matter. In contrast, organic fertilization favored protein content, reaching up to 11.9%. In conclusion, chemical fertilization is more suitable for maximizing biomass yield, while organic fertilization improves nutritional quality. The study highlights the importance of adjusting agricultural practices to optimize forage production and sustainability.

Keywords: Sustainability, nutritional quality, integrated fertilization, yield.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el Ecuador la ganadería ocupa un lugar importante para la producción tanto agrícola como pecuaria, por lo tanto, siendo las especies forrajeras de gran importancia dentro de la alimentación de los bovinos ya que el avance ganadero no se logra solamente con animales de alto pedigrée, sino contribuyendo una adecuada alimentación que permita mantener sus características genéticas de alta producción. Además, cuenta con gran diversidad de climas y microclimas que dispone de considerables áreas de gran potencial para el establecimiento de pastizales (Toala, 2021).

La significación de las pasturas es identificada desde tiempos inmemorables, ya que, su importancia ha venido aumentando gracias a la contribución en el desarrollo de la producción ganadera, principalmente lechera. Nuestro país presenta varias dificultades en las praderas, tales como, infertilidad de los suelos, malas prácticas de riego, monocultivos y falta de insumos agrícolas, por ello es prioritario buscar nuevas estrategias de producción forrajera ya que la nutrición es un pilar fundamental en la producción animal (Andrade, 2016).

La avena se cultiva, ante todo, como un cereal multipropósito (grano y forraje) o como cultivo de rotación. Se utiliza en primer lugar en la alimentación de ganado bovino tanto en grano (balanceados) o como forraje (pastoreo, heno o ensilaje), sola o en mezclas forrajeras con leguminosas. La superficie cultivada en la Sierra ecuatoriana es de 1 177 ha con una producción 885 toneladas, además, las principales enfermedades limitantes son las royas (corona y tallo) que reducen la producción hasta un 100% en materiales (Ponce et al., 2022).

La avena (*Avena sativa* L.) es considerado el sexto cereal más cultivado a nivel mundial, principalmente como cultivo multipropósito para granos y forraje, o como cultivo de rotación en diferentes partes del mundo. Este grano entero es muy importante para las poblaciones de zonas marginales en casi todos los países en desarrollo, ya que es demandada para usos especializados, además es altamente conocida por su gran valor en la nutrición tanto humana como para el cuidado de la salud (Stevens et al., 2004; Mohar y Kumar, 2016). También es considerada como alimentación para especies pecuarias.

Debido a la eficacia de la actividad pecuaria en el Ecuador, la demanda de los cultivos forrajeros ha crecido en forma significativa y positiva, logrando así que la avena forrajera

(*Avena sativa* L.) sea un cultivo alternativo con buena calidad y con un valor nutricional debido a su alto contenido de proteína, fibra y presencia de vitaminas y minerales (Ramírez et al., 2013; Guerra y Lara, 2014).

La avena es una alternativa que genera altos niveles de producción de biomasa por hectárea con buenos valores nutricionales, y alta palatabilidad, además de esto es un cultivo de fácil manejo ya que tiene como ventajas: buen valor proteico, buena digestibilidad, costo de producción bajo, producción durante todo el año, buena adaptabilidad a la zona, buen rendimiento de biomasa. Este tipo de forraje genera expectativas positivas que abren caminos en la solución de las dificultades productivas de la alimentación de bovinos en la región (Ramírez et al., 2013). Por tal razón el trabajo de investigación pretende evaluar el rendimiento productivo y la calidad nutricional de la avena de acuerdo a diferentes tiempos de corte según su estado de maduración.

INIAP-Fortaleza 2020 es una avena que se utiliza para la producción tanto de forraje como de grano, cumpliendo así un doble propósito ya que presenta características deseables de productividad, calidad y resistencia a enfermedades además es una variedad mejorada que tiene un amplio rango de adaptación, ya que puede ser cultivada en las zonas cerealeras y pecuarias de la Sierra Sur ecuatoriana, que comprenden entre los 2 200 a 3 400 m.s.n.m. (Jiménez et al., 2020).

Es fundamental contar con variedades que mantengan su resistencia a las enfermedades a lo largo del tiempo, ya que se estima que una nueva variedad resistente tiene una vida útil efectiva de aproximadamente cinco años. En Ecuador, la variedad de avena más utilizada es la INIAP-82, la cual fue introducida hace cerca de 40 años. Sin embargo, con el tiempo ha perdido su resistencia y su alto rendimiento. Por esta razón, en el año 2 020, el INIAP desarrolló y lanzó una nueva variedad de doble propósito denominada INIAP-Fortaleza 2 020 (Ponce et al., 2022).

La fertilidad del suelo es indispensable en un cultivo logrando así proporcionar nutrientes a las plantas en cantidades adecuadas y en proporciones convenientes. El análisis del terreno es fundamental para poder conocer los nutrientes del cual está compuesto en el momento del muestreo, ya que, hay varios métodos para obtener muestras, la más sencilla consiste en ir colectando sub muestras de toda la unidad de muestreo recorriendo al azar por todo el límite trazado que luego serán mezcladas y enviadas al laboratorio, el inconveniente son las elevadas pendientes que se presentan en el terreno. Para el manejo del cultivo de avena

forrajera es indispensable el análisis del suelo, la nutrición vegetal y la adecuada fertilidad (Calla, 2012).

1.2 Problema de investigación

Hernández (2022), afirma que la superficie que está destinada para las praderas en la producción de pastos está llegando al límite y es necesario buscar nuevas alternativas de praderas que den soluciones nutricionales, aumentando la biomasa al igual que soporten sequías y que estas sean más resistentes a diferentes factores climáticos; estas actividades deben implementarse con tendencia a aumentar la eficiencia productiva ya que los costos de alimentación siguen alrededor del 50% de los costos totales de la producción láctea. Además es indispensable realizar un manejo mixto en el cual se implemente el uso orgánico para reducir el uso de fertilizantes químicos, consiguiendo así, mejores producciones en el área agrícola, ya que en la actualidad es lo que se busca alcanzar.

El 26% de la extensión de la tierra mundial y el 70% del área agrícola mundial permanecen cubiertos por praderas, que contribuyen a la subsistencia de más de 800 millones de personas, siendo la primordial fuente de ingesta de alimentos para bovinos, al mismo tiempo sirve como protección al medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2018). En la Sierra, Litoral y el Oriente el pasto es de mucha importancia alimenticia para el ganado, debido a que los concentrados resultan antieconómicos en las explotaciones ganaderas, ya que la mayoría de las ganaderías mantienen sus hatos a base de pastizales o forraje verde (Alba, 2013).

1.3 Justificación

El presente trabajo de investigación busca encontrar en la avena INIAP-Fortaleza 2020 (*Avena sativa* L.) una alternativa para la producción de forrajes de buena calidad enfocándose en dos tipos de fertilización; orgánica y química, y a la vez comparar los tiempos de corte de la misma antes de la floración y al inicio de la floración con el propósito de adquirir un forraje con mejores características productivas logrando así tener un adecuado manejo en la alimentación del ganado vacuno.

Este cultivo es una alternativa que genera altos niveles de producción de biomasa por hectárea con buenos valores nutricionales, y alta palatabilidad, además de esto es un cultivo de fácil manejo. La avena tiene como ventajas: buen valor proteico, buena digestibilidad, costo de producción bajo, producción durante todo el año, buena adaptabilidad a la zona, buen rendimiento de biomasa. Este tipo de forraje genera expectativas positivas que abren

caminos en la solución de las dificultades productivas de la alimentación de bovinos en la región (Ordóñez et al., 2013).

Según Ponce et al. (2022), la variedad de avena más distribuida por el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) fue liberada hace más de 38 años (INIAP- 82). Esta variedad con el tiempo ha perdido resistencia a las principales enfermedades y sus rendimientos han decrecido. Durante el año 2020 se liberó para el Austro ecuatoriano una nueva variedad de doble propósito, INIAP-Fortaleza 2020, la cual está siendo multiplicada para ser distribuida al sur del país. Debido a que en la Sierra ecuatoriana el principal uso de la avena es como mezcla forrajera, se hace evidente la necesidad de generar germoplasma mejorado de doble propósito con características de producción de grano y de forraje, para la Sierra Centro y Norte del país.

En el Ecuador la producción de avena en grano está en las 885 t, con un área sembrada de 1 177 ha y un rendimiento promedio de 0.74 t ha⁻¹, siendo la menor registrada en América del Sur. Las importaciones en el año 2019 de avena en grano fueron de 21 467 kg. La avena que se cultiva en Ecuador se emplea principalmente en la alimentación de ganado bovino tanto en grano (balanceados) o como forraje (pastoreo, heno o ensilaje) sola o en mezclas forrajeras con leguminosas (Ponce et al., 2022).

El grano de avena se emplea principalmente en la alimentación del ganado, aunque también es utilizada como planta forrajera, en pastoreo, heno o ensilado, sola o con leguminosas forrajeras. La paja de avena está considerada como muy buena para diferentes hatos. El grano de avena es un magnífico pienso para equinos, vacunos y ovinos. Es buena para animales de trabajo y reproductores por su alto contenido en vitamina E (Borda, 2007).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de tiempos de corte y tipos de fertilización en la producción de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) var. INIAP-Fortaleza en la parroquia Angochagua, Ibarra

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el contenido proteico del cultivo de avena forrajera, de cada unidad experimental.
- Comparar el rendimiento en materia verde y seca entre los tipos de fertilizantes aplicados al cultivo.

- Determinar los costos de producción por kg de materia seca y materia verde que sean necesarios para el manejo del cultivo.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis Alternativa

H_a: Los tipos de fertilización y tiempos de corte si inciden en los parámetros productivos y nutricionales de la avena forrajera.

1.5.2 Hipótesis Nula

H₀: Los tipos de fertilización y tiempos de corte no inciden en los parámetros productivos y nutricionales de la avena forrajera.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Avena forrajera en Ecuador

En el Ecuador el cultivo de la avena (*Avena sativa* L.) tiene buenas características geográficas, climáticas y de suelos, que le permiten una adecuada adaptación y desarrollo, sembrándose en todo el callejón Interandino en especial en las provincias de Azuay, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Tungurahua y El Oro (parte alta). En el país, tiene un ciclo vegetativo según la variedad usada, entre la siembra y la cosecha de 6 a 7 meses (Pinto, 2012).

Las especies forrajeras, como lo menciona Simbaña (2015), se consideran una promesa para solucionar los múltiples problemas que existen en el sector agropecuario, en el Ecuador se presenta un área de 740 000 hectáreas, de las cuales 130 000 hectáreas se encuentran bajo explotación con bovinos, con pastos naturales y cultivados mal manejados y en su mayoría de poca calidad nutritiva, que se traduce en bajas respuestas productivas y reproductivas de los rebaños de leche, carne y doble propósito.

Como consecuencia de la poca eficiencia de los sistemas de producción de vacunos en el país, la situación entre la oferta y la demanda de leche y carne esta desequilibrada. A este escenario de la producción, contribuyen una gran cantidad de factores, entre los que se tienen: incremento desmesurado del costo de los insumos para el sector ganadero, mal manejo de los recursos alimenticios (residuos pos cosecha, pastos y forrajes, etc.).

2.2. Descripción taxonómica

La clasificación taxonómica de la avena fue descrita por Robles en 1986 como se da a conocer en la Tabla 1 (Ticona, 2021).

Tabla 1*Clasificación taxonómica de la Avena sativa L.*

| Reino | Vegetal |
|--------------|------------------------|
| División | Tracheophyta |
| Sub división | Pteropsida |
| Clase | Liliopsida |
| Sub clase | Monocotiledónea |
| Orden | Poales |
| Familia | Poaceae |
| Tribu | Poeae |
| Género | <i>Avena</i> |
| Especie | <i>Avena sativa L.</i> |

2.3 Origen del cultivo de avena forrajera (*Avena sativa L.*)

Este cultivo es el cereal más importante en zonas templadas y del trópico alto. Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia central, sin embargo, no llegaron a tener la importancia que tuvieron cereales como el trigo (*Triticum*) o la cebada (*Hordeum vulgare*) en épocas tempranas pues, antes de ser cultivadas, las avenas fueron maleza de estos cultivos. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en el antiguo Egipto y no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por esta civilización. Por otro lado, los restos más antiguos de cultivos de avena se localizaron en Europa central y están datados entre los años 3 000 a 2 000 a. C., en la Edad de Bronce (Infoagro, 2018).

2.4 Origen de la avena INIAP Fortaleza 2020

INIAP - Fortaleza 2020 proviene de la cruce entre las líneas 79BORDENAVE, SELECTION/KENYA y SR LINE cuyo historial de selección es 88-19-2E-15E-4E-1E-0E-0E-0E. Esta línea fue desarrollada por el Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina en el año 1988 y evaluada hasta el 2015 en esta estación, año en el cuál es enviada a la Estación Experimental del Austro para continuar con el proceso de mejoramiento. Desde entonces INIAP-Fortaleza 2020 fue evaluada en varias localidades de Cañar, Azuay y Loja (Jiménez et al., 2020).

2.4.1 Características morfológicas y agroquímicas

Es importante tomar en cuenta las principales características para tomar como referencia un estimado en cuanto a la producción, como se mencionan algunos aspectos a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2

Descripción de las características de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020

| Característica | Descripción |
|---|--------------------------------------|
| Tallo | Fuerte, grueso, resistente al viento |
| Macollos | 10 – 12 |
| Tamaño de hojas | Grandes |
| Número de hojas | 5 |
| Panoja, tamaño | Grande |
| Número de espiguillas por panoja | 70 |
| Altura de la planta en cm | 130 - 140 |
| Días al panojamiento | 70 – 80 |
| Días a la cosecha para grano | 150 – 160 |
| Días a la cosecha para ensilaje tipo funda | 100 – 110 |
| Rendimiento potencial (t ha ⁻¹) materia verde | 53 |
| Rendimiento promedio (t ha ⁻¹) materia seca | 10,06 |
| Rango de rendimiento en grano seco (t) | 5 – 6 |
| Peso de 1000 (g) | 47 |
| Estrés hídrico | Tolerante |
| Reacción a enfermedades: | |
| Roya de la hoja | Resistente |
| Roya del tallo | Resistente |
| Virosis (BYDV) | Resistente |

Fuente: Jiménez et al. (2020).

2.4.2 Características de calidad del grano de avena

Según Santoyo et al. (2019), menciona que el cultivo tiene como ventajas: buen valor proteico, buena digestibilidad, costo de producción bajo, producción durante todo el año. Este tipo de forraje genera expectativas positivas que abren caminos en la solución de las dificultades productivas de la alimentación de bovinos en la región. El análisis proximal se puede evidenciar en la Tabla 3, enfocándose en la calidad del grano de la avena.

Tabla 3

Descripción de las características de la calidad del grano de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020

| Ítem | Unidad | Con cascara | Sin cascara |
|-------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| Extracto etéreo | % | 3.77 | 4.85 |
| Proteína | % | 15.01 | 17.48 |
| Fibra | % | 17.89 | 10.52 |
| Elementos libres de Nitrógeno | % | 60.01 | 64.52 |
| Cenizas | % | 3.31 | 2.63 |

Fuente: Jiménez et al. (2020).

2.4.3 Características nutricionales de la planta

Este cultivo es una alternativa para la alimentación de bovinos generando niveles de reducción de biomasa por hectárea con buenos valores nutricionales y alta palatabilidad, además de esto es un cultivo de fácil manejo (Santoyo et al., 2019).

Tabla 4

Descripción de las características nutricionales de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020

| Fase del cultivo | Contenido de proteína |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Planta tierna, en embuche (Z59) | 23.5% |
| Planta madura, estado pastoso (Z77) | 17.48% |

Fuente: Zadoks et al. (1974).

2.4.4 Zonificación

INIAP-Fortaleza 2020, nueva variedad mejorada de avena de doble propósito tiene un amplio rango de adaptación, que puede ser cultivada en las zonas cerealeras y ganaderas de la Sierra Sur ecuatoriana, comprendidas entre los 2 200 a 3 400 m.s.n.m. (Jiménez et al., 2020).

2.5 Generalidades del cultivo de (*Avena sativa* L.)

La avena es una planta herbácea anual, utilizada como forraje de invierno en la zona andina. Es un cultivo de rápido crecimiento, al cual se le puede dar uno o más cortes y que ha

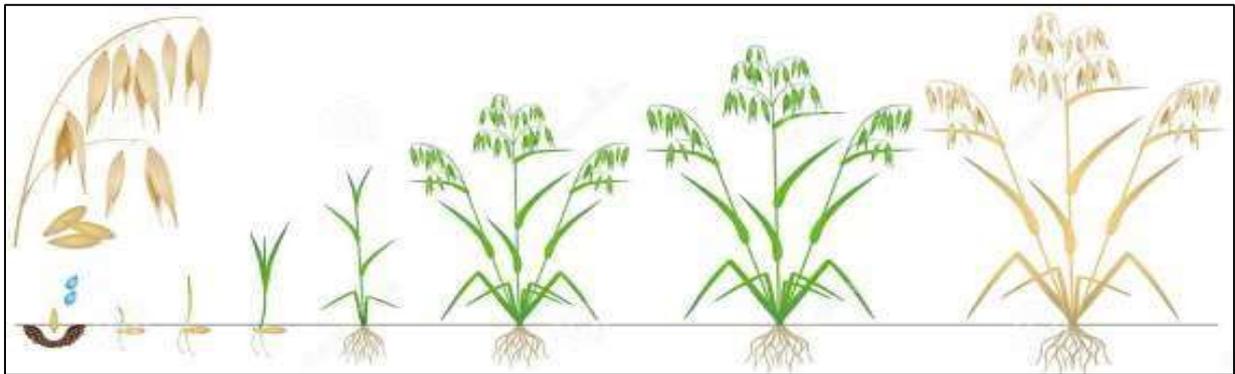
demostrado tener éxito en un amplio rango de condiciones climatológicas, debido a un gran número de variedades con características distintas (Melgosa, 1991). Asimismo, se adapta a las condiciones agroclimáticas de la sierra del Perú para la producción de forraje verde (Mamani y Cotacallapa, 2018).

2.6 Estados fenológicos de la avena forrajera

Las etapas de crecimiento y desarrollo de la avena, independientemente de su variedad, localización o época climática del año, se identifican por el número de hojas en desarrollo (Reeves y Sraon, 1976).

Figura 1.

Etapas fenológicas de la avena forrajera



Fuente: Briceño (2016).

2.7 Características fisiológicas

La avena forrajera presenta las siguientes características fisiológicas (Lopez, 2020):

- 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 tolerantes a heladas tardías; no sobreviven a la sombra.
- Son muy resistente a sequías (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 1 000 a 1 500 mm de agua. La duración del ciclo de cultivo de la avena forrajera varía según la variedad y las condiciones ambientales. En general, este ciclo puede oscilar entre 60 y 195 días (Escobar y Fuentes, 1973).

2.8 Características morfológicas

Principales características de la avena forrajera según Infoagro (2018).

Tallo: El tallo de la avena es recto, de 80 a 160 cm de altura, hueco y nudoso, emergiendo las hojas de los nudos. Comparado con el tallo del trigo, el de la avena es de diámetro un poco mayor y más blando; el número de entrenudos en la caña varía de cuatro a ocho.

Hoja: La avena produce gran número de hojas; la vaina es cerrada y la lígula corta y ovalada, con dientes bien definidos y distinta, por lo tanto, de la del trigo, centeno y cebada. Las hojas jóvenes están enrolladas hacia la izquierda y carecen de aurículas, carácter que distingue a la avena de los demás cereales.

Inflorescencia: Las espículas o espiguillas de la avena están dispuestas en forma de panículo. La ramificación del eje es racimosa y el número de verticilos en un panículo es de cuatro a nueve, comúnmente de cinco o seis.

Espícula y flor: El número de flores de una espícula de avena es de dos a cinco, raramente hay una y comúnmente son tres. En las avenas llamadas solitarias, madura solamente una flor, que es la basal; en las denominadas gemelas, maduran dos y ocasionalmente tres. Las flores apicales de la espícula son a menudo estaminales (imperfectas).

Raíz: El sistema radical de la avena es muy similar al del trigo. El gran desarrollo de sus profundas raíces fibrosas, que en el trigo penetran hasta 60 a 90 cm de la superficie del suelo, son algo más profundas en la avena pues llegan a profundidades de 90 a 120 cm (PROAIN, 2020).

2.9 Condiciones agroclimáticas

2.9.1 Zonas para cultivar

La avena se cultiva en las siguientes zonas:

- Zona alto andina de 3 000 a 4 000 m.s.n.m.
- Zona de ladera de 2 500 a 3 000 m.s.n.m.
- Zona de valle de 2 300 a 2 500 m.s.n.m.

2.9.2 Características

Se siembra tanto en época seca o época lluviosa en cualquier época del año. Se adapta bien a los diferentes tipos de suelo (arcilloso, areno-arcilloso, franco-arenoso). Es tolerante a la acidez del suelo.

2.10 Características de una planta forrajera

Los requisitos de una especie vegetal para constituirse en una buena planta forrajera son (Alba, 2013):

2.10.1 Semillas

Algunas plantas forrajeras tienen semillas muy pequeñas, con las cuales el agricultor tiene problemáticas con la dificultad de la falta de práctica en el manejo. A veces brindan excelentes praderas, ya que la instalación del cultivo depende de la incidencia de diversos factores. Con semillas livianas es difícil regular exactamente la profundidad de siembra, ya que si es profunda la planta no alcanza a salir a la superficie dada las pocas reservas que dispone y en caso contrario, si es superficial, una lluvia fuerte, los vientos o los pájaros, no permiten el establecimiento normal de una pradera.

Las semillas de los pastizales deben poseer valores máximos de poder germinativo, superior a los de malezas. Es importante una buena energía germinativa, para lograr una pronta vegetación adventicia, a fin de que el periodo de tiempo que transcurra entre la siembra y el pastoreo inicial sea corto. Además, la palatabilidad, es fundamental ya que el ganado bovino es selectivo en su alimento, para satisfacer sus necesidades y para producir. Una forrajera puede tener buenas características, en cambio, no ser agradable al ganado, es decir, no ser palatable, lo que impulsa a que el ganado lo rechace.

2.11 Requerimientos de fertilización de la avena forrajera variedad INIAP Fortaleza 2020

En la avena forrajera INIAP Fortaleza doble propósito requiere 80 kg de Nitrógeno, 70 kg de Fósforo, 40 kg de Potasio y 20 kg de Azufre. La fertilización debe ajustarse con base al análisis de suelo. Se debe aplicar el 20% del Nitrógeno y el 100% de Fósforo, Potasio y Azufre al momento de la siembra; el 80% de Nitrógeno restante aplicar en forma fraccionada, 50% al macollamiento y 50% en embuche. Si el productor dispone de abonos orgánicos como el Compost, Bokashi o Humus de lombriz, aplicar bien descompuestos al

suelo antes de realizar la siembra, en el momento de hacer el pase de la rastra o con yunta en la cruz (Jiménez et al., 2020).

La aplicación de la mayor parte de los nutrientes necesarios para las praderas se hace por vía radicular, pero en algunos casos por aplicaciones foliares, de los 17 elementos esenciales, 14 son tomados por la planta directamente del suelo y los demás del aire y agua; un suelo fértil y productivo debería tener todos los elementos esenciales para la planta en cantidades suficientes y proporciones balanceadas, pero cuando un suelo presenta contenidos bajos de uno o varios nutrientes, estos deben agregarse al suelo en forma de fertilizantes (Bernal, 2003).

Sostienen que la fertilización es indispensable para mantener los niveles de rendimiento deseados y constituye uno de los mayores costos de la producción (Paladines e Izquierdo, 2007). La fertilización se realiza en dos etapas:

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.

La respuesta de los pastos a la fertilización se expresa de diferente manera, el efecto más notable de la fertilización es el rendimiento de materia seca, esta respuesta es la que se analiza para demostrar los beneficios obtenidos, pero la aplicación de nutrientes también afecta a la calidad del forraje y el tercer efecto se manifiesta en el animal con el aumento en la producción de carne o leche, o por un incremento en la capacidad de carga (Bernal, 2003).

2.11 Abono orgánico – Bio Compost

Según Carriel (2021), menciona que es un abono compostado obtenido de la mineralización de diferentes residuos vegetales y animales, el cual está libre de patógenos y mantiene una óptima relación carbono / nitrógeno. Formas de aplicación: aplicar siempre en el área de raíces, esparcir e incorporar al suelo, se recomienda aplicar al inicio y final del invierno, si cuenta con riego se puede aplicar todo el año.

Tabla 5*Contenido nutricional de Bio Compost*

| Composición | Unidades | Componentes |
|-------------|----------|------------------|
| 43 – 45 | % | Materia orgánica |
| 2.304 | % | Nitrógeno (N) |
| 3.322 | % | Fosforo (P) |
| 1.23 – 1.48 | % | Potasio (K) |
| 1.02 – 1.22 | % | Calcio (Ca) |
| 0.56 – 0.67 | % | Magnesio (Mg) |
| 254 – 305 | ppm | Cobre (Cu) |
| 228 – 274 | ppm | Manganeso (Mn) |
| 400 – 480 | ppm | Zinc (Zn) |

Cultivos dirigidos: Ornamentales, banano, flores, palmito, espárragos, plátano, papa, yuca, tomate, cebolla, pastos y frutales.

2.13 Costos de producción

Los costos de producción para el cultivo de avena forrajera INIAP -82 para la granja Irquis por hectárea son de \$1552.5 además, se realizaron las labores culturales pre y post siembra hasta ser empacado. El total de costo fue de \$1552.50 y el beneficio fue de \$ 2120.00 obteniendo una relación beneficio /costo de \$1.36 es decir que por cada dólar invertido se obtiene un ganancia neta de \$0.36 indicando que la producción de Avena INIAP-82 para henolaje resulta rentable, además, obteniendo los siguientes resultados: con el tratamiento A de dosificación de CaCO_3 (Dosis Alta: 2.5 t m ha^{-1}) obtuvo una producción de 53 t m ha^{-1} , siendo el mejor en cuanto a Materia verde y en materia seca de 9 t m ha^{-1} (García y Maguana, 2015).

2.14 Marco legal

Constitución de la República del Ecuador La Constitución de la República del Ecuador, en su Título II sobre Derechos, en la Sección Segunda sobre los Derechos del Buen Vivir, menciona en su artículo 14, el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Además, se reconoce la conservación de la biodiversidad y la prevención de la contaminación ambiental como elementos esenciales para la sostenibilidad del país (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017).

Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable. Esta ley tiene como objetivo garantizar la soberanía alimentaria y la conservación de los recursos genéticos del país. En su artículo 6, promueve el desarrollo de una agricultura sustentable basada en la eficiencia del uso del suelo, el manejo adecuado de fertilizantes y el respeto por la biodiversidad. Asimismo, fomenta la investigación agrícola para mejorar la producción de cultivos sin afectar negativamente el medio ambiente (Asamblea Nacional del Ecuador, 2017).

Normas INEN para la Calidad de los Fertilizantes: El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) ha establecido regulaciones para garantizar la calidad de los fertilizantes utilizados en la producción agrícola. Estas normas especifican los criterios de composición, etiquetado y aplicación, con el fin de evitar la contaminación del suelo y los cuerpos de agua, asegurando una producción agrícola responsable y sostenible (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2019).

Este marco legal proporciona el fundamento jurídico necesario para la realización del estudio sobre el efecto de los tiempos de corte y tipos de fertilización en la producción de avena forrajera (*Avena sativa* L.) variedad INIAP-Fortaleza en la parroquia Angochagua, Ibarra, asegurando que la investigación se desarrolle conforme a las regulaciones ambientales y agrícolas del Ecuador.

CAPÍTULO III

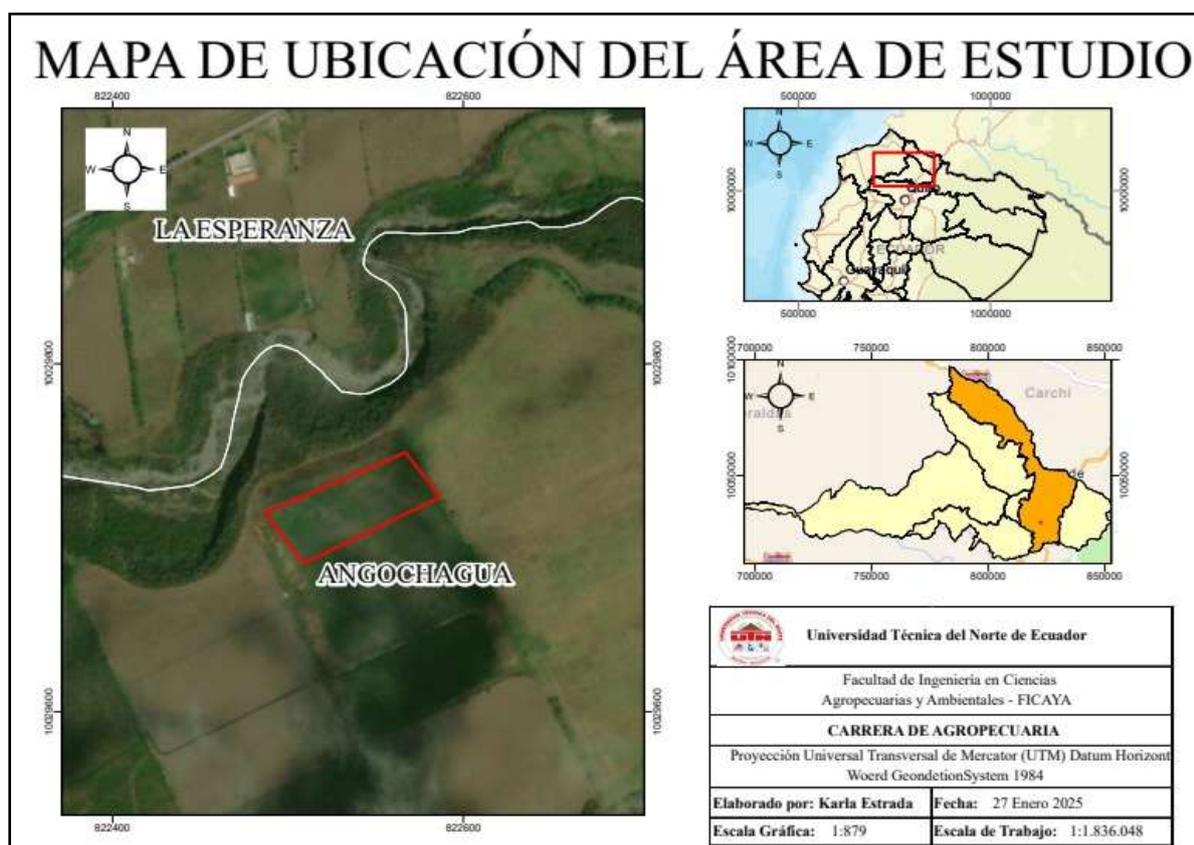
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la Asociación Agropecuaria Manuel Freile Barba – Hacienda La Magdalena en la Parroquia de Angochagua, lugar que se encuentra geográficamente en el Cantón Ibarra, en la provincia de Imbabura a 12.1 km al sureste de Ibarra.

Figura 2

Mapa de ubicación geográfica del área de estudio “Asociación Agropecuaria Manuel Freile Barba”



A continuación, en la Tabla 6 se detalla la ubicación geográfica del lugar donde se realizó la presente investigación.

Tabla 6*Ubicación geográfica y condiciones climáticas del sitio de investigación.*

| Ubicación geográfica y condiciones climáticas | |
|--|----------------------|
| País: | Ecuador |
| Provincia: | Imbabura |
| Cantón: | Ibarra |
| Parroquia: | Angochagua |
| Referencias Datum WGS84 Zona 17 Sur | X 822989; Y 10029048 |
| Altitud: | 2264 m.s.n.m. |
| Temperatura media anual: | 12 °C |
| Humedad relativa: | 86% |

Fuente: Getamap.net (2021).

3.2 Materiales

En la Tabla 7, se detallan los principales materiales, equipos, insumos y herramientas que se usaron en la investigación.

Tabla 7*Materiales e insumos utilizados en la investigación*

| Materiales | Equipos | Insumos | Herramientas |
|---------------------------|---------------------|---|---------------------|
| Flexómetro | Cámara fotográfica | Semillas de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020 | Azadones |
| Estacas | Balanza | Fertilizante orgánico (Urea y súper fosfato triple) | Rastrillo |
| Libreta de campo | Computadora | Fertilizantes químicos Bio Compost | Martillo |
| Rótulos de identificación | Calculadora | Gasolina | Palas |
| Cordel | Cuadrante de hierro | Cal agrícola | Hoz |
| | Moto guadaña | | Bomba de fumigar |

Nota: El insumo de mayor importancia es la semilla ya que es de la variedad INIAP Fortaleza 2020.

3.3 Métodos

La presente investigación es un estudio de tipo experimental en el cual se evaluó el efecto de tiempos de corte y tipos de fertilización en la producción de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) var. INIAP-Fortaleza en la parroquia Angochagua, Ibarra.

3.3.1 Factores en estudio

En la presente investigación, los factores que se utilizó es la fertilización, aplicando dos tipos de fertilización (químico y orgánico) y un testigo, al igual que el tiempo de los cortes (80 días después de la siembra y 90 días después de la siembra).

Factor 1: Tipos de fertilización

Estos datos se valoraron mediante el análisis del suelo y el análisis físico químico de las dos fertilizaciones y el testigo para mediante ello interpretar cual es más productivo nutricionalmente.

- Fertilización química: Urea: 253.6 g/unidad experimental y Súper fosfato triple: 238.7 g/unidad experimental
- Fertilización orgánica: Bio Compost: 5.07 kg/unidad experimental
- Testigo absoluto: Sin fertilización

Tabla 8

Aportes de los nutrientes en kg ha⁻¹ bajo fertilización química

| Cantidad | Fuente | Aportes kg ha ⁻¹ | | | | | | |
|----------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|-----|-------|---|----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO | S | MO |
| 158.5 kg | Urea | 72.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 149.2 kg | Súper fosfato triple | 0 | 68.6 | 0 | 0 | 17.9 | 0 | 0 |
| 2000 kg | Carbonato de calcio | 0 | 0 | 0 | 0 | 760 | 0 | 0 |
| Total | | 72.9 | 68.6 | 0 | 0 | 777.9 | 0 | 0 |

Tabla 9*Aportes de los nutrientes en kg ha⁻¹ bajo fertilización orgánica*

| Cantidad | Fuente | Aportes kg ha ⁻¹ | | | | | | |
|-----------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|------|-------|------|--------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO | S | MO |
| 3169.5 kg | Bio | 73.04 | 240.9 | 51.4 | 32.3 | 49.6 | 15.8 | 1394.5 |
| 2000 kg | Compost | | | | | | | |
| | Carbonato de calcio | 0 | 0 | 0 | 0 | 760 | 0 | 0 |
| Total | | 73.04 | 240.9 | 51.4 | 32.3 | 809.6 | 15.8 | 1394.5 |

Tabla 10*Aportes de los nutrientes en kg ha⁻¹ sin fertilización*

| Cantidad | Fuente | Aportes kg ha ⁻¹ | | | | | | |
|----------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|-----|-----|---|----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO | S | MO |
| 2000 kg | Carbonato de calcio | 0 | 0 | 0 | 0 | 760 | 0 | 0 |
| Total | | 0 | 0 | 0 | 0 | 760 | 0 | 0 |

Factor 2: Tiempos de cortes

A los 80 días después de la siembra y a los 90 días después de la siembra.

3.3.2 Tratamientos

Los principales tratamientos que se realizaron en la presente investigación son los siguientes que se detallan a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11*Interacción de los factores en estudio*

| Tratamiento | Descripción |
|-------------|---|
| T1: | Fertilización química (en base a análisis de suelo) + Corte a los 80 días después de la siembra |
| T2: | Fertilización orgánica (Bio Compost) + Corte a los 80 días después de la siembra |
| T3: | Testigo absoluto + Corte a los 80 días después de la siembra |
| T4: | Fertilización química (en base a análisis de suelo) + Corte a los 90 días después de la siembra |
| T5: | Fertilización orgánica (Bio Compost) + Corte a los 90 días después de la siembra |
| T6: | Testigo absoluto + Corte a los 90 días después de la siembra |

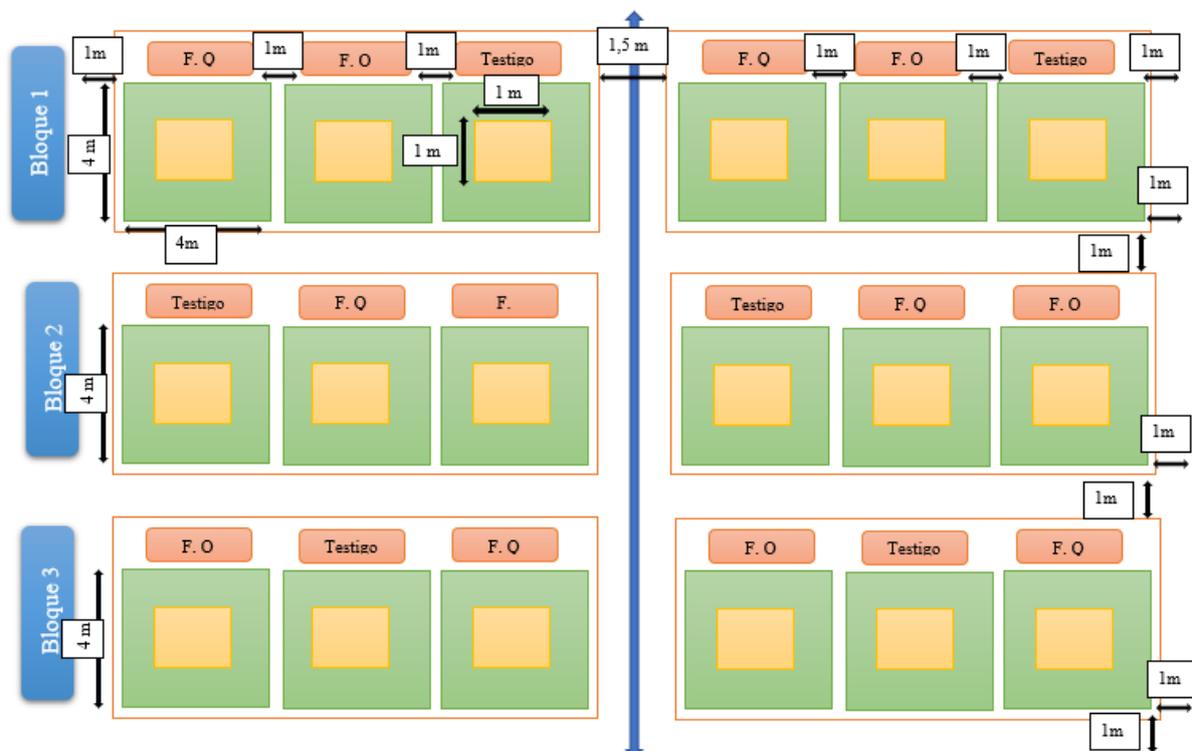
3.3.3 Diseño experimental

Se evaluaron dos fertilizantes y un testigo, la primera fertilización con abono orgánico y la segunda con abono químico, con dos fertilizaciones por cada parcela y 6 unidades experimentales por cada bloque, con un total de tres bloques y dieciocho unidades experimentales establecidas.

El diseño experimental de la investigación en campo fue en bloques completos al azar con parcelas divididas, con un área total de 504 m².

Figura 3

Diseño experimental en base a dos tiempos de corte



3.3.4 Características del experimento

A continuación, se presentan las principales características del experimento en la presente investigación.

Tabla 12*Descripción de las características del experimento.*

| Tipos | Descripción |
|--|--|
| Diseño experimental | Diseño en bloques completos al azar con parcelas divididas |
| Bloques | 3 |
| Cortes | 2 |
| Fertilizantes | 2 |
| Total, de unidades experimentales | 18 |
| Área del experimento | 504 m ² |

3.3.4.1 Características de la unidad experimental

En la tabla 13 se puede observar las características de las unidades experimentales de la investigación.

Tabla 13*Detalles de lo que comprende la unidad experimental.*

| Datos | Medidas |
|--|--------------------------|
| Largo de la unidad experimental | 4 (m) |
| Ancho de la unidad experimental | 4 (m) |
| Cantidad de semilla por unidad experimental | 0.224 kg m ⁻² |
| Espacio entre unidades experimentales (parcelas) | 1 (m) |
| Espacio entre (bloques) | 1 (m) |

3.3.5 Análisis estadístico

Los datos recopilados fueron analizados con un ADEVA con pruebas de medias Fisher LSD Fisher al 5% si se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Los análisis se realizaron utilizando el programa INFOSTAT.

Tabla 14
Análisis de varianza (ADEVA)

| Fuentes de Variación | Grados de libertad |
|---|---------------------------|
| Bloques | 3-1=2 |
| Tiempos de corte | 2-1=1 |
| Bloque (Tiempos de corte) | (3-1)(2-1)=2 |
| Tipos de Fertilización | 3-1=2 |
| Bloque (Tipos de fertilización) | (3-1)(3-1)=4 |
| Tiempos de corte (Tipos de fertilización) | (2-1)(3-1)=2 |
| Error experimental | (3-1)(2-1)(3-1)=4 |
| Total | (2)(3)(3)-1=17 |

3.3.6 Variables a evaluarse

Para la evaluación del efecto de tiempos de corte y tipos de fertilización en la producción de la avena forrajera (*Avena sativa* L.) variedad INIAP- FORTALEZA en la parroquia Angochagua, Ibarra, se tomaron las siguientes variables: altura de la planta, contenido nutricional, producción de materia verde kg ha⁻¹ corte⁻¹, producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹ y los costos de producción.

3.3.6.1 Altura de la planta. Se realizó la medición desde su base hasta el punto más alto del ápice de la hoja central para notar la diferencia y así obtener los datos para su posterior análisis (Hernandez, 2022). La medición se realizó con ayuda de un flexómetro adquiriendo 4 toma de datos en toda la etapa del cultivo. Fechas de toma de datos: 28, 73, 80 y 90 (días después de la siembra).

3.3.6.2 Contenido nutricional. De las muestras secas de forraje de avena, se preparó una muestra compuesta por tratamientos (1 kg) para realizar el estudio químico enfocado en evaluar el efecto de las fuentes de nutrición sobre la calidad del forraje y el testigo (Lopez, 2016). El estudio químico incluyó un análisis bromatológico en el cual se evaluó proteína, grasa, ceniza, ENN y fibra que contiene el cultivo basándose en la fertilización química, fertilización orgánica y el testigo como se indica en los anexos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 relacionados a los resultados de los análisis bromatológicos.

3.3.6.3 Producción de materia verde kg ha⁻¹ corte⁻¹. Para realizar el corte del forraje, se utilizó una hoz y se tomó en cuenta el efecto borde. Se utilizó cuadrantes de un metro cuadrado, realizando el corte cinco cm después de su base, además se colocó el pasto proveniente de cada cuadrante en una bolsa plástica identificada y posteriormente se registró el peso con ayuda de una balanza. El rendimiento se realizó con las muestras obtenidas y se expresó en términos de kg ha⁻¹ corte⁻¹ materia verde (Anrango et al., 2022). El valor de peso o producción de materia verde por 1 m² se lo relacionó con la hectárea (Hernandez, 2022). Esta actividad se realizó por cada tiempo de corte.

3.3.6.4 Producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹. El agua contenida en la muestra fue evaporada mediante el calor y por pérdida de peso se obtuvo la cantidad de materia libre de agua correspondiente a la materia seca.

Procedimiento:

Se pesó las tres muestras de materia verde obtenida de cada unidad experimental con ayuda del cuadrante de 0.5 metros por 0.5 metros.

- Las muestras fueron picadas y colocadas en las respectivas bandejas para posteriormente ser puestas en la estufa a una temperatura de 70 ±5 °C durante un tiempo de 12- 24 horas, con ventilación constante para lograr el desprendimiento del agua contenida. Posteriormente las muestras fueron sacadas para su enfriamiento.
- Se tomó el peso de muestra seca, y se procedió a calcular la cantidad de materia libre de agua con la siguiente ecuación.

$$\text{Ecuación 1: Materia seca (g)} = (g) = \frac{(P2-C)}{P1} \quad (1)$$

Dónde: P1= peso de muestra húmeda, P2= peso de muestra seca + peso de funda y C= peso de funda vacía. El porcentaje de materia seca sirvió para determinar el rendimiento de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹ en base al rendimiento de materia verde (Roque, 2012).

3.3.6.5 Costos de producción. Para la determinación de los valores por cada kg de materia verde y materia seca, se basó en los gastos ocasionados para todo el proceso del cultivo con un tiempo de duración de 80 días después de la siembra y 90 días, las actividades e insumos que se valoraron fueron; semilla, fertilizantes, preparación del terreno, mano de obra, productos químicos, riego entre otros. Todos estos valores se

proyectaron para una hectárea (Hernandez, 2022). Además, se enfocó en la fertilización química, la fertilización orgánica y el testigo, sacando los costos de manera individual.

El análisis de la relación Beneficio/Costo (B/C) es una herramienta financiera utilizada para medir la viabilidad económica de un proyecto productivo, comparando los ingresos obtenidos con los gastos efectuados (Mendoza et al., 2020). Para su cálculo, primero se determinó el beneficio total, el cual resulta de multiplicar la cantidad de producto obtenido por el precio de venta en el mercado (González & Pérez, 2018). Posteriormente, se identificaron los costos totales de producción, incluyendo tanto los costos fijos, como el arrendamiento de terrenos y la depreciación de equipos, así como los costos variables, que abarcan insumos, mano de obra, cosecha y transporte (Ramírez, 2021).

Finalmente, la relación B/C se obtuvo dividiendo el beneficio total entre los costos totales. Si el resultado es superior a uno, significa que la actividad es rentable, mientras que valores inferiores a uno reflejan pérdidas económicas (López et al., 2019).

3.4 Manejo del experimento

Según Escobar y Fuentes (1973), es necesario realizar un adecuado manejo en el cultivo de avena forrajera para tener una correcta producción y desarrollo, a continuación, se describen los siguientes pasos para un adecuado manejo: Como primer punto existe el análisis de suelo para poder identificar los principales nutrientes que se encuentran en el mismo y así poder realizar una adecuada fertilización y manejo, seguido del encalado del suelo según la necesidad.

Figura 4

Muestreo para el análisis de suelo del área de investigación



3.4.1 Preparación del suelo

El terreno se preparó con el fin de obtener un suelo adecuado para la germinación y crecimiento del cultivo. Se aplicó el ingrediente activo (Glifosato) 3 l ha^{-1} . Se usó maquinaria de arado y rastra con el fin de roturar la capa superficial, y aflojar el suelo, incorporando los residuos vegetales y controlados las malezas presentes. Es recomendable un período de 15 a 30 días entre aradas a fin de permitir una adecuada descomposición de los residuos vegetales. La profundidad aproximada de la arada es de 30 cm (INIAP, 2011). Se limpió el área de piedras y escombros que quedaron en el terreno, posteriormente se delimitó el área de estudio diseño experimental en bloques completos al azar con parcelas divididas, trazando cada parcela con las medidas: cuatro metros de ancho por cuatro de largo. Se aplicó CaCO_3 de manera uniforme en cada parcela con sus respectivas dosificaciones, utilizando en método al voleo, desde una altura de 20 cm del suelo. Dosis: a 2 t ha^{-1} de CaCO_3 .

Figura 5 y 6

Uso de maquinaria en el área de estudio y aplicación de cal agrícola



3.4.2 Siembra

Se ejecutó después de dos semanas de haber encalado. La semilla utilizada fue INIAP Fortaleza 2020 variedad Fortaleza la cual se adquirió mediante la compra en INIAP; la densidad de siembra utilizada fue de 160 kg ha^{-1} . La siembra se realizó al voleo en cada unidad experimental que comprende los 16 m^2 . Posteriormente se tapó la semilla con ayuda de un rastillo, de una manera no tan profunda.

Figura 7

Semilla sembrada en una unidad experimental



3.4.3. Fertilización

Se realizaron tres tipos de fertilización; en la fertilización química se aplicó: Urea (253.6 g/unidad experimental) + Superfosfato triple (238.7 g/unidad experimental); en la fertilización orgánica se aplicó: Bio compost (5.07 kg/unidad experimental) y en el caso del testigo absoluto no se aplicó ningún tipo de fertilización. Además, se realizó la fertilización el mismo día de la siembra únicamente basándose en el análisis de suelo y sus respectivos cálculos.

Figura 8

Fertilizantes que se aplicaron en la investigación



3.4.4 Cortes

Los cortes se realizaron a los 80 días después de la siembra y a los 90 días después de la siembra, ya que, de cada unidad experimental tanto en el primer corte como en el segundo corte, se tomaron 3 muestras que se establecían dentro de un cuadrante de 0.5 m² x 0.5 m² logrando así tener una cantidad más exacta del peso en materia verde de la avena forrajera.

Figura 9

Cortes realizados a los 80 y 90 días después de la siembra



3.4.5 Toma de datos y análisis

Los datos relacionados a la altura de la avena forrajera fueron cuatro durante todo el experimento, se tomaron a los 28, 73, 80 y 90 dds (días después de la siembra). En cuanto a los datos para el análisis bromatológico se enviaron 6 muestras generales de 1kg de forraje verde de avena forrajera a Agrocalidad, respectivamente membretadas con fertilización química a los 80 dds, fertilización orgánica a los 80 dds, testigo absoluto a los 80 dds, fertilización química a los 90 dds, fertilización orgánica a los 90 dds y testigo absoluto a los 90 dds.

Se tomaron los pesos en cuanto a forraje verde de cada unidad experimental y en cada tiempo de corte lo que favoreció para determinar la producción por hectárea en cuanto a forraje verde ya que para la materia seca se utilizó un procedimiento diferente.

Figura 10

Toma de datos de la altura con ayuda del flexómetro

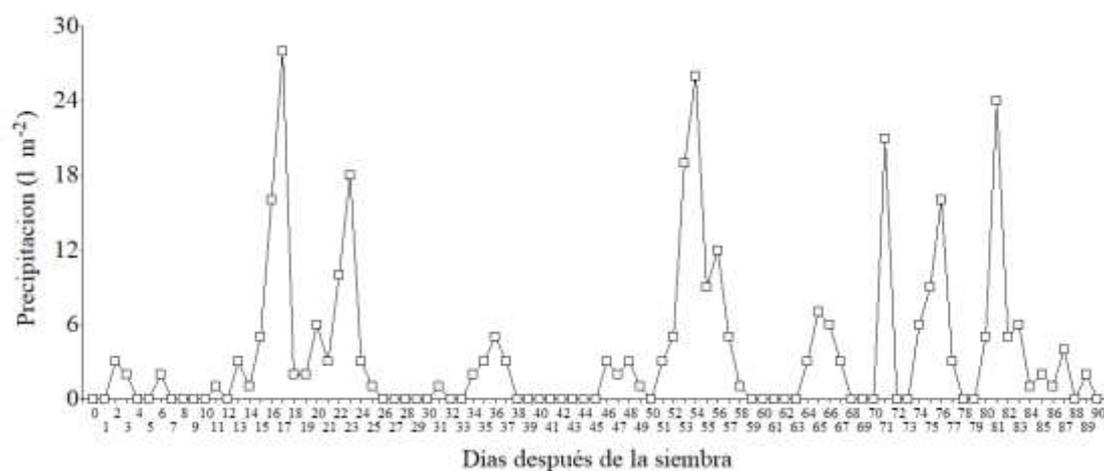


3.4.6 Riegos

La precipitación durante la investigación en los meses de diciembre 2023, enero, febrero y marzo (2024) fue de 333 milímetros, además se realizaron 6 riegos durante todo el cultivo de la avena forrajera (dos riegos por cada mes).

Figura 11

Datos sobre la pluviosidad durante el cultivo de la avena forrajera



En la Figura 4, se puede evidenciar la pluviosidad que existió durante la investigación, ya que existió días en los cuales no tuvo presencia, se procedió a realizar el riego en esas fechas.

3.4.7 Control de malezas

No se aplicó nada en el control de malezas ya que la presente investigación también se enfocó en realizar análisis bromatológico de las plantas bajo los diferentes tipos de fertilización y tiempos de corte y la aplicación causaba variedad en los datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del comportamiento que presentó la avena forrajera variedad INIAP Fortaleza 2020 bajo fertilización química y fertilización orgánica en base a dos cortes, el primero a los 80 días después de la siembra y el segundo a los 90 días después de la siembra, se describe a continuación:

4.1 Contenido nutricional en base a los tiempos de corte y tipos de fertilización

4.1.1 Altura de la avena forrajera INIAP Fortaleza 2020

De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, la interacción días después de la siembra y tratamiento no evidencia diferencia significativa ($p=0.8567$). Sin embargo, el factor días después de la siembra presentó un efecto significativo ($p < 0.001$) para la variable altura (Tabla 15). También, se debe resaltar que el factor tratamientos no evidenció diferencias significativas.

Tabla 15
Análisis de variación para la variable altura de la avena forrajera

| Fuente de variación | GI FV | GI Exp | F- value | P - value |
|----------------------------|-------|--------|----------|-----------|
| Días después de la siembra | 3 | 346 | 391,36 | < 0.001 |
| Tratamiento | 2 | 346 | 2.91 | 0.0558 |
| dds*: Tratamiento | 6 | 346 | 0.43 | 0.8567 |

dds*: días después de la siembra.

De acuerdo con los resultados de la Tabla 16, se evidencia que desde el día 28 después de la siembra con una altura promedio de 54.86 ± 1.57 hasta el día 90 después de la siembra con una altura de 109.43 ± 0.98 se determina que existen un índice de crecimiento lógico en cuanto a la altura de la planta en base al desarrollo fenológico de la avena forrajera.

Tabla 16
Altura de las plantas enfocada en los días después de la siembra

| Días después de la siembra | Altura cm |
|----------------------------|---------------------|
| 90 | 109.43 ± 0.98 A |
| 80 | 94.08 ± 1.16 B |
| 73 | 84.19 ± 1.09 C |
| 28 | 54.86 ± 1.57 D |

En la Tabla 16 se puede observar que la longitud de la planta bajo fertilización química supera la longitud a las plantas bajo fertilización orgánica por 3.13%; mientras que esta variable de la planta bajo fertilización química supera con 3.60% en comparación al testigo, del mismo modo la variable altura de las plantas bajo fertilización orgánica supera con 0.48%, en comparación al testigo.

Jiménez et al. (2020), informan que en su investigación obtuvieron avena forrajera INIAP Fortaleza 2020 con un crecimiento vertical de 130 cm - 140 cm de la planta bajo fertilización química. En comparación a los datos de la presente investigación que se obtuvo una elevación de 109.40 cm desde su base hasta el ápice de la hoja central a los 90 días de corte.

Tabla 17

Altura de avena forrajera INIAP Fortaleza 2020 enfocada en los tratamientos

| Tratamientos | Altura cm |
|-----------------------|-----------------|
| Fertilizante Químico | 87.61 ± 2.04 A |
| Fertilizante Orgánico | 84.86 ± 2.10 AB |
| Testigo | 84.45 ± 2.18 B |

En el estudio de altura de la avena forrajera INIAP-Fortaleza, se evaluaron tres tratamientos: fertilizante orgánico, fertilizante químico y un tratamiento testigo sin fertilización. Los resultados muestran que las plantas tratadas bajo fertilización química supera el tamaño a las plantas bajo fertilización orgánica por 2.75 cm; mientras la longitud de la planta bajo fertilización química supera con 3.16 cm en comparación al testigo, del mismo modo la altura de las plantas bajo fertilización orgánica supera con 0.41 cm, en comparación al testigo (Tabla 17).

Los resultados indican que el uso de fertilizante químico en la avena forrajera INIAP-Fortaleza promovió una mayor altura de planta en comparación con el fertilizante orgánico y el tratamiento sin fertilización (testigo). Las plantas tratadas con fertilizante químico alcanzaron una altura promedio de 87.61 cm, lo cual es consistente con hallazgos previos que indican que los fertilizantes químicos, debido a su disponibilidad inmediata de nutrientes, pueden mejorar la altura y el crecimiento vegetativo en cultivos forrajeros (Martínez et al., 2018). Este tipo de fertilizantes proporciona nutrientes en formas que las plantas absorben rápidamente, lo que podría explicar el aumento en altura observado en este estudio. Por otro lado, el tratamiento con fertilizante orgánico mostró una altura de planta similar al testigo, lo que sugiere que los nutrientes en los fertilizantes orgánicos pueden

requerir más tiempo para mineralizarse y ser absorbidos por las plantas, limitando su efecto inmediato en el crecimiento de la avena (López y Herrera, 2019).

4.1.2 Análisis bromatológico bajo diferentes fertilizaciones

El análisis bromatológico en muestras de avena forrajera variedad INIAP Fortaleza 2020 con diferente manejo de fertilización y corte, ver Tabla 18. Los resultados evidencian que, a los 80 días de corte, el contenido de proteína y cenizas de la avena forrajera, con aplicación de fertilizante orgánico, es mayor numéricamente con respecto al fertilizante químico. Mientras que, el contenido fibra presente en la avena con fertilizante químico es mayor numéricamente con respecto a la del manejo orgánico. Es importante indicar, que el contenido de grasa fue similar numéricamente entre los dos manejos y que la avena sin ningún tipo de fertilización mostró valores similares al manejo químico.

Tabla 18

Resultados del análisis bromatológico de la avena forrajera bajo tipos de fertilizantes.

| Componentes | Manejo enfocado en los fertilizantes | | | | | |
|-----------------|--------------------------------------|-----------------------|---------|----------------------|-----------------------|---------|
| | 80 días | | | 90 días | | |
| | Fertilizante químico | Fertilizante orgánico | Testigo | Fertilizante químico | Fertilizante orgánico | Testigo |
| Proteína | 10.61 | 11.9 | 10.41 | 9.54 | 10.62 | 8.35 |
| Grasa | 1.1 | 1.12 | 1.01 | 1.03 | 0.92 | 0.93 |
| Ceniza | 9.77 | 11.17 | 9.96 | 9.96 | 10.49 | 9.94 |
| Fibra | 39.3 | 37.3 | 40.6 | 34,9 | 37.0 | 37.4 |
| ENN | 39.2 | 38.51 | 37.93 | 44.55 | 41.01 | 43.37 |

ENN=elementos libres de nitrógeno

En cuanto al análisis bromatológico a los 90 días de corte, se observó que el contenido de proteína, cenizas y fibra, con aplicación de fertilizante orgánico, es mayor numéricamente al contenido presente bajo el manejo químico. Mientras que, el contenido grasa y elementos libres de nitrógeno presente en la avena con fertilización orgánica son menor numéricamente con respecto a la del manejo químico.

Jiménez et al. (2020), afirman que en el cultivo de avena forrajera INIAP Fortaleza 2020, con cáscara, se obtuvieron los siguientes resultados en el análisis bromatológico: proteína 15.01%, extracto etéreo 3.77%, ceniza 3.31%, fibra 17.89% y elementos libres de nitrógeno 17.89%. Por lo cual, otros estudios indican que los fertilizantes químicos tienden a potenciar y desarrollar el crecimiento de biomasa rápidamente, lo que puede resultar en una disminución relativa de la proteína y el aumento de carbohidratos no estructurales (Gutiérrez et al., 2017). Los resultados sugieren que la fertilización orgánica podría ser más ventajosa

para mejorar el contenido de proteína y minerales, mientras que la fertilización química podría ser preferible en contextos donde se prioriza una mayor densidad energética.

4.2 Rendimiento de materia verde y materia seca bajo fertilización química y fertilización orgánica

4.2.1 Producción de materia verde $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$

En la Tabla 19, al realizar el análisis estadístico se determinó que para la variable producción de materia verde $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$, no existe interacción entre días después de la siembra y tratamientos, sin embargo, los días después de la siembra si presentan diferencia significativa con un valor de $p=0.0034$, por ende, los tratamientos si presentan diferencia significativa con un valor de $p=0.0001$.

Tabla 19

Análisis de variación para la variable producción de materia verde $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$

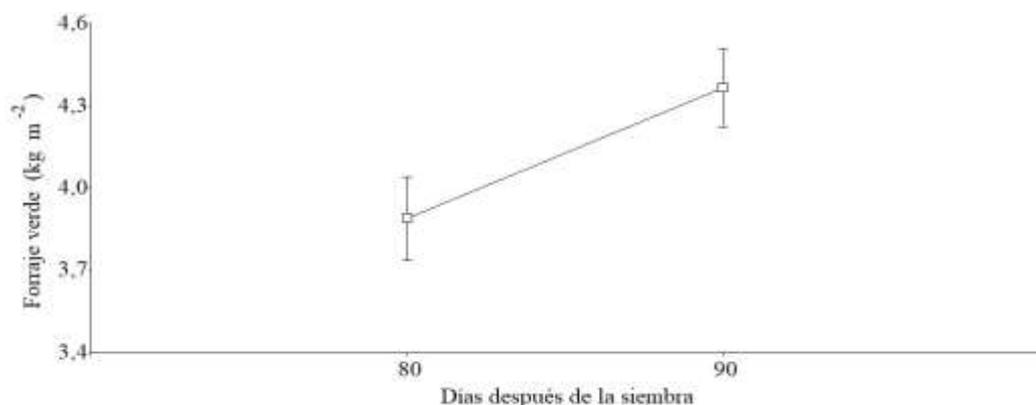
| Fuente de variación | GI FV | GIExp | F-value | p-value |
|----------------------------|-------|-------|---------|---------|
| Días después de la siembra | 1 | 100 | 8.99 | 0.0034 |
| Tratamiento | 2 | 100 | 9.89 | 0.0001 |
| dds: Tratamiento | 2 | 100 | 0.17 | 0.8452 |

Nota: (dds) días después de la siembra

En la Figura 12, se observa que el mayor peso en kg se presentó los 90 días después de la siembra con un peso de 4.36 kg m^{-2} en comparación con los 80 días después de la siembra con un peso de 3.89 kg m^{-2} , mostrando a si una diferencia de 10.77%.

Figura 12

Peso del forraje verde en función a los días después de la siembra



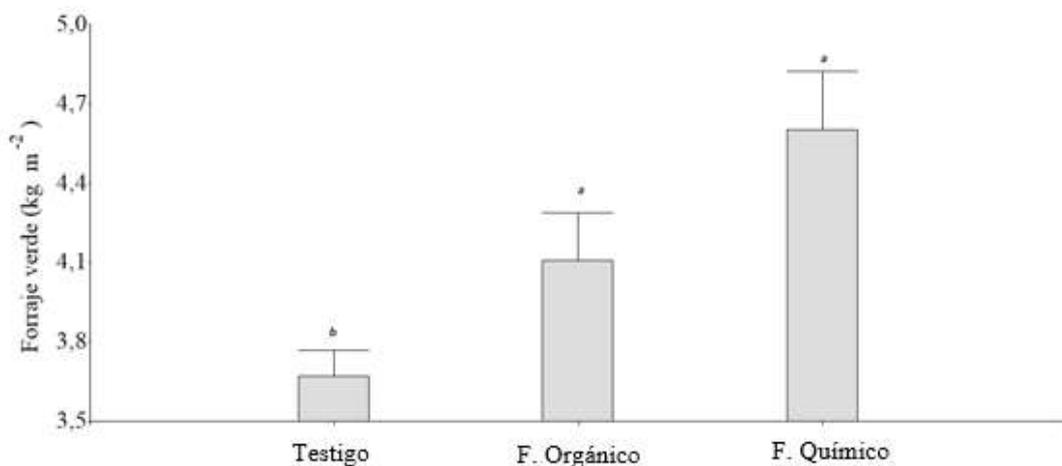
En la Figura 13, se puede observar que en el peso de las plantas bajo fertilización química supera en la producción de materia verde frente a las plantas con fertilización orgánica por

10.65% y a las plantas sin fertilización (testigo absoluto) por 20.21%; mientras que las plantas con fertilización orgánica supera en la producción de materia verde a las plantas sin fertilización (testigo) por 10.70%.

Por su parte, Valdez et al. (2020) sostienen que la fertilización química en pastos cultivados incrementa la disponibilidad de nitrógeno, elemento esencial para estimular el desarrollo foliar y la formación de biomasa. Este planteamiento coincide con los hallazgos de este trabajo, donde la aplicación de fertilizantes químicos generó una ventaja del 10.65% respecto a los tratamientos con abono orgánico. Aun así, Torres y Pérez (2019) advierten que el uso intensivo de fertilizantes sintéticos puede comprometer la salud del suelo con el tiempo, por lo que proponen adoptar estrategias que integren el uso de fertilizantes orgánicos para asegurar la sostenibilidad del sistema productivo.

Figura 13

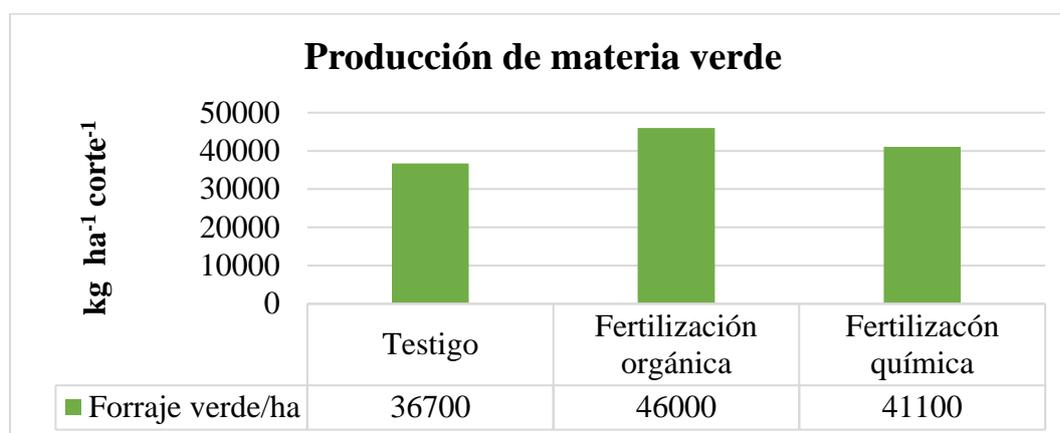
Peso del forraje verde en función a la fertilización



En la Figura 14, se observa los resultados de la producción de materia verde de acuerdo a la fertilización orgánica, la fertilización química y el testigo; la producción más alta registrada fue de 46 000 kg ha⁻¹ corte⁻¹ con fertilización química, mientras que la producción de materia verde con fertilización orgánica registró 41 100 kg ha⁻¹ corte⁻¹, concluyendo una diferencia de 10.65%, más con fertilización química frente a la fertilización orgánico.

Figura 14

Producción de materia verde kg ha⁻¹ corte⁻¹



La producción de avena forrajera INIAP Fortaleza 2020 registrada por Jiménez et al. (2020), da lugar a un rendimiento de forraje verde de 53 (t ha⁻¹) bajo fertilización química, ya que en el presente estudio se obtuvo un rendimiento de 46 t ha⁻¹ corte⁻¹ en las plantas con fertilización química. La productividad del forraje verde en sistemas agrícolas tradicionales está condicionada por distintos factores, entre los que destacan el tipo de insumos utilizados para la fertilización, la genética del cultivo sembrado y las características ambientales del entorno. En la presente investigación, la aplicación de fertilizantes químicos permitió alcanzar un rendimiento máximo de 46 000 kg ha⁻¹ corte⁻¹, un resultado que guarda similitud con lo expuesto por Morales et al. (2021), quienes reportaron que el uso de urea y fosfato diamónico elevó significativamente la producción de avena forrajera, alcanzando aproximadamente 47 toneladas por hectárea.

Además, González et al. (2023) destacan la relevancia del momento de corte en la eficiencia del cultivo forrajero. Según sus observaciones, cosechar entre los 85 y 95 días después de la siembra permite alcanzar niveles elevados de materia verde sin afectar su calidad nutricional. Este comportamiento también se evidenció en el presente estudio, donde se obtuvo el mayor peso (4.36 kg m⁻²) a los 90 días, superando en un 10.77% el rendimiento registrado a los 80 días.

4.2.2 Producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹

En la Tabla 20, al realizar el análisis estadístico se determinó que para la variable producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹, no existe interacción entre días después de la siembra y tratamientos.

Tabla 20

Análisis de variación para la variable producción de materia verde $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$, enfocado en los días después de la siembra

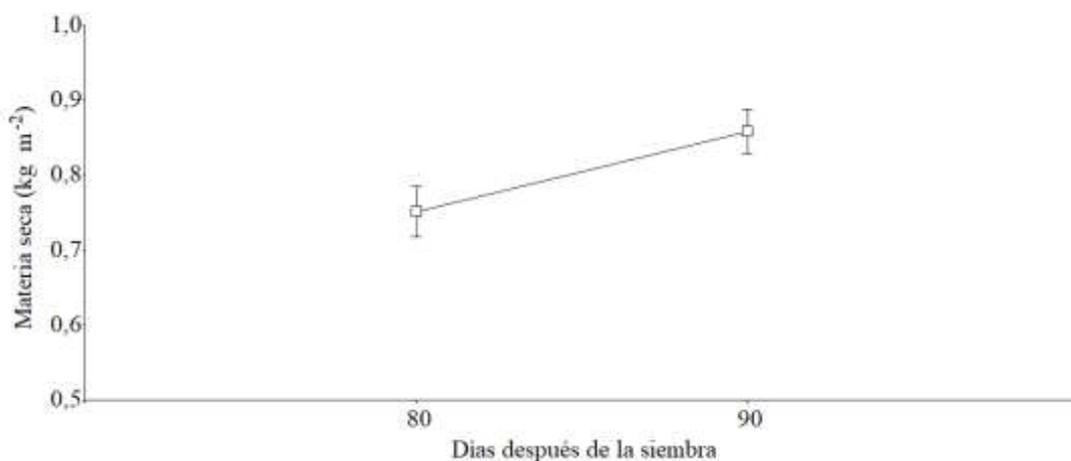
| Fuente de variación | GI FV | GIExp | F-value | p-value |
|----------------------------|-------|-------|---------|---------|
| Días después de la siembra | 1 | 100 | 10.01 | 0.0021 |
| Tratamiento | 2 | 100 | 7.34 | 0.0011 |
| dds: Tratamiento | 2 | 100 | 0.37 | 0.6923 |

Nota: dds, días después de la siembra

Sin embargo, los días después de la siembra si presentan diferencia significativa con un valor de $p=0.0021$, por ende, los tratamientos si presentan diferencia significativa con un valor de $p=0.0011$.

Figura 15

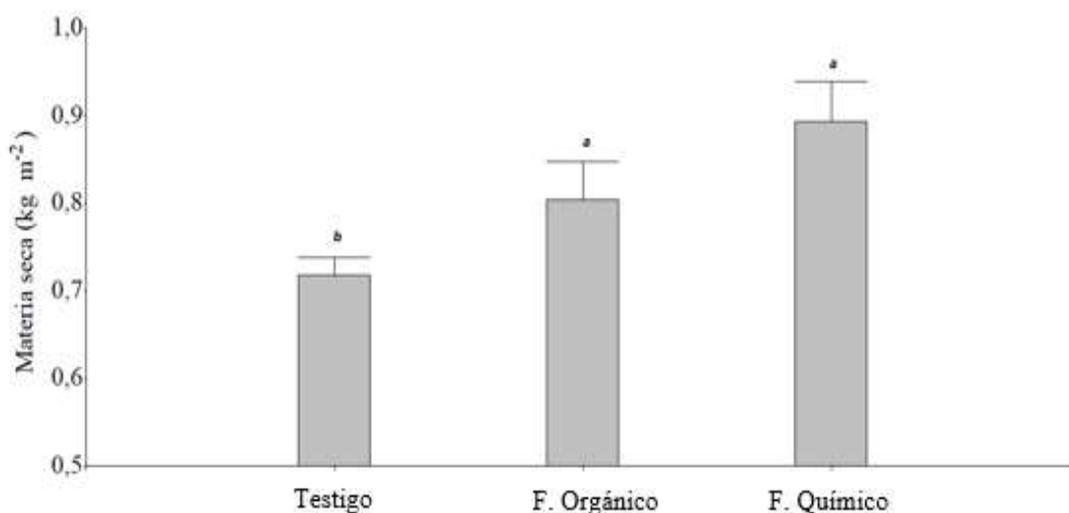
Análisis de medias de peso de la materia seca $\text{kg ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}$



En la Figura 15, se observó que el mayor peso en kg de materia seca se presentó a los 90 días después de la siembra con un peso de 0.86 kg m^{-2} en comparación con los 80 días después de la siembra con un peso de 0.75 kg m^{-2} mostrando así una diferencia del 12.7%.

Figura 16

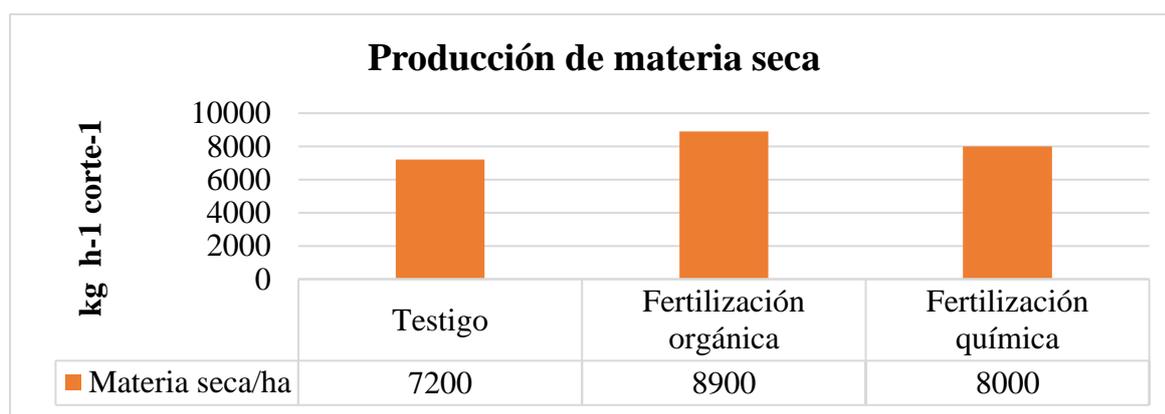
Peso de la materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹



En la figura 16, se observa los resultados de producción de materia seca de acuerdo a la fertilización orgánica y la fertilización química; la producción más alta fue de 0.89 kg m⁻² con fertilización química, mientras que la producción de materia seca con fertilización orgánica registro 0.80 kg m⁻², concluyendo una diferencia del 10.11% en relación de la fertilización química vs la orgánica.

Figura 17

Producción de materia seca kg ha⁻¹ corte⁻¹



El porcentaje de materia seca alcanzado con fertilización química fue de 8.9%, frente al 8% obtenido con fertilización orgánica. Sin embargo, estos valores son inferiores a los reportados por Jiménez et al. (2020), quienes documentaron un contenido del 10.06% en avena forrajera cultivada con fertilización química, pero cosechada entre los 150 y 160 días.

La diferencia podría atribuirse al periodo más corto de desarrollo del cultivo en el presente estudio, lo cual limita el tiempo para la acumulación de materia seca, tal como lo explican Morales et al. (2021), quienes sostienen que la duración del ciclo influye directamente en la deshidratación natural del forraje.

Asimismo, el momento del corte desempeña un papel crucial en la producción de materia seca. En este estudio, el mayor rendimiento se alcanzó a los 90 días después de la siembra, con 0.86 kg m⁻², superando en un 12.7% al registrado a los 80 días. Esta tendencia es respaldada por González et al. (2023), quienes indican que cortes realizados entre los 85 y 95 días posteriores a la siembra permiten obtener mayores cantidades de materia seca sin comprometer la calidad del forraje.

Además, el uso excesivo de fertilizantes químicos puede tener efectos negativos a largo plazo en la salud del suelo. Torres y Pérez (2019) advierten que la aplicación continua de fertilizantes sintéticos puede deteriorar la estructura y la fertilidad del suelo, por lo que recomiendan complementar la fertilización química con prácticas orgánicas para mantener la sostenibilidad del sistema productivo.

4.3 Costos de producción por kg de materia seca y materia verde que sean necesarios para el manejo del cultivo

4.3.1 Análisis de costos

En la Tabla 21, a continuación, se presenta los costos de establecimiento y producción de materia seca de la avena forrajera variedad INIAP Fortaleza 2020.

Tabla 21

Análisis financiero a través de la relación beneficio/costo

| Fertilización | Producción | Costo cultivo ha | Costo | Beneficio total | Ingreso total por ha | Relación Beneficio/Costo |
|------------------|--|------------------|---|-----------------|----------------------|--------------------------|
| | kg MV ha ⁻¹ corte ⁻¹ | | producción FV USD kg ha ⁻¹ corte ⁻¹ | | | |
| Química | 46000 | 774.68 | 0.017 | 559.32 | 1334 | 1.72 |
| Orgánica | 41100 | 1237.09 | 0.030 | -48.09 | 1189 | 0.96 |
| Testigo absoluto | 36700 | 571.5 | 0.016 | 492.8 | 1064.3 | 1.86 |

dds*: días después de la siembra

La Tabla 21, permite analizar la relación costo/beneficio de tres tipos de fertilización (química, orgánica y testigo absoluto) en un periodo de 90 días después de la siembra (dds). Se observa que la fertilización química presenta la mejor relación beneficio/costo, por ende, es viable ya que por cada dólar invertido solo se recupera \$0.72, en comparación con el testigo absoluto que por cada dólar invertido se recupera \$0.86 siendo de esta manera viable, en cuanto a la fertilización orgánica los ingresos generados no son suficientes para cubrir totalmente los costos, lo que indica una pérdida del 4% sobre la inversión realizada, por lo que se deduce que por cada dólar invertido se recupera solo 96 centavos (no viable). Esto indica que, aunque la fertilización orgánica y el testigo absoluto pueden ser opciones viables desde una perspectiva ambiental, su rentabilidad es menor en el corto plazo.

La rentabilidad de un sistema de producción forrajera está estrechamente vinculada a la relación entre los costos y los beneficios obtenidos. Según Flores et al. (2019), el uso de fertilizantes químicos permite alcanzar mayores niveles de producción con gastos relativamente estables, lo que justifica su mejor desempeño en el presente estudio. No obstante, investigaciones como la de Martínez y Pérez (2021) advierten que la aplicación prolongada de fertilizantes sintéticos puede provocar un deterioro en la calidad del suelo, comprometiendo la sostenibilidad del sistema productivo y elevando los costos asociados a su recuperación.

Por otro lado, González y Ramírez (2020) destacan que, si bien la fertilización orgánica implica una inversión inicial más alta y menores beneficios en el corto plazo, sus contribuciones a la mejora de la estructura del suelo y una mayor retención de humedad pueden traducirse en una reducción de costos en futuras cosechas. A largo plazo, la fertilización orgánica favorece la biodiversidad del suelo y promueve un equilibrio natural en los ecosistemas agrícolas, lo que disminuye la necesidad de fertilizantes externos y mejora la resiliencia del cultivo frente a condiciones climáticas adversas. En este sentido, la elección del tipo de fertilización debe considerar tanto la viabilidad económica inmediata como la sostenibilidad a largo plazo, garantizando que la productividad del sistema no se vea comprometida por prácticas que deterioren los recursos naturales disponibles.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se determinó que el tiempo de corte tiene un impacto significativo en el rendimiento y calidad del forraje. El corte a los 80 días después de la siembra favoreció en la obtención de un forraje de mejor calidad nutricional debido a un mayor contenido de proteínas. El corte a los 90 días después de la siembra maximizó la biomasa total, aunque con menor calidad nutritiva.

A los 80 días de corte el contenido de proteína bajo fertilización orgánica es de 11.9% siendo mayor numéricamente con respecto al manejo bajo fertilización química de 10.61%, obteniendo los mismos resultados en los 90 días de corte. Además, la fertilización química (urea y súper fosfato triple) aseguraron un crecimiento más rápido y mayores rendimientos en períodos más cortos, obteniendo así una altura máxima de 109.43 cm basada en los días de corte y 87.61 cm en relación a la fertilización.

La producción de forraje verde bajo fertilización química fue de 46 000 kg ha⁻¹ corte⁻¹, siendo la más alta; la producción de forraje verde bajo fertilización orgánica registro 41 100 kg ha⁻¹ corte⁻¹. Además, la producción de materia seca más alta fue de 0.89 kg m⁻² con fertilización química, mientras que la producción de materia seca con fertilización orgánica registro 0.80 kg m⁻².

En cuanto a la relación beneficio/ costo, la fertilización química presenta la mejor relación beneficio/costo, por ende, es viable ya que por cada dólar invertido solo se recupera \$0.72, en comparación con el testigo absoluto que por cada dólar invertido se recupera \$0.86 siendo de esta manera viable, en cuanto a la fertilización orgánica los ingresos generados no son suficientes para cubrir totalmente los costos, lo que indica una pérdida del 4% sobre la inversión realizada, por lo que se deduce que por cada dólar invertido se recupera solo 96 centavos (no viable).

Los tipos de fertilización y los tiempos de corte tienen un impacto significativo en la productividad y calidad de la avena forrajera. El uso de fertilizantes químicos es más efectivo en términos de rendimiento, mientras que los orgánicos mejoran ciertos parámetros nutricionales, ofreciendo alternativas sostenibles para los productores.

Con el uso excesivo de fertilizantes químicos se puede tener efectos negativos a largo plazo en la salud del suelo. Por lo que es necesario complementar la fertilización química con prácticas orgánicas para mantener la sostenibilidad del sistema productivo y así conservar el suelo.

5.2 RECOMENDACIONES

Antes de establecer un cultivo, se debe realizar un análisis del suelo para ajustar las dosis de fertilización a las necesidades específicas del terreno, optimizando así los recursos y reduciendo los costos.

Es recomendable realizar el corte a los 90 días después de la siembra, ya que en esta etapa se obtendrá una mayor producción de materia verde y seca. Sin embargo, para obtener un forraje con mayor contenido proteico, se puede considerar un corte a los 80 días en cultivos manejados con fertilización orgánica.

Se sugiere explorar la combinación de fertilizantes químicos y orgánicos para determinar su efecto sinérgico en la producción y calidad del forraje. Además, sería útil evaluar otros tiempos de corte y variedades de avena para identificar alternativas más adaptadas a las condiciones locales.

REFERENCIAS

- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Constitución de la República del Ecuador*. Registro Oficial. <https://www.asambleanacional.gob.ec>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable*. Registro Oficial. <https://www.asambleanacional.gob.ec>
- Alba, F. E. (2013). *Pastos y forrajes*. Instituto Técnico Superior Agronómico Salesiano. Quito: Ecuador
- Andrade, F. (2016). *Los desafíos de la agricultura*. Buenos Aires: IPNI.
- Anrango, S., Viera, M., & Gómez, C. (2022). Evaluación agronómica y valor nutritivo de avena (*Avena sativa*) bajo condiciones de restricción de lluvias en los Andes. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, P(15).
- Santoyo, M. L. S., Sedano, M. P. & Villamil, P. A. D. (2019). Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*Avena sativa*) en dos estados de maduración diferentes, en la vereda el Gaital del municipio de Vélez
- Bernal, J. (2003). *Manual de nutrición y fertilización de pastos*. IPNI.
- Briceño, L. E. J. (2016). *Efecto de omisión de cinco nutrientes en el cultivo de avena (Avena sativa), para la producción de biomasa* (Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador). <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/82d422eb-5b0c-4352-afbe-23dbdea35007>
- Borda, A. (2007). *El silicio como elemento benéfico en la avena forrajera. Respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo*. *Agronomía Colombiana*, 25(2),273-279.
- Calla, J. (2012). *Guía Técnica - Análisis de suelos y fertilización en avena forrajera*. Puno: UNALM.
- Carriel, A. (2021). *Bio compost: Composición, contenido nutricional y formas de aplicación*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIAP).
- Escobar, R. P., & Fuentes, O. F. (1973). *Recomendaciones generales sobre el cultivo de avena*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Flores, J., López, M., & Torres, P. (2019). Efecto de la fertilización química en la producción de forrajes. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 12(3), 45-57.

García, D. L., & Maguana J. V. (2015). *Optimización del rendimiento de avena (Avena sativa L. variedad INIAP-82) bajo tres niveles de encalado en la Granja Iruquis* (Tesis de licenciatura, Universidad de Cuenca). Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/21827>

Getamap.net. (2021). *Información geográfica y climática de Angochagua, Ecuador*. Getamap.net. <https://www.getamap.net>

González, A., & Ramírez, C. (2020). Beneficios de la fertilización orgánica en la sostenibilidad de los agroecosistemas. *Journal of Sustainable Agriculture*, 18(2), 98-110.

González, R., & Pérez, M. (2018). *Economía agrícola y análisis financiero en el sector agropecuario*. Editorial Universitaria.

González, L., Ramírez, J., & Camacho, P. (2023). Efecto de la edad de corte sobre la producción de materia verde y seca en gramíneas forrajeras. *Revista AgroProductividad*, 16(2), 98-105

Guerra, P. & Lara, C. (2014). *Paquete tecnologico para la producción de avena forrajera en Chihuahua*. Adalam, Chihuahua: SAGARPA.

Gutiérrez, F., Alcoser, R., Macías, G., Portilla, A., & Espinosa, J. (2017). Omisión de nutrientes y dosis de nitrógeno en la acumulación de biomasa, composición bromatológica y eficiencia de uso de nitrógeno de raigrás diploide perenne (*Lolium perenne*). *Siembra*, 4(1). Obtenido de <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/>

Hernández, G. (2022). *Comportamiento agronómico y producción de llantén (Plantago lanceolata L.) con dos tipos de fertilizantes para consumo animal, en Ibarra-Imbabura* (Tesis de ingeniería, Universidad Técnica del Norte). Ibarra, Ecuador.

INEC. (2012). *Seguridad alimentaria en el Ecuador*. Quito, Ecuador.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2011). *Manejo y técnicas de arado para cultivos agrícolas*. INIAP.M
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2019). *Normas INEN para la calidad de los fertilizantes*. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec>
- Infoagro. (2018). *Industria de los cereales y derivados- El cultivo de la avena*. Infoagro.com.
- Jiménez, C., Coronel, J., Garófalo, J., Ponce, L., Cárdenas, L., Ochoa, M., & Muñoz, R. (2020). *Nueva variedad de avena de doble propósito para la Sierra Sur ecuatoriana: INIAP Fortaleza 2020* (Plegable No. 448). Estación Experimental del Austro, Programa de Cereales.
- López, H. (2016). *Respuesta del cultivo de avena forrajera a la aplicación de lixiviados de lombricomposta* (Tesis de ingeniería agrícola). Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000743732>
- López, J., & Herrera, M. (2019). *Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos en el crecimiento de la avena forrajera*. *Revista de Ciencia Agrícola*, 34(2), 78-90. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43764233004/html/>
- López, J., Martínez, A. & Suárez, P. (2019). *Indicadores económicos aplicados a la producción agrícola*. *Revista de Economía Rural*, 12(3), 45-60.
- López, M. (2020). *Valoración de las características químicas y nutritivas de fibra utilizada en la alimentación del ganado porcino*. DSpace (Universidad Técnica de Babahoyo).
- Martínez, A., Pérez, B., & Sánchez, C. (2018). *Impacto de los fertilizantes químicos en el crecimiento de cultivos forrajeros*. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 34(2), 123-135. <https://doi.org/xxxxxx>
- Martínez, P., & Pérez, L. (2021). *Impacto del uso prolongado de fertilizantes químicos en la calidad del suelo*. *Agroecología y Medio Ambiente*, 25(1), 15-30.
- Mamani, J. & Cotacallapa, F. (2018). *Rendimiento y calidad nutricional de avena forrajera en la región Puno*. *Rev. investing. altoandina*, 20(4), 385-400

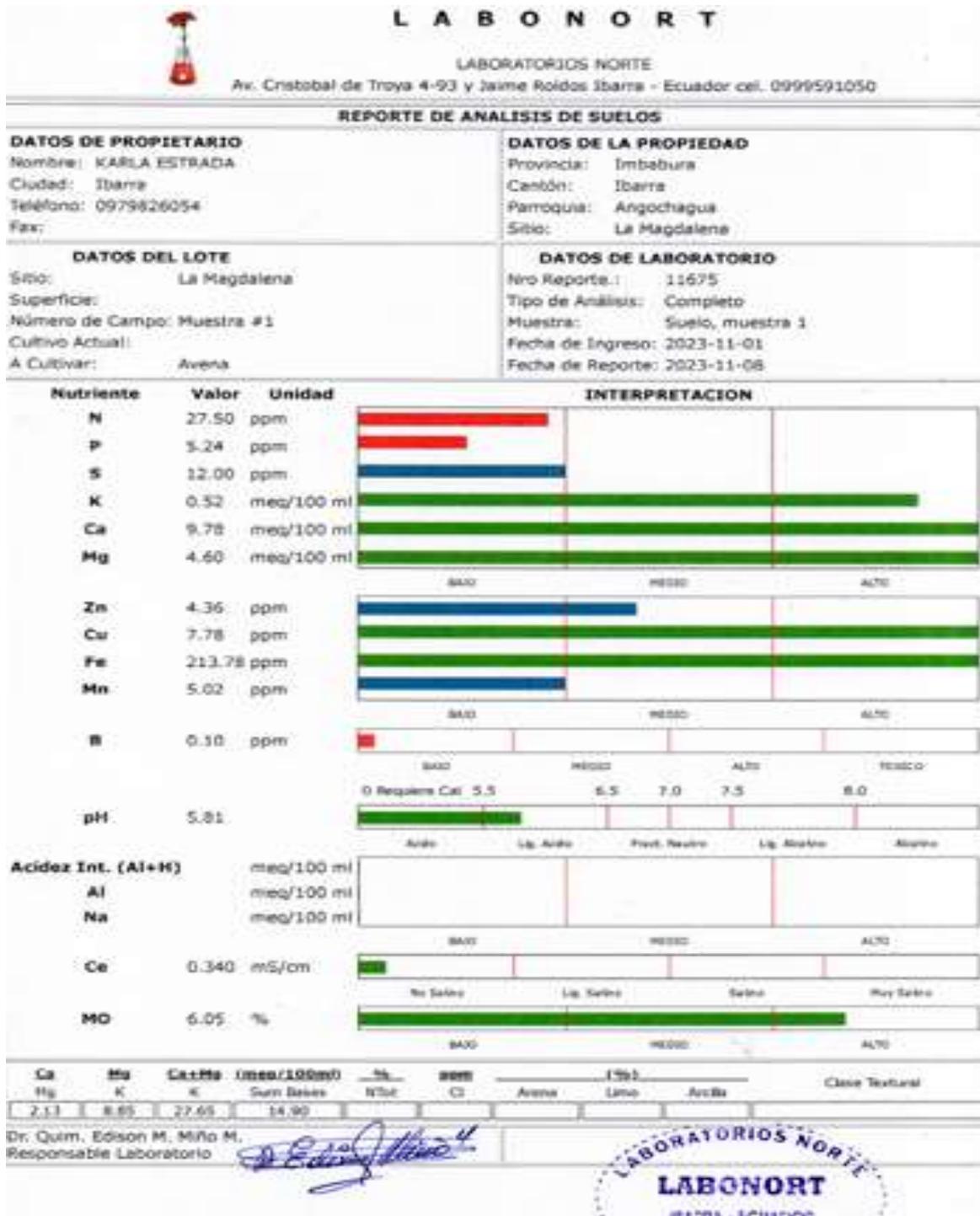
- Mendoza, C., Fernández, L. & Torres, G. (2020). *Evaluación económica en sistemas de producción agrícola*. Ediciones Agropecuarias.
- Melgosa, E. A. (1991). *Proporciones de rye gras-Avena para producción de Forraje Bajo riego en Ojinaga*. Chihuahua: Resúmenes de la reunión Nacional de Investigación Pecuaria en Tamaulipas. P. 322.
- Mohar, S. & Kumar, S. (2016). *Ampliación de la base genética de los cereales en grano*. Springer.
- Morales, A., Mendoza, D., & Herrera, C. (2021). Respuesta de la avena forrajera (Avena sativa L.) a la fertilización química y su efecto en la producción de biomasa. *Revista Científica Agropecuaria*, 7(1), 14–21.
- Ramírez, S., Domínguez-Díaz, D., Salmerón-Zamora, J. J., Villalobos-Villalobos, G., & Ortega-Gutiérrez, J. A. (2013). *Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(4), 395-403. Recuperado de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802013000400005&script=sci_arttext
- Reeves, D.L., & Sraon, H.S. (1976). How an oat plant develops. Bulletin 645: Agricultural Experiment Station South Dakota State University, 10(1) 1-15
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (sf). *Praderas, pastizales y cultivos forrajeros*. Recuperado el 1 de abril de 2025, de <https://www.fao.org/agriculture/crops/mapa-tematica-del-sitio/theme/spi/praderas-pastizales-y-cultivos-forrajeros/praderas-pastizales-y-cultivos-forrajeros/es/Paladines>, O., & Izquierdo, F. (2007). *Fertilización de pasturas en el centro norte de la sierra ecuatoriana*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Pinto, M. (2012). El cultivo de la avena y el clima en Ecuador. *El agro*, 25.
- Ponce, L., Garófalo, J. & Noroña, P. (2022). *Actividades de Investigación en Cereales Año 2021*. IdeaZ.
- PROAIN. (2020). *Requerimientos nutrimentales del cultivo de avena*. ProainShop. <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/requerimientos-nutrimentales-delcultivo-de-avena>

- Ramírez, S., Dominguez, D., Salmeron, J., & Villalobos, G. O. (2013). *Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte*. Mexico: Revista fitotecnica mexicana.
- Ramírez, D. (2021). Análisis de costos y rentabilidad en cultivos forrajeros. *Revista Agroindustrial*, 15(2), 98-112.
- Roque, N. (2012). *Evaluación de rendimiento de materia seca en forrajes* (Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina).
- Simbaña, H. (2015). *Adaptación y valor forrajero de pasto de avena (Arrhenatherum elatius L.) con diferentes niveles de fertilización nitrogenada en prefloración y floración* [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador.
- Stevens, E.J., Armstrong, K.W., Bezar, H.J., Griffin, W.B. y Hampton, J.G. (2004). *Avena forrajera: Panorama general*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ticona, C. (2021). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO*. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/15613/Quispe_Ticona_Cliver_Ant
- Toala, J. (2021). *Análisis económico de los suplementos en la alimentación bovina con forraje verde en el sitio la Alegria, canton Santa Ana*. Jipijapa, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM)
- Torres, V., & Pérez, M. (2019). Fertilidad del suelo bajo manejo intensivo con fertilización química: un enfoque agroecológico. *Revista de Ciencias del Suelo*, 53(3), 201–209.
- Valdez, R., Romero, C., & Arévalo, F. (2020). Efecto del nitrógeno sobre la producción de materia verde en pastos cultivados. *Agronomía Mesoamericana*, 31(2), 275–283.
- Zadoks, J., Changt, T. & Konzak, C. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*. WILEY - Online Library

VI ANEXOS

Anexo 1

Análisis de suelo del área del experimento.



Anexo 2

Análisis bromatológico muestra bajo fertilización química a los 80 días de corte

| | | |
|--|--|----------------------|
|  AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA AGROPECUARIO | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA) Vía Interoceánica Km. 146 y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO81 |
| | | Rev. 7 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN-B-E24-056

Fecha emisión Informe: 03-04-2024

DATOS DEL CUENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Karla Estrada

Dirección¹: La Magdalena

Teléfono¹: 0979826054

Correo Electrónico¹: kpestradap@unt.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2024-001

N° Factura/ Memorando: 1922-1942

DATOS DE LA MUESTRA:

| | |
|---|--|
| Lote ¹ : — | Conservación de la muestra ¹ : Ambiente |
| Provincia ¹ : Imbabura | Tipo de envase ¹ : Funda plástica |
| Cantón ¹ : Ibarra | Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 24,9 |
| Parroquia ¹ : Angochagua | Humedad Relativa(% HR): 51,7 |
| Responsable de toma de muestra ¹ : Karla Estrada | |
| Fecha de toma de muestra ¹ : 14/01-03-2024 | Fecha de inicio de análisis: 20-03-2024 |
| Fecha de recepción de la muestra: 14-03-2024 | Fecha de finalización de análisis: 03-04-2024 |

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|-------------------|--------|-----------------------|-----------|---|
| B240056 | 10 FQ | Proteína (Nx6,25) | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 10,61 | — |
| | | Grasa | % | Sohlet PEE/B/03 | 1,10 | — |
| | | Cenizas | % | Gravimétrico PEE/B/04 | 9,77 | — |
| | | Fibra | % | Gravimétrico PEE/B/05 | 39,32 | — |
| | | ENN* | % | Cálculo | 39,20 | — |

ENN*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando

Observaciones:

1.- Los resultados se expresan en materia seca.

2.- ¹Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.

3.- Informe revisado por Quím. A. Patricia Obando.

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA



QUÍMICA PATRICIA
OBANDO CARNILE

Quím. A. Patricia Obando

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

Anexo 3

Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización orgánica a los 80 días de corte

| | | |
|---|--|------------------------------|
|  AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DEL PRODUCTO AGROPECUARIO | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA) Vía Interoceánica Km. 14h y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-F001 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Rev. 7 Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN-B-E24-057

Fecha emisión Informe: 03-04-2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Karla Estrada

Dirección¹: La Magdalena

Teléfono¹: 0979826054

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

Correo Electrónico¹: kpestradap@iunt.edu.ec

N° Orden de Trabajo: 10-2024-001

N° Factura/ Memorando: 1922-1942

DATOS DE LA MUESTRA:

| | |
|---|--|
| Lote ¹ : --- | Conservación de la muestra ¹ : Ambiente |
| Provincia ¹ : Imbabura | Tipo de envase ¹ : Funda plástica |
| Cantón ¹ : Ibarra | Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 24,9 |
| Parroquia ¹ : Angochagua | Humedad Relativa(% HR): 51,7 |
| Responsable de toma de muestra ¹ : Karla Estrada | |
| Fecha de toma de muestra ¹ : 14/01-03-2024 | Fecha de inicio de análisis: 20-03-2024 |
| Fecha de recepción de la muestra: 14-03-2024 | Fecha de finalización de análisis: 03-04-2024 |

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|-----------|--------|-----------------------|-----------|---|
| B240057 | 10 FO | Proteína | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 11,90 | --- |
| | | (Nx6,25) | | | | |
| | | Grasa | % | Soxhlet PEE/B/03 | 1,12 | --- |
| | | Cenizas | % | Gravimétrico PEE/B/04 | 11,17 | --- |
| | | Fibra | % | Gravimétrico PEE/B/05 | 37,30 | --- |
| ENN* | % | Cálculo | 38,51 | --- | | |

ENN*: Elementos No Nitrogenados

Análisis por: Quím. A. Patricia Obando

Observaciones:

- Los resultados se expresan en materia seca.
- *Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.
- Informe revisado por Quím. A. Patricia Obando

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA



QUÍMICA PATRICIA
OBANDO CABALLE

Quím. A. Patricia Obando

Analista de Bromatología y Microbiología I

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

Anexo 4

Análisis bromatológico, muestra del testigo absoluto a los 80 días de corte

| | | |
|---|--|----------------------|
|  AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA) Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO01 |
| | | Rev. 7 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN-B-E24-058

Fecha emisión informe: 03-04-2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Karla Estrada

Dirección¹: La Magdalena

Teléfono¹: 0979826054

Correo Electrónico¹: kpestradap@unt.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2024-001

N° Factura/ Memorando: 1922-1942

DATOS DE LA MUESTRA:

| | |
|---|--|
| Lote ¹ : --- | Conservación de la muestra ¹ : Ambiente |
| Provincia ¹ : Imbabura | Tipo de envase ¹ : Funda plástica |
| Cantón ¹ : Ibarra | Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 24,9 |
| Parroquia ¹ : Angochagua | Humedad Relativa(% HR): 51,7 |
| Responsable de toma de muestra ¹ : Karla Estrada | |
| Fecha de toma de muestra ¹ : 14a11-03-2024 | Fecha de inicio de análisis: 20-03-2024 |
| Fecha de recepción de la muestra: 14-03-2024 | Fecha de finalización de análisis: 03-04-2024 |

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|-------------------|--------|-----------------------|-----------|---|
| B240058 | 10 TA | Proteína (Nx6,25) | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 10,41 | --- |
| | | Grasa | % | Soxhlet PEE/B/03 | 1,01 | --- |
| | | Cenizas | % | Gravimétrico PEE/B/04 | 9,96 | --- |
| | | Fibra | % | Gravimétrico PEE/B/05 | 40,69 | --- |
| | | ENN* | % | Cálculo | 37,93 | --- |

ENN*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando

Observaciones:

- Los resultados se expresan en materia seca.
- Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.
- Informe revisado por Quím. A. Patricia Obando.

Anexo Gráficas: NA

Anexo Documentos: NA



BLANCA PATRICIA
OBANDO CANALLE

Quím.A. Patricia Obando

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

Anexo 5

Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización química a los 90 días de cort

| | | |
|---|--|---------------|
|  | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA) Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO01 |
| | | Rev. 7 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN-B-E24-054

Fecha emisión Informe: 03-04-2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Karla Estrada

Dirección¹: La Magdalena

Teléfono¹: 0979826054

Correo Electrónico¹: kpestradap@unt.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2024-001

N° Factura/ Memorando: 1922-1942

DATOS DE LA MUESTRA:

| | |
|---|--|
| Lote ¹ : --- | Conservación de la muestra ¹ : Ambiente |
| Provincia ¹ : Imbabura | Tipo de envase ¹ : Funda plástica |
| Cantón ¹ : Ibarra | Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 24,9 |
| Parroquia ¹ : Angochagua | Humedad Relativa(% HR): 51,7 |
| Responsable de toma de muestra ¹ : Karla Estrada | |
| Fecha de toma de muestra ¹ : 14a11-03-2024 | Fecha de inicio de análisis: 20-03-2024 |
| Fecha de recepción de la muestra: 14-03-2024 | Fecha de finalización de análisis: 03-04-2024 |

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ² |
|-------------------------------|--|----------------------|--------|--------------------------|-----------|---|
| B240054 | 30% FQ | Proteína (Nx6,25) | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 9,54 | --- |
| | | Grasa | % | Soxhlet PEE/B/03 | 1,03 | --- |
| | | Cenizas | % | Gravimétrico PEE/B/04 | 9,96 | --- |
| | | Fibra | % | Gravimétrico PEE/B/05 | 34,92 | --- |
| | | ENN* | % | Cálculo | 44,55 | --- |

ENN*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quim. A. Patricia Obando

Observaciones:

- Los resultados se expresan en materia seca.
- ¹Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.
- Informe revisado por Quim. A. Patricia Obando.

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA



BLANCA PATRICIA
OBANDO CANALLE

Quim.A. Patricia Obando

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

Anexo 6

Análisis bromatológico, muestra bajo fertilización orgánica a los 90 días de corte

| | | |
|---|--|---------------|
|  | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA) Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO01 |
| | | Rev. 7 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Hoja 1 de 1 |

Informe N°: LN-B-E24-053

Fecha emisión Informe: 03-04-2024

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Karla Estrada

Dirección¹: La Magdalena

Teléfono¹: 0979826054

Correo Electrónico¹: kpestradap@unt.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2024-001

N° Factura/ Memorando: 1922-1942

DATOS DE LA MUESTRA:

| | |
|---|--|
| Lote ¹ : --- | Conservación de la muestra ¹ : Ambiente |
| Provincia ¹ : Imbabura | Tipo de envase ¹ : Funda plástica |
| Cantón ¹ : Ibarra | Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 24,9 |
| Parroquia ¹ : Angochagua | Humedad Relativa(% HR): 51,7 |
| Responsable de toma de muestra ¹ : Karla Estrada | |
| Fecha de toma de muestra ¹ : 14a11-03-2024 | Fecha de inicio de análisis: 20-03-2024 |
| Fecha de recepción de la muestra: 14-03-2024 | Fecha de finalización de análisis: 03-04-2024 |

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ¹ |
|-------------------------------|--|-----------|--------|--------------------------|-----------|---|
| B240053 | 30% FO | Proteína | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 10,62 | --- |
| | | (Nx6,25) | | | | |
| | | Grasa | % | Soxhlet PEE/B/03 | 0,92 | --- |
| | | Cenizas | % | Gravimétrico PEE/B/04 | 10,49 | --- |
| | | Fibra | % | Gravimétrico PEE/B/05 | 36,96 | --- |
| | | ENN* | % | Cálculo | 41,01 | --- |

ENN*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando

Observaciones:

- Los resultados se expresan en materia seca.
- Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.
- Informe revisado por Quím. A. Patricia Obando.

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA



BLANCA PATRICIA
OBANDO CAMALLE

Quím.A. Patricia Obando

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)

Anexo 7

Análisis bromatológico, muestra del testigo absoluto a los 90 días de corte

| | | |
|--|--|---|
|  AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSENIARIO | LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA (ÁREA BROMATOLOGÍA) Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf: 02- 3828 860 ext. 2035 | PGT/B/09-FO01 |
| | INFORME DE ANÁLISIS | Rev. 7 |
| | Hoja 1 de 1 | Informe N°: LN-B-E24-055 Fecha emisión Informe: 03-04-2024 |

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Karla Estrada

Dirección¹: La Magdalena

Teléfono¹: 0979826054

Correo Electrónico¹: kpestradap@unt.edu.ec

Provincia¹: Imbabura

Cantón¹: Ibarra

N° Orden de Trabajo: 10-2024-001

N° Factura/ Memorando: 1922-1942

DATOS DE LA MUESTRA:

| | |
|---|--|
| Lote ¹ : --- | Conservación de la muestra ¹ : Ambiente |
| Provincia ¹ : Imbabura | Tipo de envase ¹ : Funda plástica |
| Cantón ¹ : Ibarra | Condiciones ambientales: Temperatura (°C): 24,9 |
| Parroquia ¹ : Angochagua | Humedad Relativa(% HR): 51,7 |
| Responsable de toma de muestra ¹ : Karla Estrada | |
| Fecha de toma de muestra ¹ : 14/11-03-2024 | Fecha de inicio de análisis: 20-03-2024 |
| Fecha de recepción de la muestra: 14-03-2024 | Fecha de finalización de análisis: 03-04-2024 |

RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

| CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO | IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹ | PARÁMETRO | UNIDAD | MÉTODO | RESULTADO | ESPECIFICACIÓN/ REFERENCIA ² |
|-------------------------------|--|-----------|--------|--------------------------|-----------|---|
| B240055 | 30% TA | Proteína | % | Kjeldahl PEE/B/02 | 8,35 | --- |
| | | (Nx6,25) | | | | |
| | | Grasa | % | Soxhlet PEE/B/03 | 0,93 | --- |
| | | Cenizas | % | Gravimétrico PEE/B/04 | 9,94 | --- |
| | | Fibra | % | Gravimétrico PEE/B/05 | 37,41 | --- |
| ENN* | % | Cálculo | 43,37 | --- | | |

ENN*: Elementos No Nitrogenados

Analizado por: Quím. A. Patricia Obando

Observaciones:

- Los resultados se expresan en materia seca.
- Datos suministrados por el cliente. El Laboratorio no se responsabiliza por esta información.
- Informe revisado por Quím. A. Patricia Obando.

Anexo Gráficos: NA

Anexo Documentos: NA



BLANCA PATRICIA
OBANDO CAVALLÉ

Quím.A. Patricia Obando

Analista de Bromatología y Microbiología 3

Responsable Técnico del Laboratorio de Bromatología y Microbiología (Área Bromatología)