

**EVALUACION 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  
SANTANDER**

**PEDRO DÍAZ VILLAMIL**

**CÓDIGO: 1101754793**

**MONICA PATRICIA SEDANO QUIROGA**

**CODIGO: 63438518**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
(ECAPMA)**

**VÉLEZ SANTANDER**

**2018**

**EVALUACION 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  
SANTANDER**

**PEDRO DÍAZ VILLAMIL**

**MONICA PATRICIA SEDANO QUIROGA**

**TRABAJO DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ZOOTECNISTA**

**DIRECTORA**

**MAGDA LILIANA SANTOYO ARIZA**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
(ECAPMA)**

**VÉLEZ SANTANDER**

**2018**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 1  |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....  | 2  |
| 3. JUSTIFICACIÓN .....   | 3  |
| 4. OBJETIVOS .....   | 4  |
| 4.1. Objetivo general.....   | 4  |
| 4.2. Objetivos específicos .....   | 4  |
| 5. REFERENTE TEORICO.....  | 5  |
| 5.1. Ganadería tradicional .....   | 5  |
| 5.2. Pastos y forrajes .....   | 5  |
| 5.3. La avena.....   | 6  |
| 5.3.1. Origen .....  | 6  |
| 5.3.1. Morfología y taxonomía .....  | 8  |
| 5.3.1. Variedades.....   | 9  |
| 5.3.2. Valor nutricional .....   | 9  |
| 5.3.3. Componentes químicos.....   | 11 |
| 5.3.4. Requerimientos edafoclimáticos.....                                     | 12 |
| 5.3.5. Siembra .....   | 13 |
| 5.3.6. Fertilización .....   | 14 |
| 5.3.7. Manejo .....  | 15 |
| 5.3.8. Plagas y enfermedades.....  | 15 |
| 5.3.9. Cosecha.....  | 16 |
| 5.4. Nutrientes más elementales en la composición química de los forrajes..... | 18 |
| 5.4.1. Materia seca .....  | 18 |
| 5.4.2. Proteína .....  | 18 |
| 5.4.3. La fibra.....   | 19 |
| 5.4.4. Fibra detergente neutra (FDN).....                                      | 21 |
| 5.4.5. Fibra detergente acido (FDA) .....                                      | 22 |
| 5.4.6. Cenizas .....   | 22 |
| 5.4.7. Extracto etéreo .....   | 22 |
| 5.4.8. Digestión de grasas en rumiantes.....                                   | 23 |
| 5.5. Requerimientos nutricionales en bovinos .....                             | 23 |
| 5.6. Métodos para analizar la composición química de los forrajes .....        | 24 |
| 5.6.1. Materia seca .....  | 24 |
| 5.6.2. Proteína .....  | 25 |
| 5.6.3. Fibra detergente neutra (FDN).....                                      | 25 |
| 5.6.4. Fibra detergente acido (FDA) .....                                      | 26 |

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

|  |  |    |
|--|--|----|
| 5.6.5.   | Cenizas .....                                | 26 |
| 5.6.6.   | Extracto etéreo .....                        | 27 |
| 5.7.   | Otras investigaciones .....                  | 27 |
| 6.   | METODOLOGÍA .....                            | 31 |
| 6.1.   | Localización .....                           | 31 |
| 6.2.   | Definición de la muestra .....               | 32 |
| 6.3.   | Análisis de suelo .....                      | 33 |
| 6.4.   | Material vegetal .....                       | 33 |
| 6.5.   | Preparación del terreno .....                | 34 |
| 6.6.   | Siembra .....                                | 34 |
| 6.7.   | Plan de enmiendas y fertilización .....      | 35 |
| 6.8.   | Control de plagas .....                      | 36 |
| 6.9.   | Altura de la planta .....                    | 36 |
| 6.10.  | Producción de forraje verde .....            | 37 |
| 6.11.  | Desempeño nutricional .....                  | 38 |
| 6.12.  | Costos de producción .....                   | 38 |
| 6.13.  | Análisis de datos .....                      | 39 |
| 6.13.1.  | Producción de forraje verde .....            | 39 |
| 6.13.2.  | Desempeño nutricional .....                  | 39 |
| 6.13.3.  | Costos de producción de forraje verde .....  | 39 |
| 7.   | RESULTADOS Y DISCUSION .....                 | 41 |
| A continuación, describiremos los resultados encontrados en el desarrollo de este proyecto de investigación en cuanto a análisis de suelos, desarrollo del cultivo, contenido nutricional, producción de biomasa y costos de producción..... |  |    |
| 7.1.   | Análisis de suelo .....                      | 41 |
| 7.2.   | Altura de la planta .....                    | 41 |
| 7.3.   | Producción de forraje verde .....            | 42 |
| 7.4.   | Materia seca .....                           | 44 |
| 7.4.1.   | Toneladas de materia seca por hectárea ..... | 45 |
| 7.5.   | Desempeño nutricional .....                  | 46 |
| 7.1.   | Costos de producción .....                   | 48 |
| 8.   | CONCLUSIONES .....                           | 51 |
| 9.   | RECOMENDACIONES .....                        | 52 |
| 10.  | REFERENCIAS .....                            | 53 |

## INDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Principales Productores de Avena en el Mundo (2007/08-2009/10).....   | 8  |
| <b>Tabla 2.</b> Esta es la clasificación taxonómica de la avena.....  | 8  |
| <b>Tabla 3.</b> Composición de la avena en la época de floración.....   | 10 |
| <b>Tabla 4.</b> Composición del grano de avena.....   | 10 |
| <b>Tabla 5.</b> Composición de la paja de avena.....  | 11 |
| <b>Tabla 6.</b> Fertilización Recomendada en Avena.....   | 15 |
| <b>Tabla 7.</b> Requerimientos de FDN que debería tener nuestros forrajes de acuerdo con la NRC<br>(National Research Council)..... | 21 |
| <b>Tabla 8.</b> Requerimientos nutricionales de una vaca de doble propósito.....  | 24 |
| <b>Tabla 9.</b> Requerimientos nutricionales de un torete cebuino de 300 kg de peso.....  | 24 |
| <b>Tabla 10.</b> Composición del ensilaje de avena según estado fenológico y método de determinación<br>del contenido de MS. ....   | 28 |
| <b>Tabla 11.</b> Resultados análisis de suelo.....  | 41 |
| <b>Tabla 12.</b> Crecimiento semanal de la avena forrajera.....   | 41 |
| <b>Tabla 13.</b> Producción de forraje en dos tiempos de corte distintos.....   | 43 |
| <b>Tabla 14.</b> Porcentaje de humedad y materia seca, en dos diferentes estados de maduración. ....                                | 44 |
| <b>Tabla 15.</b> Toneladas de materia seca por hectárea, en dos diferentes estados de maduración. ....                              | 45 |
| <b>Tabla 16.</b> Composición nutricional en base seca, de la avena en dos estados diferentes de<br>maduración.....                  | 46 |
| <b>Tabla 17.</b> Porcentaje de variación de cada nutriente, entre los dos estados diferentes de<br>maduración.....                  | 48 |
| <b>Tabla 18.</b> Costos de producción generados en el proyecto.....   | 48 |

## INDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.</b> Ubicación del municipio de Vélez, en el departamento de Santander. ....                                | 31 |
| <b>Figura 2.</b> Finca El Dólar .....   | 31 |
| <b>Figura 3.</b> Toma de análisis de suelo.....   | 33 |
| <b>Figura 4.</b> Fertilización de la avena forrajera. ....  | 35 |
| <b>Figura 5.</b> Plaga presente en el cultivo (Diabroticasp).....   | 36 |
| <b>Figura 6.</b> Midiendo la altura de la planta .....  | 37 |
| <b>Figura 7.</b> Avena en estado óptimo de corte. ....  | 37 |
| <b>Figura 8.</b> Realización de aforos .....  | 38 |
| <b>Figura 9.</b> Porcentaje de humedad y materia seca en el forraje verde, en dos diferentes estados de maduración..... | 45 |
| <b>Figura 10.</b> Toneladas de materia seca por hectárea, en dos diferentes estados de maduración...                    | 46 |
| <b>Figura 11.</b> Composición nutricional en base seca, de la avena en dos estados diferentes de maduración.....        | 47 |

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la finca El Dólar, ubicada en la vereda El Gaital municipio de Vélez, Santander. Se estableció un cultivo de avena sativa variedad dorada con una densidad de siembra de 65 kg por hectárea. La finalidad fue evaluarla producción de biomasa y el valor nutricional en dos estados de maduración diferente (105 días y 115 días después de la siembra). De acuerdo a los resultados del análisis bromatológico se logró determinar que de acuerdo al tiempo de corte existe diferencia tanto en la calidad composicional como en la producción de biomasa. La producción de biomasa fue mayor a los 115 días (4,5 kg por m<sup>2</sup>) comparada con el periodo de corte a los 105 días (4.2 kg por m<sup>2</sup>) presentando diferencia, sin embargo, haciendo una comparación ente los análisis bromatológicos para los dos periodos de corte los valores de Proteína Cruda (PC) fueron mayores para tratamiento 1 (T1) (Período de corte 105 días) con un 14,2 % frente a un 12,9% a los 115 días Tratamiento 2 (T2). La Materia seca fue mayor (25,4%) para el T2 y menor para el T1 (21,6%). Con respecto al porcentaje de FDN y FDA los valores son menores para el T1 (46,6) y (28,5) respectivamente; mientras que para el T2 fue de (49,3% FDN) y (35,9% FDA). El extracto etéreo fue superior en el T1 (2,2) que en el T2 (1,9). Esto indica que el mejor contenido y calidad de nutrientes se dio en la avena que se cortó a los 105 días después de la siembra. Los costos de producción hasta el momento del corte son iguales en ambos estados de maduración, pero el costo por kilogramo de forraje verde producido disminuye entre el estado de corte a los 105 días, el cual fue de \$ 375 por kg y para los 115 días, el costo fue de \$ 350 por kg, esto se da debido al aumento del forraje verde a los 115 días, lo cual hace que los costos se disminuyan en un 6,66%.

Palabras claves: forraje, avena, alimentación, nutrición

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

## ABSTRACT

The research work was carried out at the El Dólar farm, located in the city of Vélez, Santander. A golden variety oats sativa culture with a density of 60 kg per hectare was carried out. The purpose was to evaluate biomass production and nutritional value in two different maturation stages (105 days and 115 days after sowing). According to the results of the bromatological analysis, it refers to the production of biomass. Biomass production was higher at 115 days (4.5 kg per m<sup>2</sup>) compared to the cutting period at 105 days (4.2 kg per m<sup>2</sup>), presenting a difference, however, making a comparison with the bromatological analysis for both. The values of crude protein (CP) were higher for treatment 1 (T1) (cutting period 105 days) with 14.2% compared to 12.9% at 115 days Treatment 2 (T2). The dry matter was higher (25.4%) for T2 and lower for T1 (21.6%). The values are lower for T1 (46.6) and (28.5) respectively; While for T2 it was (49.3% NDF) and (35.9% FDA). The ether extract was higher in T1 (2.2) than in T2 (1.9). This indicates that the best day and the quality of the food is in the oats that are cut 105 days after sowing. The costs of production until the moment of the cut are equal in both stages of maturation, but the cost per kilogram of green fodder translates into the cut state at 105 days, which was \$ 375 per kg and for the 115 days The cost was \$ 350 per kg. This is due to an increase in the cost of green forage at 115 days, which causes costs to be reduced by 6.66%.

Keywords: forage, oats, alimentation, nutrition.

## 1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Vélez fundamenta su economía en la agricultura y la ganadería, siendo la producción bovina uno de los renglones más importantes ya que gran mayoría de la población se dedica a la cría de bovinos enfocados al sistema doble propósito, basados en las ventajas de sostenibilidad que este sistema les ofrece. Las técnicas de manejo se apoyan en métodos de producción convencional que no les permite alcanzar los niveles de rentabilidad y productividad esperados. (Plan de desarrollo Municipio de Vélez. 2012).

Teniendo en cuenta las problemáticas del sector bovino, se evidencia, la baja tecnificación e innovación en la producción de forrajes que ayuden a suplir las necesidades nutricionales de los bovinos y que permitan aumentar la Unidad Gran Ganado (UGG). (Mahecha. Gallego y Peláez. 2002). La implementación de nuevos sistemas de producción de forrajes puede solucionar los requerimientos alimenticios que están afectando la sostenibilidad de sector, hay que incursionar en nuevas técnicas de nutrición para dar solución a esta problemática. Se hace necesario que los productores reestructuren los métodos de manejo y adopten nuevas estrategias que les permitan avanzar y salir de la ambigüedad en la que están. (Cuenca.2008)

La (*avena sativa*) 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. Este cultivo 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. Díaz. Salmerón. Villalobos. y. Ortega. 2013).

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La vereda El Gaital y las veredas aledañas que se ubican en el trópico alto del municipio de Vélez Santander a partir de los 2200 msnm, fundamentan la base de la alimentación de sus bovinos es el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y gramíneas nativas, las cuales presentan bajos rendimientos en cuanto a calidad y volumen forrajero. Adicional a esto, no existen prácticas de manejo y mejoramiento de praderas por tanto el material forrajero no es suficiente para suplir las necesidades nutricionales de los bovinos, trayendo como consecuencia una baja producción en carne y leche, baja condición corporal de los animales, aumento en el intervalo entre parto entre otras. El 81 % del área en las fincas de clima medio y caliente se dedican a pasto, el 9 % lo dedican a la agricultura, el 10 % en rastrojo y bosque, la vocación es más hacia forrajes que para cultivos permanentes. El pasto (*Brachiaria decumbens*), es el más frecuente junto con el imperial y gramas; la capacidad de carga está entre 1 y 2 animales adultos de 500 kilos por hectárea. (Plan de desarrollo Municipio de Vélez. 2012).

Al respecto Cárdenas, (2003). Una de las características más importantes de estos sistemas lo constituye el elevado costo, debido a la suplementación con concentrado; esto contribuye a agudizar la crisis que afecta a la rama agropecuaria (como se citó en: Carvajal. Lamela. Cuesta. 2012).

Estudios muestran que los bancos forrajeros como suplemento de las pasturas incrementan la producción de leche hasta en 20% y reducen los costos de producción en 40%, aumentando los ingresos netos de la finca. (Sánchez. 2009).

Con el desarrollo de esta investigación se pretende evaluar el comportamiento y la adaptación de la *avena sativa* en dos estados de maduración diferente. ¿De acuerdo a los dos estados de maduración encontrar cual tiene mejor comportamiento en producción vs calidad nutricional?

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

### 3. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación busca encontrar en la (*avena sativa*) una alternativa de producción de forrajes de buena calidad de fácil adaptabilidad y con niveles de productividad altos. Se hace necesario aumentar la oferta alimenticia, introducir nuevos sistemas de producción, avanzar en el estudio de nuevas especies forrajeras para conocer su viabilidad y desempeño; motivo por el cual se estableció un cultivo de avena forrajera para determinar su comportamiento en la región de estudio, buscando que esta pueda ser una opción para la nutrición de los bovinos.

Este forraje aporta adecuados nutrientes en cuanto a proteína, fibra, minerales y energía metabolizable. (Avendaño. 2017).

La avena sativa no es superior en contenido nutricional frente a otras especies forrajeras como la vicia o la alfalfa, pero posee la gran ventaja de aportar mayor cantidad de biomasa y adaptarse más fácilmente a las condiciones agroclimáticas de la zona. (Ruiz. Chain. Pedraza. 1994).

La avena es un forraje muy usado en varios países como alternativa alimenticia para la dieta de los bovinos y demás animales de interés zootécnico, al ser introducida en la dieta de los animales nos proporciona mejoras en cuanto a producción y calidad en la leche. (Mojica. Castro. León. Cárdenas. Pabón . Carulla. 2009).

El uso de avena forrajera para alimentación animal en la Sabana de Bogotá es una práctica generalizada debido a su aporte energético, proteico, además de ser un cultivo de ciclo corto; por estas razones es importante incrementar su volumen de producción, optimizando la nutrición de este forraje. (Borda. 2007)

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

Evaluar el rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera en dos estados de maduración diferentes.

### **4.2. Objetivos específicos**

Determinar la cantidad de biomasa producida en dos estados de maduración diferentes.

Evaluar el valor nutricional de la avena sativa en dos estados de maduración diferentes.

Estimar los costos de producción de la avena sativa por área.

## 5. REFERENTE TEORICO

### 5.1. Ganadería tradicional

En Colombia y el mundo ha predominado el sistema tradicional de ganadería, en donde el ser humano les provee a los animales el espacio y las comodidades para sobrevivir. El modelo de ganadería tradicional incluye cinco sistemas diferentes de producción. El sistema de pastoreo extractivo es aquel en el cual existe poca interacción humana y está basado en lo que puede producir el medio ambiente por sí mismo. El sistema extensivo tradicional incluye una mayor interacción humana, con el fin de darle un mejor manejo a las praderas y al ganado, mientras que el sistema extensivo mejorado usa pastos mejorados, existe un alto control de malezas, hay buena fertilización de los suelos y se usan sales y suplementos alimenticios. El sistema extensivo (tradicional y mejorado) constituye aproximadamente el 90% de todas las explotaciones ganaderas del país. (Henao.2007, como se citó en Jaramillo. 2014)

### 5.2. Pastos y forrajes

Las pasturas son la fuente más abundante de alimentación para los bovinos y tiene un bajo costo por kilogramo de biomasa producido o cosechado. Las gramíneas y leguminosas son un cultivo más, como los granos básicos y, por tal razón, antes de ser un buen ganadero, se debe ser un gran agricultor. Por la importancia de los pastos y forrajes, se debe considerar los atributos de cada especie; sin embargo, antes de iniciar un proceso de inversión, debemos de tomar en cuenta aspectos como las condiciones agroclimáticas de las especies o variedades que se adaptan a nuestras zonas ecológicas muy diversas en nuestros trópicos. (Mena. 2015)

En estos últimos tiempos se ha tomado mayor conciencia sobre la necesidad de rehabilitar o renovar las pasturas degradadas, como una condición para intensificar los sistemas de producción animal en las áreas ya deforestadas, lo cual disminuye la presión sobre el desbosque de monte real. Con el uso de tecnologías apropiadas para la intensificación de dichos sistemas debe de resultar un incremento considerable en la productividad y sostenibilidad de los mismos, siendo posible que si se aplican tecnologías apropiadas, con solo 50% del área utilizada en pasturas se podría producir la proteína animal necesaria para cubrir la demanda interna de la región, y sobraría aún para exportación; se puede hacer esto con una estrategia de bajos insumos basados en el buen **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera** (*avena sativa*)

uso de los pastos tropicales. Los pastos tropicales tienen un gran potencial para la producción de biomasa o fitonisa; las gramíneas tropicales (C4) poseen características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas, que las hacen potencialmente más eficientes en el proceso fotosintético que las leguminosas y las gramíneas de la zona templada. (Palacios, 2014)

### 5.3. La avena

La Avena (*Avena Sativa*) es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas, los tallos son gruesos y rectos, pueden variar de medio metro hasta metro y medio, están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos; las hojas son planas y alargadas; su borde libre es dentado, el limbo de la hoja es estrecho y largo; la flor es un racimo de espiguillas, situadas sobre largos pedúnculos y el fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas, se adapta a alturas entre los 1600 y 3400 m.s.n.m. (García, 2007, como se citó en, Moreno, 2008).

#### 5.3.1. Origen

Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de estos cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto, y se supone que eran semillas de malas hierbas, ya que no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por los antiguos egipcios. Los restos más antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa Central, y están datadas de la Edad del Bronce. Se han encontrado semillas en monumentos que prueban que este cereal fue cultivado antes que se conociera las escrituras hebreas. (Mataix, 2005, como se citó en Taco, 2014)

El origen exacto de la avena es complejo de rastrear, pero en los libros de medicina tradicional mencionan que surgió de Asia y Europa Oriental, específicamente de Rusia. Por otro lado, también se cree que su cultivo en Europa surgió al norte y se convirtió en un cereal popular para cultivar en España y Francia a pesar de que en otros sitios del continente no fue tan popular. Y por supuesto en México llegó por medio de los españoles y fue valorado por combatir el hambre debido a su contenido proteínico y también se empleaba para la alimentación del ganado. Así lo estipula Angélica Olmedo en su libro *“Estudio de la adaptabilidad de la avena”* quien también menciona que existen siete variedades de **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

avena, lo cual la hace distinta a otros cereales porque crece de manera silvestre, siendo tres especies las que se plantan: la avena abyssinica, la avena strigosa y la sativa que es la que se cultiva a nivel mundial. (Terán. 2017)

La avena es un cereal (Avena Sativa) que crece en climas frescos y que da una cosecha anual. Es una planta herbácea de la familia de las gramíneas. Remontándonos a sus orígenes, la avena se menciona desde la Edad de Bronce (1500-500 A.C.) y fue uno de los primeros cultivos realizados por el ser humano. Durante el apogeo del Imperio Romano, estos llevaron a las islas británicas este cereal, ya que el clima húmedo y fresco era un lugar propicio para su cultivo, y así, de esta forma, comenzó a ser un alimento básico en Inglaterra, Escocia e Irlanda (esta isla nunca fue territorio romano). Al principio, la finalidad de la avena no era el consumo humano, sino como forraje para el ganado y los animales de carga. Los escoceses trituraban la avena cruda añadiéndole agua y la cocían formando una papilla, antecesor del porridge, el desayuno típico de Escocia, Gales y algunos países nórdicos. Hay cuatro tipos de avena: La avena blanca tiene su origen en el Mediterráneo, se extendió al norte y se adaptó a condiciones climáticas más duras. La avena roja soporta las altas temperaturas y se cultiva en climas áridos y secos. La avena desnuda se cultiva en Asia y se caracteriza por la facilidad que se desprende la cariósida de la cascara. La avena oriental es la más común y cultivada en España. (Pérez.2016)

Los españoles, en la época de la conquista, la introdujeron a México para fines forrajeros. (INIFAP, 2012). En la actualidad, en México, la avena forrajera cumple un fundamental objetivo como forraje verde, ensilado, henificado o para producción de grano, el cual es un excelente proveedor de fibra soluble, proteína, ácidos grasos insaturados, vitaminas, minerales y fotoquímicos que reducen la presencia de varios tipos de enfermedades. La avena (*Avena sativa* L.) es un cultivo de importancia debido a la diversidad de usos y tipos de productos que pueden obtenerse: grano, forraje verde, forraje conservado (heno y ensilaje), doble propósito (verde-grano) y uso del rastrojo el pastoreo directo, el doble propósito. (Dietz. Schierenbeck. Martínez, y Simón. 2016)

En la producción mundial de cereales la avena ocupa el quinto lugar, siendo el cereal de invierno de mayor importancia en los climas fríos del hemisferio norte. La avena es considerada una planta de estación fría, localizándose las mayores áreas de producción en los climas templados más fríos. El principal productor es Rusia, seguido por Canadá y EEUU. España se encuentra en la décima posición en la producción mundial (tabla 1). (Pérez. 2006.)

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

**Tabla 1.** Principales Productores de Avena en el Mundo (2007/08-2009/10)

| PAIS            | VALOR PORCENTUAL |
|-----------------|------------------|
| Unión Europea   | 34.30%           |
| Rusia           | 21.90%           |
| Canadá          | 15.60%           |
| Australia       | 5.20%            |
| Estados Unidos  | 5.20%            |
| Resto del mundo | 17.80%           |

Fuente: (adaptado de USDA. Como se citó en Gobierno del Estado de Chihuahua. s.f)

### 5.3.1. Morfología y taxonomía

El tallo es grueso, pero con poca resistencia a cambios inesperados; tiene, en cambio, un buen valor forrajero. Las hojas son planas y alargadas. En la unión del limbo y el tallo tienen una lígula, pero no existen estípulas. El color de la avena es verde azulado, lo que le distingue de la cebada, que es verde más claro. La inflorescencia de la avena es en panícula. Es un racimo de espiguillas de dos o tres flores, situadas sobre largos péndulos. (Universidad Nacional Autónoma de México.2013).

Su tallo es grueso y recto con poca resistencia a la su longitud puede variar de 50 cm a un metro y medio. Posee hojas lanceoladas de hasta unos 4 cm de longitud. son planas y alargadas, con un limbo estrecho y largo de color verde oscuro Las flores aparecen en espigas, pero lo que más se conocen son los granos que maduran sobre la misma espiga. Alcanzan 1, 5 cm y presentan una forma bastante alargada y estrecha. Sus flores se presentan en espigas de dos o tres de ellas El fruto es en cariósipide, con las glumillas adheridas Es una planta de raíces reticulares, potentes y más abundantes que en el resto de los cereales. (Toapanta.2013).

La clasificación taxonómica de la avena (tabla 2).

**Tabla 2.**Esta es la clasificación taxonómica de la avena

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| <b>Reino</b>    | Plantae            |
| <b>División</b> | Magnoliophyta      |
| <b>Clase</b>    | Liliopsida         |
| <b>Subclase</b> | Rosidae            |
| <b>Orden</b>    | Peales (Giumflora) |
| <b>Familia</b>  | Poaceae(gramíneas) |

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| <b>Subfamilia</b> | Pooideae      |
| <b>Tribu</b>      | Avena         |
| <b>Genero</b>     | <i>Avena</i>  |
| <b>Especie</b>    | <i>Sativa</i> |

Fuente: Aroni. (2016)

### 5.3.1. Variedades

La Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA presentará una nueva opción tecnológica para los ganaderos del altiplano cundiboyacense y los altiplanos de Nariño enfocados en la producción de leche. Se trata de Altoandina, una nueva variedad mejorada de avena forrajera cuyo rendimiento de materia seca en forraje verde, en silo y en semilla es mayor comparado con los testigos comerciales usados en la investigación (Cayuse, Avenar y Cajicá). Esta nueva variedad es el producto de una introducción de materiales genéticos en un vivero internacional del CIMMYT (Vivero Internacional de observación de enfermedades- VEOLA, 1992 como se citó en AGROSAVIA)

Durante los últimos diez años, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha liberado variedades de avena para siembras de temporal con mayor rendimiento de forraje y grano que las utilizadas tradicionalmente y, mayor resistencia al acame. Estos nuevos cultivares son precoces, tolerantes a sequía y enfermedades (Villaseñor et al., 2008) como se citó en Bobadilla et al. 2013). Y aunque superan en rendimiento y tolerancia a la variedad Chihuahua, es importante definir la tecnología de producción, que permita obtener semilla de calidad para el mercado. (Bobadilla. Meléndez. Gámez. Ávila. García. Espitia. Moran. Covarrubias. 2013).

Existe un amplio grupo de variedades; entre otras, 'Adamo', 'Aintree', 'Alcudia', 'Anchuela', 'Araceli', 'Celeche', 'Canelle', 'Chambord', 'Chimene' y 'Cobena' y 'Orblanch'. Se encuentran también variedades con mayor resistencia al desgranado, aconsejables cuando se desea pastar la planta entera espigada. Existen otras especies de avena, como la avena roja (*Avena bizantina*) y la avena negra (*A. strigosa*), que tienen un gran valor forrajero en secanos de menor pluviosidad. (El Herbario UPNA. 2005.)

### 5.3.2. Valor nutricional

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

La avena es un cereal muy valorado por sus propiedades alimentarias ya que aporta energía y fibra, el valor nutricional del grano de avena es superior al de otros cereales, al ser más rico en aminoácidos esenciales como lisina. (Cruz. 2007)

Es el cereal forrajero que aporta mayores rendimientos en buenas condiciones hídricas, pudiendo llegar a producir 11 t ms/ha de forraje las avenas de invierno, de ciclo largo y más productivas. El forraje es muy apetecible y de gran valor nutritivo, aunque de bajo contenido proteico. Las producciones de grano oscilan entre las 1-3 t/ha. El valor nutricional del grano de avena es superior al de otros cereales, debido a su riqueza en aminoácidos esenciales como la lisina (tabla 3). (El herbario UPNA. 2005).

**Tabla 3.** Composición de la avena en la época de floración

| Composición de la avena<br>En 100 g de sustancia |     |
|--|-----|
| agua   | 77  |
| Materia no nitrogenada                           | 10  |
| celulosa   | 8   |
| Materias minerales                               | 2.5 |
| Proteínas  | 1.9 |
| Materia grasa                                    | 0.6 |

Fuente (García, 2007 como se citó en Moreno. A. 2016)

El grano seco (<17% humedad) se cosecha entre los 154 a 218 días dependiendo de la altitud del lugar de siembra sirve como complemento para la alimentación animal. (CORPOICA, 2003) El valor nutricional del grano de avena es superior al de otros cereales, al ser la avena más rica en aminoácidos esenciales, especialmente en lisina. El contenido en proteínas digestibles del grano de avena es mayor que en maíz y también tiene una mayor riqueza en materia grasa que la cebada y el trigo. (Tabla 4) (Moreno. 2016)

**Tabla 4.** Composición del grano de avena

| composición del grano de avena en 100 g<br>de sustancia |      |
|---|------|
| Hidratos de carbono                                     | 58.2 |
| agua  | 13.3 |
| Celulosa  | 10.3 |
| Proteína  | 10.0 |
| Materia grasa   | 4.8  |
| Materias minerales                                      | 3.1  |

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

Fuente: (Moreno. 2016).

Los granos de cereales representan la principal fuente de proteína para alimentación humana y animal en todo el mundo, la avena es conocida por su alto tenor y calidad proteica. En términos generales se puede decir que el maíz tiene un 9%, el arroz y el trigo un 11% y la avena con cascara un 12.5%. (Wehrhahne. 2009).

La paja de cereales se usa de preferencia como cama caliente en galpones en los sistemas de producción animal intensivos y en menor medida como alimento. Las pajas se caracterizan por tener una baja digestibilidad (alrededor de 50%), bajo contenido de energía metabolizable, bajo contenido de proteína cruda y un bajo aporte de vitaminas y minerales (tabla 5). (Catrileo. 2015)

**Tabla 5.** Composición de la paja de avena

| composición de la paja de avena en 100 g de sustancia |      |
|---|------|
| celulosa  | 41.2 |
| Materia no nitrogenada                                | 35.6 |
| agua  | 14.3 |
| Materias minerales                                    | 4.4  |
| proteínas   | 2.5  |
| Materia grasa   | 2    |

Fuente: (Catrileo. 2015)

Contiene concentraciones significativamente altas de carbohidratos fermentables (almidones), razón por la cual es cultivada como forraje para la alimentación del ganado (Assefa y Ledin, 2001).

Es una gramínea que tiene un contenido nutricional bastante alto en energía, que la convierte en una opción alimenticia viable (Sarmiento, 2014).

### 5.3.3. Componentes químicos

#### Componentes químicos de "la avena forrajera"

- Almidón
- Lípidos
- Abundantes sales minerales :hierro (39 mg/100 mg peso seco), zinc (19 mg/100 mg peso seco) o magnesio (8,5 mg/100 mg peso seco)

#### Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)

- Flavones
- Fitosterols
- Vitaminas: A, B1, B2, PP, E y D
- Abundantes sales silíciques
- Carotinoides
- Alcaloides

**Las hojas contienen:**

Sales silíciques y saponinas esterificadas de tipos de fructosa.

(Moreno. A. 2016)

El grano de avena está compuesto por un 3% de embrión, un 30% de salvado y un 57% de endospermo harinoso, aunque estas proporciones pueden oscilar notablemente entre diferentes variedades y con la climatología y condiciones de cultivo, el grano tiene un elevado contenido de grasa (4.9%) insaturada 35% de ácido oleico y 39% inoleico. Es un cereal pobre en calcio y en vitaminas D, B2 y niacina. (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal.2016).

**5.3.4. Requerimientos edafoclimáticos**

El cultivo de avena requiere suficiente agua para su desarrollo según estudios la función de agua-producción para avena forrajera respondió a una ecuación de segundo orden con un máximo en 390 mm de agua aplicada para todo el ciclo del cultivo para una producción media de 22 t ha<sup>-1</sup>. (Terán. Murcia. García. 2014)

La avena es considerada una planta de estación fría, localizándose las mayores áreas de producción en los climas templados más fríos, aunque posee una resistencia al frío menor que la cebada y el trigo. Es una planta muy sensible a las altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano. (Cardenas.2006).

Sensibilidad a heladas: Resistente. Etapa o parte más sensible a heladas: Floración a llenado de grano. Temperatura crítica o de daño por heladas: -2 C°. Temperatura base o mínima de crecimiento: 4 C°. Rango de temperatura óptima de crecimiento: 19 a 26 C°. Límite máximo de temperatura de crecimiento: 35 C°. Temp. mínima, óptima y máxima de germinación: 3 18-24 35 C°. Suma térmica (t > 10c°) entre siembra y cosecha: 400 a 650 días-grados Requerimientos de vernalización: Requiere un período de frío.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

Requerimientos de fotoperiodo: Días largos (> 14 hrs). Son esenciales en algún momento del ciclo de vida. (Montt. 1989)

### **5.3.5. Siembra**

En Colombia se cultiva desde los 1.600 hasta los 4.000 metros sobre el nivel del mar, en zonas con una precipitación promedia anual entre 450 y 1.800 milímetros y temperaturas promedio de 6 a 19 grados centígrados. Para sembrar una hectárea se requieren aproximadamente 100 kilos de semilla. Si la siembra se realiza en terrenos previamente cultivados con papa, arveja u otro similar, sólo se requiere un pase de rastrillo. (Domínguez. 2002)

El tiempo de siembra es recomendado en época de lluvias, la densidad de siembra por unidad de superficie está en función del poder germinativo, de la pureza y de la capacidad de macollamiento que caracteriza a la variedad. Se recomienda utilizar semilla certificada en las siguientes cantidades: para obtención de semilla 65kg/ha, para obtención de forraje 120kg/ha. (Fuentes. 1984).

Se recomienda utilizar de 80 a 110 kilogramos de semilla por hectárea, con un porcentaje mínimo de germinación del 85%, para asegurar una buena población de plantas (Jurado. Lara. y Sierra. s.f).

La densidad de siembra es un factor importante en el manejo del cultivo del que depende la obtención de altos rendimientos; altas dosis de siembra provocan un menor amacollamiento, tallos débiles y propensos al acame, además de mayor demanda de fertilizante. Si no se logra una densidad óptima se pueden inducir incrementos en los costos de producción y menores rendimientos.(Bobadilla.et al. 2013).

La avena se siembra en surcos separados veinte centímetros entre sí. Ésta es la forma más recomendable, sobre todo en terrenos compactos y algo secos, pues así es más fácil mantener el terreno libre de malas hierbas. La cantidad de semilla que se necesita suele ser variable. En general, el agricultor utilizará entre cien y 150 kilos de semilla por cada hectárea, para obtener una densidad de 250 plantas por metro cuadrado. Si se siembra al voleo, es decir, arrojando la semilla al aire, se dan dos pases cruzados para que quede mejor distribuida. (Martínez. 2012.)

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

### 5.3.6. Fertilización

Para que un cultivo sea eficiente, es importante conocer las condiciones y propiedades de los suelos donde se va a cultivar, especialmente el cultivo de avena requiere una fuerte fertilización. (AGROSAVIA.2018)

La respuesta al silicio por parte de la avena no ha sido comprobada, como sí lo ha sido en otros cultivos de especies gramíneas, los cuales mostraron respuestas positivas en producción. La investigación pretendió evaluar el efecto benéfico del silicio mediante curvas de crecimiento de los componentes de rendimiento (macollas, altura de planta, diámetro de tallo y materia seca de tallo y raíz), teniendo como factor principal épocas de aplicación (presembrado y macollamiento) y factor secundario dosis (0, 50, 100, 150 y 200 mg·kg<sup>-1</sup> de ácido monosilícico como fuente de mayor asimilación en los cultivos). En condiciones de campo, el silicio puede estimular el crecimiento (entendido como la acumulación irreversible de materia seca, que se asocia a procesos de elongación y crecimiento celular) (Loaiza, 2003) y la productividad por aumentar la disponibilidad de elementos como el P, Ca, Mg, K y B, al contrarrestar el antagonismo generado en suelos con alta saturación de aluminio y hierro (Epstein y Bloom, 2005; Hodson y Evans, 1995). Se recomienda aplicar un fertilizante completo al momento de la siembra 10-30-10 a razón de 200-300 kg/ha, cuando la planta alcanza una altura de 25-30 cm se aconseja aplicar 50 kg/h a de urea, de cualquier forma, las fuentes, dosis y frecuencias de aplicación de los fertilizantes se hacen con base a un análisis químico previo del suelo. (Arguelles. y Alarcón. s.f)

Se recomienda la aplicación de fertilizantes orgánicos acompañado de fertilizantes inorgánicos ya que los nutrientes de los fertilizantes inorgánicos, su efecto en la nutrición de las plantas es directo y rápido, comparación con los abonos orgánicos que liberan algunos nutrientes a una manera más lenta, ya que este proceso depende directamente de la actividad microbiana en el suelo y de algunos factores abióticos; ello dificulta garantizar las necesidades nutricionales de los cultivos inmediatamente después de su aplicación, pero que si pueden estar disponibles para la etapa final o nuevas siembras (Torres. Ariza. Baena. Cortés. Becerra. y Riaño. 2016)

Según (Borda. Barón. y Gómez. 2007) “El aporte de silicio a las plantas de avena, evidencia variante en la respuesta de crecimiento en ganancia de materia seca, provocando elongación celular, mayor turgencia y conversión eficiente de asimilados. Lo anterior se manifiesta en el incremento de altura y diámetro de tallo”

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

Debido a que el sistema radicular de la avena es más profundo y desarrollado que el del trigo y la cebada, le permite aprovechar mejor los nutrientes del suelo, por tanto, requiere menos aportes de fertilizantes. La avena responde muy bien al abonado nitrogenado, aunque es sensible al encamado cuando se aplica a altas dosis. Esta aplicación se recomienda al momento de la siembra, el N se fracciona 50% en la siembra y 50 % en el inicio del macollo (tabla 6). (INIAP. 2011).

**Tabla 6.**Fertilización Recomendada en Avena

| <b>Fertilización del suelo</b> | <b>N</b> | <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b> | <b>K<sub>2</sub>O</b> |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------|-----------------------|
| Bajo                           | 60       | 80                                | 60                    |
| Medio                          | 40       | 50                                | 40                    |
| Alto                           | 20       | 20                                | 20                    |

Fuente: (INIAP, 2011)

### **5.3.7. Manejo**

La avena es una especie a la que no se le pega ni el frío ni las heladas, aunque es susceptible a la sequía", dice Ricardo Méndez, quien recomienda aplicar riego, especialmente en los primeros dos meses de establecido. Igualmente dice "si se siembra en época de sequía, se debe regar cada 10 días". (Domínguez. 2002)

La avena es una planta de climas fríos, muy sensible a las altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano. Exige mucha agua para su desarrollo porque presenta gran transpiración. Es poco exigente en suelos, pues se adapta a terrenos muy diversos. Prefiere los profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal, pero sin exceso, y que retengan la humedad. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, por tanto, suele sembrarse en tierras ricas en materias orgánicas. (Martínez. 2012.)

El manejo del cultivo de avena forrajera es relativamente sencillo, al respecto se han realizado diferentes trabajos de investigación y producto de ello se han generado alternativas tecnológicas de tipo tradicional y mecanizado. (Argote. y Ruiz. 2011).

### **5.3.8. Plagas y enfermedades**

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

La roya del tallo es la principal enfermedad que afecta el cultivo de avena, una forma muy rentable de prevenir daños es la siembra de variedades resistentes y tolerantes. (García. Games. Medina. Games. y Espitia. 2008)

El manejo de adversidades es fundamental para obtener cultivos con altos rendimientos y calidad. Tanto la biomasa como la calidad de forraje y grano son afectadas por patógenos fúngicos, siendo las royas las enfermedades más ampliamente conocidas y destructivas de este cereal. Estas se presentan en casi todas las áreas del mundo en donde se cultiva avena, afectando a cualquier parte de la planta que se encuentre sobre la superficie del suelo, desde la etapa de plántula hasta e llenado de grano. Se destaca la «roya de la hoja» (*Pucciniacoronata f. sp. Avena (P. Sido, y Sido)*) como la enfermedad fúngica más importante en el mundo. Las pérdidas provocadas por roya de la hoja pueden llegar al 32 % de la materia seca y a un 26 % en producción de grano. Otro de los patógenos de importancia que afecta al cultivo es *Pyrenophoraavenaeavenaeto* et Kurib, anamorfo *Drechsleraavenae* (Eidam) Sharif (causal de mancha de la hoja). Un aspecto fundamental para el manejo de las enfermedades foliares (principalmente roya de la hoja), es el uso de variedades resistentes; Un método usual de control es la aplicación de fungicidas del grupo de los triazoles y estrobilurinas, que permiten controlar los patógenos, reduciendo las pérdidas de rendimiento. El agregado de fertilizantes nitrogenados (N) es otra de las prácticas difundidas en el cultivo. La fertilización N produce un rápido crecimiento y un gran aumento de producción de materia seca, y la respuesta varía básicamente de acuerdo a la fuente de N empleada, el momento de aplicación, la dosis y contenido de humedad y nitratos del suelo. Sin embargo, una mayor dotación de N puede favorecer el desarrollo de enfermedades biotróficas como las royas. (Dietz. Schierenbeck. Martínez. y Simón. 2016)

El cultivo de avena se ve muy afectado por enfermedades fungosas como son: los hongos fitopatógenos: *Helminthosporium sativum*, *H. victoriae*, *H. avenae*, *Pucciniacoronata*, *P. graminis f. sp. avenae*, *Curvularia* sp., y los saprófitos *Alternaria* sp., y *Phoma* sp. (Leyva. Sillas. Villaseñor. Mariscal. Rodríguez. 2013).

### 5.3.9. Cosecha

Investigaciones han mostrado que en la avena existen contrastes de la máxima producción de forraje y la alta calidad nutritiva, esto se debe al estado de madurez en la que se encuentra la planta. Si la intención del productor es obtener un alto contenido de proteína y niveles bajos de fibra, el momento óptimo del corte es en estado vegetativo.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

Mientras que, en las cosechas en estado de grano avanzado, se han obtenido los mayores rendimientos de forraje, pero con cantidades bajas de proteína. Lo anterior está muy ligado a las fracciones morfológicas de la avena; en estado vegetativo la acumulación de hojas es alta, conforme empieza a crecer la planta el porcentaje de hojas disminuye, y el de tallo aumenta. Un estado óptimo para maximizar los rendimientos por hectárea, es en la etapa de lechoso-masoso a masoso-suave que se da cuando más del 50% del cultivo tiene el 25% de las espigas en estas condiciones. Cuando el corte se realiza en esta etapa, las características nutricionales del forraje, como digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro, se consideran de buena calidad. Uno de los criterios importantes en la selección de alguna variedad de avena es la composición de la biomasa; se ha reportado que la cantidad de las partes que la conforman, tallo, inflorescencia y hoja, están muy ligadas a localidad nutritiva del forraje y además tienen mayor preferencia de consumo por el animal. Sin embargo, la producción de este cultivo está muy influenciada por la interacción genotipo ambiente. (Ricardo. Sánchez. Gutiérrez. Serna. Gutiérrez. Espinoza. 2014).

La mejor etapa fenológica de corte para maximizar cantidad de forraje son los estados lechoso y masoso del grano, donde se alcanzan producciones de hasta 19  $\text{tha}^{-1}$  de materia seca; sin embargo, si el propósito es calidad, la mejor etapa de corte es embuche, ya que se llega a obtener hasta 24% de proteína. El rendimiento y calidad de avena forrajera se encuentran altamente influenciados por la interacción genotipo-ambiente, no solamente en el espacio también a través del tiempo. (Espitia. Villaseñor. Tovar. Olán. Y Limón. 2012)

El estado fenológico de las plantas es un buen indicador de su calidad nutricional, ya que existe una relación de este parámetro con los contenidos de proteína, energía, fibra y minerales. Así, un forraje en estado de hojas, tiene normalmente un alto porcentaje de proteína y alta concentración de energía. En la medida que aparecen los tallos, la planta se hace más fibrosa y lignificada y pierde calidad. (Dumontl. Anrique y Alomar. 2005)

Cuando se siembra para ofrecerlo al ganado como pasto tierno, se le pueden hacer al cultivo hasta tres cortes, a intervalos de cuatro meses. Sin embargo, se recomienda su uso especialmente para ensilar, por lo que se cosecha una sola vez a los 110 o 160 días después de la siembra. (Domínguez. 2002)

Esta lista para el corte entre los 100 a 120 días después de la siembra cuando el grano llega ha estado lechoso pastoso, (Villegas. Pardo. Llanos y Carulla. 2014).

Cuando el corte se realiza en esta etapa, las características nutricionales del forraje, como digestibilidad *in vitro*, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

neutro, se consideran de buena calidad, (Núñez. Payán. Peña. González. Ruiz y Arzola. 2010)

#### **5.4. Nutrientes más elementales en la composición química de los forrajes**

##### **5.4.1. Materia seca**

El agua contenida en la muestra será evaporada mediante el calor, del resultado de esta se obtendrá la cantidad de materia libre de agua correspondiente a la materia seca. (Loayza. 2016).

La materia seca la compone la proteína cruda, grasa, ácidos grasos, ácidos orgánicos, vitaminas, carbohidratos, lípidos, fibra cruda y cenizas o minerales. (Granados. 2010).

##### **5.4.2. Proteína**

La proteína es un compuesto que contiene nitrógeno, el principal componente del músculo y la sangre, son las sustancias más importantes para el organismo. La proteína de los alimentos se absorbe en forma de péptido amino y se re-sintetiza a proteína en el cuerpo. Los microorganismos de los animales rumiantes pueden utilizar nitrógeno no proteico (NPN) en el rumen sintetizándose una proteína bacteriana. (Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. 2016).

Tanto las proteínas de origen animal como vegetal, varían en su estructura, su valor nutricional y valor biológico. Están constituidas por aminoácidos (grupos amino, NH<sub>2</sub>) los cuales son indispensables para el crecimiento, el mantenimiento de los tejidos corporales, la reproducción y lactancia y en algunos casos se usan como fuente de energía. El valor nutricional varía dependiendo de su composición de aminoácidos esenciales o no esenciales, los animales tienen la facultad de sintetizar aminoácidos esenciales a partir de aminoácidos no esenciales. Los animales jóvenes tienen mayor requerimiento de proteína, para formar tejidos durante el crecimiento, pero a medida que alcanzan su madurez, los requerimientos proteicos van disminuyendo. (Barreto. 2010).

Las plantas sintetizan proteínas a partir de compuestos nitrogenados simples que toman del suelo y los combinan con carbohidratos simples, en cambio los animales construyen

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

sus proteínas a partir de los aminoácidos que resultan de la digestión de las proteínas vegetales y animales que se desintegran en aminoácidos por efecto de los ácidos del tracto digestivo o de las enzimas de los microorganismos. (Barreto. 2010).

A medida que las proteínas y el NNP entran al rumen, son atacadas por enzimas microbianas, formándose péptidos. Éstos son degradados a aminoácidos y utilizados para la formación de proteína microbiana, o son degradados todavía más para la producción de energía a través de la vía de los AGV. En el rumen, cierta cantidad de proteína del alimento, puede escapar a la digestión ruminal y pasar al intestino sin modificarse; a ésta se le denomina proteína no degradada. La proteína microbiana, representada por los cuerpos celulares de los microorganismos, junto con las proteínas de la ración que no fueron modificadas por los microorganismos a través del omaso y abomaso, se dirigen hacia el intestino donde son digeridas por acción de varias enzimas. El crecimiento microbiano depende del aporte de nutrientes y de la velocidad a la cual los microorganismos del rumen se recambian. Las proteínas, el nitrógeno no proteico (NNP) y los carbohidratos, son utilizados para la producción ruminal de microbios, AGV, amoníaco, metano y bióxido de carbono. (Lanuza. s.f)

Las proteínas son compuestos químicos muy complejos que se encuentran en todas las células vivas, constituidas hasta por 20 aminoácidos distintos. A nivel elemental, las proteínas contienen 50-55% de carbono, 6-7% de hidrógeno, 20- 23% de oxígeno, 12-19% de nitrógeno y 0.2-3.0% de azufre (Damodaran, 2000). Las proteínas difieren en su valor nutritivo, a estas diferencias contribuyen varios factores, como contenido de aminoácidos esenciales, la digestibilidad de la proteína, la conformación proteica, factores anti-nutricionales, unión a otros componentes y el proceso a que son sometidos (Damodaran. 2000). Como cito en (Molano. 2012).

### **5.4.3. La fibra**

La fibra juega un papel muy importante dentro de la alimentación del ganado lechero y rumiantes en general. Es indispensable para mantenerla funcionalidad ruminal, estimular el masticado y la rumia y mantener un pH ruminal adecuado que permita la buena salud y digestión. (Cruz. y Sánchez. 2000)

La fibra se encuentra como un componente de las paredes celulares en los forrajes, y está representada por la celulosa, la hemicelulosa, la lignina, y la fibra soluble (pectinas, fructosanos, galactanos, y glucanos). Se considera como un carbohidrato no digerible por

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

enzimas animales, pero puede ser utilizado potencialmente por los microorganismos rúmiales. Un nivel alto de fibra en la ración no siempre indica que la dieta tiene suficiente fibra efectiva para promover una buena salud ruminal, sobre todo, si este forraje está muy molido. (Garza. 2018.)

#### **5.4.3.1. Celulosa**

Está formada por moléculas de glucosa unidas mediante enlaces tipo  $\beta$ , la celulosa suele ser más digestible en los rumiantes que en los monogástricos. (Bach. y Calsamiglia. 2006)

#### **5.4.3.2. Hemicelulosa**

Esta fracción de la pared celular de las plantas está relacionada con las gomas vegetales, se encuentra en menor cantidad que la celulosa y su estructura química es de menor tamaño comparada con la celulosa. Deriva de las cadenas de pentosas y actúa como cemento, junto con la celulosa y fibrillas vegetales. Está conformado por xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, ácidos irónicos. Cabe señalar que la concentración tanto de xilosa y arabinosa se ha utilizado como indicador de la calidad del forraje. (Sergio. y Ángeles.s. f)

La hemicelulosa suele ser más digestible en los monogástricos que en los rumiantes. (Bach. y Calsamiglia. 2006).

#### **5.4.3.3. Lignina**

La lignina es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono. La composición o distribución de los tres componentes en esas redes varía dependiendo del tipo de planta. La lignina está presente en todas las plantas vasculares, y al igual que muchos otros componentes de la biomasa, se forma mediante la reacción de fotosíntesis. (Chávez. Domine. 2013).

La fibra puede ser degradada únicamente en el rumen y el grado de lignificación de la pared celular es una de las principales limitantes a la digestión. La estructura física de la pared celular y cómo se relacionan la lignina con la celulosa y la hemicelulosa también

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

afecta la degradación ruminal de la fibra. Por lo tanto, a pesar que las leguminosas poseen un mayor contenido de lignina que las gramíneas, estas últimas poseen una menor tasa de digestión de la pared celular a causa de la forma en que la lignina se relaciona con la celulosa y la hemicelulosa, provocando un mayor llenado ruminal y en consecuencia un menor consumo. (Palladino. Wawrzkieicz. Bargo. 2006.)

#### 5.4.4. Fibra detergente neutra (FDN)

La fibra de.tergente neutra se utiliza para calcular la energía que derivará de la comida ingerida por el animal. Estos cálculos son muy importantes para determinar cuánta comida se le debe administrar. La fibra detergente neutra se utiliza para calcular cuánta comida puede ingerir un animal. Existe un límite para cuánta comida entrará en un animal cada vez. Por ejemplo, una vaca comerá hasta que la primera cavidad de su estómago, también llamada rumen, se llene. Una vez que esa cámara esté llena, la vaca no comerá hasta que la comida se mueva a los intestinos o se digiera. (Carpenter. 2017).

Cuando un forraje tiene una FDN muy alta, está correlacionado negativamente con el menor consumo, es decir, el animal se llena más rápido. Si un forraje tiene una FDN más baja, a la vaca le cabe más comida en el rumen y puede dar mayor cantidad de leche (tabla 7). (Noreña. 2017)

**Tabla 7.** Requerimientos de FDN que debería tener nuestros forrajes de acuerdo con la NRC (National Research Council).

| <b>Vacas lactantes</b>                          | <b>FDN (% de MS)</b> |
|---|----------------------|
| Muy alta producción, >45 kg/día                 | 26                   |
| Alta producción, 32-45 kg/día                   | 28                   |
| Mediana producción, 20-32 kg/día                | 32,5                 |
| Baja producción, <20 kg/día                     | 39                   |
| Inicio de lactancia(3 – 4 semanas de lactancia) | 36                   |
| Vacas secas                                     | 50                   |
| <b>Novillas</b>                                 |                      |
| Menos de 180 kg                                 | 34                   |
| De 180 a 364 kg                                 | 42                   |
| De 364 a 545 kg                                 | 50                   |

Fuente: (NRC y University Dairy Ration Analyzer, 1989. Como se citó en Varón, B. 2011).

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

#### **5.4.5. Fibra detergente ácido (FDA)**

Representa el residuo que se obtiene tras un lavado del ingrediente usando una solución ácido detergente. La FDA incluye celulosa, lignina, además residuos de nitrógeno y minerales. (Bach. y Calsamiglia. 2006)

Es la cuantificación de la celulosa y la lignina. A medida que el contenido de lignina aumenta la digestibilidad de la celulosa disminuye; por lo tanto, el contenido de FDA se correlaciona negativamente con la digestibilidad total del insumo evaluado. (Meléndez. 2015).

La fibra detergente ácida, FDA, está relacionada negativamente con el nivel de digestibilidad. Así pues, cuanto mayor sea este índice, el alimento será menos digerible. (Noreña. 2017).

#### **5.4.6. Cenizas**

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. (Márquez. 2014).

Como componentes de sistemas enzimáticos regulan el metabolismo, contracción muscular, sistema nervioso, coagulación de la sangre, etc. Por todo ello, el mantenimiento de una concentración normal de minerales en los líquidos corporales es vital para el organismo. Los minerales desempeñan un importante papel en el buen funcionamiento del organismo. Las necesidades diarias de minerales son muy pequeñas, sin embargo, su deficiencia puede ser el principio de un sinnúmero de enfermedades, el consumo de cantidades suficientes de minerales hace a los organismos más resistentes a enfermedades ordinarias. (Fernández. 2014)

#### **5.4.7. Extracto etéreo**

Son muy importantes en las plantas y animales, son solubles en éter con el cual son extraídos, por eso se conocen como Extracto Etéreo (EE). Químicamente se denomina como lípidos a todas las grasas y sustancias afines. Las grasas por tener más alta proporción de carbón y energía suministran 2.25 veces más energía que los carbohidratos, y por lo **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera** (*avena sativa*)

tanto se consideran con mayor valor como alimento energético. En los granos y semillas, el Extracto Etéreo (EE) es grasa verdadera, pero en los forrajes gran parte del EE consiste en otras sustancias (más del 50%) como los esteroides (colesterol), carotenos, xantofila, clorofila, fosfolípidos, ceras, etc. (Barreto. 2010).

#### **5.4.8. Digestión de grasas en rumiantes**

La digestión ruminal de los lípidos de la dieta determina la proporción de los distintos ácidos grasos que llega al intestino delgado. La digestibilidad de los ácidos grasos en el intestino delgado depende, a su vez, de la cantidad de lípidos consumida. Ambos hechos deberán considerarse cuando se incluya fuentes de grasa en la dieta de los rumiantes, bien cuando el fin sea influir en los ácidos grasos disponibles para el metabolismo, bien si se pretende aumentar la concentración energética de aquella. (Martínez. Pérez. Pérez. y Gómez. 2010).

Las grasas contenidas en el alimento de los rumiantes son grasas blandas con una gran proporción de restos de los ácidos grasos no saturados de 18 átomos de carbono, linoleico, linoleico, en el rumen son hidrolizadas las grasas insaturadas por las bacterias, pero el fenómeno más interesante que tiene lugar es su “endurecimiento” por hidrogenación de los ácidos grasos no saturados. Este proceso es de gran importancia, pues determina la composición de las grasas animales, que son ricas en ácidos saturados de 18 átomos de carbono, esteárico, así tenemos que las grasas del buey que pastan es generalmente más dura que el caballo que come los mismos pastos. (Gélvez. 2018.)

#### **5.5. Requerimientos nutricionales en bovinos**

Nuestros análisis indican que una predicción precisa de los requerimientos depende de la posibilidad de estimar éstos y la disponibilidad de carbohidratos, proteína, crecimiento microbiano, TND, EM, EN, incremento calórico (HI), proteína metabolizable (PM), proteína neta y aminoácidos esenciales degradados en el animal. La formulación de raciones para cubrir los cambiantes requerimientos nutritivos del ganado requiere que se consideren los factores que influyen sobre los mismos y la disponibilidad de energía y aminoácidos absorbidos (tabla 8). (Fox. Juárez. Pell. Lann. s.f.).

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

**Tabla 8.** Requerimientos nutricionales de una vaca de doble propósito

| <b>NUTRIENTE</b> | <b>REQUERIMIENTO POR DIA</b> |
|------------------|------------------------------|
| Proteína         | 820 gr                       |
| Energía          | 14.0 Mcal                    |
| Calcio           | 20.0 gr                      |
| fosforo          | 1 6.0                        |

Fuente: (Orozco. 2005)

El mantenimiento y crecimiento de los bovinos requiere de Proteína Metabolizable (PM) (proteína verdadera absorbida en el intestino) y energía en los tejidos en proporciones adecuadas según el tamaño y la composición de la ganancia de peso. El origen de la PM es la Proteína Microbiana (Pmo), resultado del crecimiento de los microorganismos ruminales a partir de la energía y la Proteína Degradable en Rumen (PDR) del alimento, y la Proteína No Degradable (PND) que es la que pasa sin modificaciones por el rumen. Ambas, Pmo y PND una vez en intestino delgado son degradadas por las enzimas a estructuras de menor complejidad (amino ácidos, péptidos) y absorbidas conformando la PM, que es la que utiliza el bovino (tabla 9). (Mac. 2011).

**Tabla 9.** Requerimientos nutricionales de un torete cebuino de 300 kg de peso

| <b>NUTRIENTE</b>                 | <b>REQUERIMIENTO POR DIA</b> |
|----------------------------------|------------------------------|
| Proteína                         | 820 gr                       |
| Energía neta de mantenimiento    | 6,1 Mcal                     |
| Energía neta de ganancia de peso | 1,7 Mcal                     |
| Calcio                           | 21 gr                        |
| fosforo                          | 12 gr                        |

Fuente: (Orozco. 2005)

## **5.6. Métodos para analizar la composición química de los forrajes**

### **5.6.1. Materia seca**

La determinación del contenido en agua de los alimentos es esencial para los nutricionistas y el ganadero. El agua diluye el valor nutritivo por unidad de peso y aumenta el coste neto de los nutrientes, los alimentos contienen agua en diversas formas. Las partículas coloidales en las paredes y constituyentes celulares, tales como proteínas,

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

almidones y celulosa, pueden absorber agua y retener agua fuertemente. Otras veces, se encuentra como agua de hidratación en combinación con carbohidratos, polisacáridos y diversas sales. (De La Roza. Martínez y Argamentería. 2002).

Esta técnica se basa en la evaporación total de agua entre 100 y 105c° hasta peso constante. Se considera que la pérdida de peso es agua. (Acero. 2007).

### **5.6.2. Proteína**

Para esta prueba de proteína se toman muestras y se tratan a través de un procedimiento de determinación estandarizado desde hace muchos años conocido como Proceso Kjeldahl. El material es digerido con reactivos de alta capacidad los cuales liberan cada uno de los componentes elementales de la muestra, que, en este caso, es el nitrógeno el que interesa valorar. Las proteínas están compuestas principalmente por el nitrógeno, el cual, siendo contabilizado, permite a través de una sencilla conversión numérica, obtener el valor de proteína en los forrajes y en general de los compuestos orgánicos. A través de un método indirecto de valoración con soluciones que reaccionan al detectar diferencias entre los grados de acidez de las muestras, se determina el porcentaje de nitrógeno contenido, el cual permitirá conocer la composición proteica del pasto al multiplicarse por el factor 6,25. (Mora. 2012)

### **5.6.3. Fibra detergente neutra (FDN)**

Se pesan 0.5g de muestra secada y molida en malla de 1 mm, en un vaso de Berzelius de 600 MI; agregue 100 MI de solución detergente neutro. Colóquelo en la parrilla caliente a que hierva en 5 o 6 minutos. Ajuste el calentamiento a que el hervor sea uniforme, registre el tiempo al inicio del hervor. Cuando varias muestras son manejadas, permita un tiempo de 3 minutos entre cada determinación. Coloque un crisol pesado en la unidad de filtrado. Caliente el crisol adicionando agua hirviendo y permitiendo que se filtre. Después de 60 minutos de reflujo, remueva el vaso de Berzelius, agite para suspender las partículas, y llene el crisol hasta  $\frac{3}{4}$  su capacidad. Permita que se asiente por 10-15 segundos. Usando vacío al mínimo, empiece el proceso de filtrado. Incremente el vacío de acuerdo a la velocidad de filtración. Enjuague la muestra en el vaso con un mínimo de agua caliente. Lave la muestra dos veces con agua caliente, dos veces con acetona y filtre hasta secado. Seque los crisoles por 8 horas o toda la noche a 105o C en una estufa de aire forzado y pese para obtener la pared celular. Incinere los crisoles a 525o C por 3 horas, poner en estufa a 100o C y pesar. La pérdida de peso es la pared celular libre de cenizas. Las muestras de

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

forrajes pueden traer contaminación con tierra y/o contener sílica biológica. La sílica biológica es disuelta por la solución FDN, mientras que los minerales del suelo son generalmente insolubles. (Juárez. Y Montero. s.f)

Fibra detergente neutra (FDN): es la porción de la muestra que es insoluble en un detergente neutro. Está básicamente compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice, y se la denomina pared celular. Se considera que a mayor FDN menor consumo de Materia Seca. (Almeida. 2014).

#### **5.6.4. Fibra detergente ácido (FDA)**

La FDA disuelve la hemicelulosa de la pared celular, que es la porción más digestible de la pared celular, los demás residuos contienen lignina y celulosa y no se disuelven en detergente ácido. Estos detergentes separan la materia seca del alimento en componentes digestible e indigestible. La FDA es el mejor indicador de digestibilidad en el forraje, debido a su alto contenido de lignina, correlacionándose la lignina como indicador de baja digestibilidad del forraje. La FDN siempre será más alta que la FDA, puesto que la FDA no contiene la hemicelulosa. Actualmente el término FDN y FDA están reemplazando el término de fibra cruda como medida nutricional de los pastos. (Casallas. 2104).

#### **5.6.5. Cenizas**

Se emplearon muestras molidas, secas y libres de grasa para las determinaciones. Las muestras se colocaron en mufla a 550 °C, hasta obtener ceniza blanca, libre de carbono, según el método directo AOAC N° 968.08 o mét. 4.8.02 (D) -16th Ed. (Maldonado. y Sammán. 2000).

Las cenizas se determinan como el residuo que queda al quemar en un horno o mufla los componentes orgánicos a 550 °C durante 5 h. En ocasiones es interesante determinar las cenizas insolubles en ácido clorhídrico, que pretenden representar el contenido del alimento en minerales indigestibles. Como ya se ha descrito; se habla de cenizas se remite al residuo inorgánico que queda tras eliminar totalmente los compuestos orgánicos existentes en la muestra, si bien hay que tener en cuenta que en él no se encuentran los mismos elementos que en la muestra intacta, ya que hay pérdidas de volatilización y por conversión e interacción entre los constituyentes químicos. A pesar de estas limitaciones, el sistema es útil para concretar la calidad de algunos alimentos cuyo contenido encenizas

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

totales, o sus determinaciones derivadas que son cenizas solubles en agua, alcalinidad de las cenizas y cenizas insolubles en ácido, está bien definido. (Martínez. S.f).

#### **5.6.6. Extracto etéreo**

El éter se evapora y condensa continuamente a través de una muestra, con lo cual se extraen los materiales solubles en éter como la grasa. El extracto se recoge en un beaker, el éter se destila y se recolecta en otro recipiente y la grasa cruda que queda en el beaker, se seca y se pesa. (Barreto. 2010).

Se denomina extracto etéreo o grasa bruta al conjunto de sustancias de un alimento que se extraen con éter etílico (ésteres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres). La extracción consiste en someter la muestra exenta de agua (deshidratada) a un proceso de extracción continua (Soxhlet) utilizando como extractante éter etílico. (Zamora. 2008)

#### **5.7. Otras investigaciones**

En el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Osorno, Chile. Se realizó una investigación, para conocer el efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. Hubo un aumento significativo ( $P < 0,001$ ) en el rendimiento de forraje con el avance de madurez de la avena. En la primera temporada el rendimiento de MS fue mayor ( $P < 0,05$ ) con una tasa promedio de crecimiento entre siembra y tercer corte de 87,5 kg MS d-1, comparada con un promedio de 74,5 kg MS d-1 para la segunda temporada. El contenido de MS y de fibra (FC, FDA) aumentó ( $P < 0,01$ ) con la madurez del cultivo, independientemente del método de determinación de MS. Desde el estado de elongación de tallos a inicio de emergencia, el contenido de MS aumentó a una tasa más baja que el contenido de fibra (1,2 vs. 2,2% diario, respectivamente), tendencia que se invirtió posteriormente hasta el estado de grano lechoso. Entre los estados fenológicos extremos, el incremento de MS representó 89,8 y 78% para secado por estufa y destilación por tolueno, respectivamente, lo que equivale a una tasa diaria promedio de 0,38 unidades porcentuales. La concentración de PC, CT, EE y la digestibilidad (valor D) disminuyó desde el estado vegetativo hasta pasado el inicio de emergencia de panoja y posteriormente se redujo a una tasa menor para tender a estabilizarse hacia el estado tardío. La tasa promedio diaria de disminución conjunta de la PC, CT y EE entre elongación de tallo y **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera** (*avena sativa*)

emergencia de espiga fue de 2,9% d-1, para luego reducirse a 0,9% por día hasta grano lechoso. Para estas fracciones, las tasas de disminución fueron bastante similares. En cambio, la tasa diaria de disminución de la digestibilidad (valor D) se duplicó pasada la emergencia de espiga (0,54 vs. 1,0 % d-1) (tabla 10). (Dumont. Anrique. y Alomar. 2003)

**Tabla 10.** Composición del ensilaje de avena según estado fenológico y método de determinación del contenido de MS.

|                         | <b>Elongación de tallos (temprano)</b> | <b>Emergencia de panoja (medio)</b> | <b>Grano lechoso pastoso (tardío)</b> |
|-------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Materia seca %</b>   | 12,7                                   | 13,8                                | 24,1                                  |
| <b>Cenizas %</b>        | 11                                     | 9                                   | 7,1                                   |
| <b>Proteína cruda %</b> | 16,6                                   | 11,9                                | 7,6                                   |
| <b>Fibra cruda %</b>    | 30,6                                   | 35,9                                | 34,9                                  |
| <b>FDA %</b>            | 36,2                                   | 42                                  | 41,7                                  |
| <b>E.E %</b>            | 3,9                                    | 3,2                                 | 2,6                                   |
| <b>Valor D %</b>        | 74,1                                   | 71,1                                | 52,3                                  |

Fuente: Dumont. Anrique. y Alomar. (2003)

En el departamento de Nariño, Colombia, se realizó una investigación para conocer el efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbial y rendimiento de avena forrajera donde los mayores rendimientos en materia seca se alcanzaron con sulfato de amonio (7.58 t/ha), cuando la aplicación se hizo en el momento de la siembra, mientras que no se observaron diferencias entre las fuentes cuando se fraccionaron. Al fertilizar a los 45 días el nitrato de potasio fue el más productivo (7.61 t/ha) que el sulfato de amonio (5.63 t/ha) y Colácteos (6.03 t/ha). Al comparar las producciones de materia seca, según la cantidad del fertilizante aplicado, las mejores producciones se alcanzaron con la dosis media de nitrato de potasio, dosis media y alta de sulfato de amonio y dosis alta de Colácteos, es importante anotar que con las dosis altas de nitrato de potasio disminuyó la materia seca. Cuando la aplicación de fertilizante se hizo al momento de la siembra, el contenido de proteína fue mayor con sulfato de amonio (0.99 t/ha), en contraste con el nitrato de potasio (0.42 t/ha) y colácteos (0.38 t/ha). Cuando la aplicación se fraccionó, la producción de proteína mostró el siguiente orden: nitrato de potasio (0.46 t/ha), sulfato de amonio (0.60 t/ha) y colácteos (0.67 t/ha), respectivamente. La aplicación de nitrato de potasio produjo los mayores rendimientos de proteína (0.80 t/ha) en comparación con el

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

sulfato de amonio (0.41 t/ha) y colácteos (0.37 t/ha), cuando se aplicó todo el fertilizante a los 45 días. (Silva. Coral. y Menjivar. 2006)

En un estudio realizado en la Universidad nacional de Colombia. La materia seca en el cultivo aumenta durante todos los estados de desarrollo. En el ensayo realizado en el año 2013 cosechando la avena de ciclo corto (ICA – Cajica), se debe cosechar a los 126 días, cuando se evidenció el estado de madurez adecuado, y no entre los 90 a 100 días recomendados en la ficha técnica, debido a que se logra cosechar un 94% más de materia seca; lo mismo sucedió con la avena de ciclo largo (Everleaf) cosechada a los 190 días, en el estado óptimo de cosecha se logró un 56% más de materia seca, respecto a la existente entre los 140 a 150 días, referenciados en la ficha técnica. (Villegas. Pardo. Llanos. y Carulla. 2014).

En el proyecto alternativas forrajeras para mejorar la competitividad de los sistemas de producción de leche del trópico alto, en cuatro microrregiones de Colombia, los mayores rendimientos de materia seca (70 kg-ha día) se obtuvieron con la línea de avena 608y la variedad Cajicá. No obstante, otras seis líneas de avena tuvieron rendimientos superiores a 60kg-ha día (cuesta. 2006). como se citó en Yepes .2013

Se evaluó la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche; utilizando 18 vacas Holstein entre 2 y 4 partos en primer y segundo tercio de lactancia con un peso vivo (PV) de 585 kg y una producción de leche de 22,0 L/d. El experimento se realizó en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional de Colombia. Se evaluaron tres ofertas de ensilaje (materia seca; MS); 0%, 0,7% y 1,4% del PV, complementados con kikuyo en pastoreo hasta alcanzar una oferta total del 4%. Los animales se suplementaron diariamente con un alimento balanceado. Se estimó el consumo de kikuyo utilizando óxido de cromo (marcador externo) y la fibra en detergente ácido indigerible (marcador interno). El consumo de kikuyo disminuyó ( $p < 0,001$ ) al aumentar la oferta de ensilaje para vacas de primero y segundo tercio. La producción de leche estuvo afectada por la interacción de la oferta kikuyo-ensilaje, tercios de lactancia y días de medición ( $p < 0,01$ ). Al ofrecer ensilaje de avena (0,7% PV) se incrementó la concentración de proteína (0,2 unidades) ( $p < 0,05$ ) y caseína en leche (0,35 unidades) ( $p < 0,05$ ), mientras una oferta de ensilaje de 1,4% PV disminuyó la concentración de proteína (0,15 unidades) e incrementó levemente la concentración de caseína (0,05 unidades) respecto al kikuyo solo en vacas de primer tercio de lactancia ( $p < 0,05$ ). Ofertas de ensilaje de avena tienden ( $p < 0,1$ ) a aumentar la concentración de grasa en leche. (Mojica. Castro. León. Cárdenas. Pabón. Carulla. 2009)

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

En un estudio realizado en la localidad de Arvela, municipio de Guachucal (Nariño). Se evaluó la calidad nutricional, metabolitos secundarios, costos y aceptabilidad para lo cual se probaron cuatro tratamientos así: el testigo de solo avena forrajera (*Avena sativa*), los otros tres con adición del 30% de las arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Braccharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) y 5% de melaza en todos ellos. La investigación mostró resultados adecuados en la composición nutritiva de los ensilajes de avena, avena + acacia, avena + chilca y avena + sauco; con valores apropiados para la alimentación en ovinos. El valor nutricional de los ensilajes enriquecidos con arbustivas fue más alto en cuanto a los contenidos de proteína (11,43% a 18%) y energía, lo que expresa una alternativa para mejorar los parámetros productivos de los animales. Todos los ensilajes evaluados fueron aceptados y consumidos por los rumiantes, revelando la importancia de estas nuevas alternativas de suplementación. (Apraez. Insuasty. Portilla. y Hernández. 2012)

El forraje de avena (*Avena sativa*) se usa extensamente en los sistemas de alimentación pecuaria en el noroeste del Estado de Chihuahua, México. Se evaluó el efecto de la variedad, sistema de siembra y estado de madurez al corte sobre el rendimiento y composición química del forraje de avena, en siete variedades sembradas en surco con contras y en plano sin surco, en condiciones de temporal (secano) en cinco localidades del noroeste de esa entidad. La cosecha se efectuó en tres etapas fenológicas: embuche (EMB), grano masoso (MAS) y madurez fisiológica del grano (MF). Se midió el rendimiento de materia seca (MS) en  $\text{kg ha}^{-1}$ , la composición química del heno (%), y se estimó la materia seca digestible (MSD, %) y la energía neta de lactancia ( $\text{EN}_L$ ,  $\text{Mcal kg}^{-1}$ ). Los tratamientos se distribuyeron en un arreglo experimental de parcelas sub-sub-divididas en un diseño de bloques completos al azar, en el que localidad fue la repetición, la parcela grande fue el sistema de siembra, la mediana el estado de madurez al corte, y la parcela chica la variedad. El sistema de siembra no afectó al rendimiento ( $P = 0.20$ ) ni a la composición química ( $P > 0.05$ ) del heno. A medida que la etapa de corte fue más cercana a MF el rendimiento de MS ( $P < 0.01$ ) se incrementó linealmente (2247, 3120 y 4475  $\text{kg ha}^{-1}$  para EMB, MAS y MF, respectivamente), y la proteína cruda disminuyó en forma cuadrática ( $P < 0.01$ ). En proteína cruda hubo efecto de la interacción de variedad x madurez al corte ( $P < 0.01$ ). A medida que la cosecha fue más cercana a MF las fracciones de fibra disminuyeron ( $P < 0.05$ ), e inversamente MSD y  $\text{EN}_L$  aumentaron linealmente ( $P < 0.05$ ). La composición química del heno de avena mejoró al acercarse a la madurez fisiológica del grano debido a la disminución en su contenido de fibra, sin presentar diferencias importantes entre variedades. (Ramírez. Domínguez. Salmerón. Villalobos. Y Ortega .2013).

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. Localización

El trabajo de campo se realizó en la finca El Dólar, predio ubicado en la vereda El Gaital, a 17 kilómetros del casco urbano el Municipio de Vélez Santander (figura 1), sobre la vía que conduce a Landázuri. Zona con una altitud de 2.485 m.s.n.m y una temperatura promedio de 14 °C, clima frío húmedo.

La siembra se realizó entre los meses de marzo a julio del 2018, periodo con un régimen alto de lluvias.

**Figura 1.** Ubicación del municipio de Vélez, en el departamento de Santander.



Fuente: Sitio oficial de Vélez en Santander, Colombia

Finca el dólar donde se realizó el proyecto (figura 2).

**Figura 2.** Finca El Dólar

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera  
(*avena sativa*)**



Fuente: App, Fields Area Measure

## 6.2. Definición de la muestra

Se seleccionó la avena forrajera (*Avena sativa*) de la variedad Dorada, con certificado ICA.

Se tomó un lote de 1000 m<sup>2</sup> y se dividió en dos sub-parcelas experimentales de 500 m<sup>2</sup> cada una. Se le realizaron los mismos manejos agronómicos para los dos cultivos de avena.

**Tratamiento 1 (T1).** Se sembraron 3,25 kg de semilla, se realizó enmienda con 100 kg de cal dolomita, al momento de la siembra se fertilizó con 250 kg de abono orgánico (gallinaza), 4,25 kg de elementos menores, 4,5 kg de DAP, y 3,25 kg de triple quince, a los 15 días se realizó control de plagas con el agroquímico (clorpirifos), en dosis de 1,5 ml por litro de agua, a los 35 días se fertilizó con 8 kg de triple quince, 4 kg de DAP, 2,5 kg de SAM, 2 kg de urea, también se aplicaron 50 kg de cal dolomita, y a los 63 días se fertilizó con 1,25 kg de SAM, 1,25 kg de urea y 2,5 kg de triple quince.

Se realizó el corte cuando empezaron a aparecer las primeras espigas, 105 días después del establecimiento.

**Tratamiento 2 (T2).** Se sembraron 3,25 kg de semilla, se realizó enmienda con 100 kg de cal dolomita, al momento de la siembra se fertilizó con 250 kg de abono orgánico (gallinaza), 4,25 kg de elementos menores, 4,5 kg de DAP, y 3,25 kg de triple quince, a los

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

15 días se realizó control de plagas con el agroquímico (clorpirifos), en dosis de 1,5 ml por litro de agua, a los 35 días se fertilizó con 8 kg de triple quince, 4 kg de DAP, 2,5 kg de SAM, 2 kg de urea, también se aplicaron 50 kg de cal dolomita, y a los 63 días se fertilizó con 1,25 kg de SAM, 1,25 kg de urea y 2,5 kg de triple quince.

Se realizó el corte en plena floración, cuando el cultivo tenía aproximadamente el 25% de las espigas con los granos en estado lechoso. A los 115 días posterior a la siembra.

### 6.3. Análisis de suelo

Se realizó análisis de suelo para lo cual se hizo un recorrido en zigzag por el terreno para tomar 5 submuestra, se limpia la superficie de suelo, se hace un hueco en forma de V con una profundidad de 25 cm, de uno de los costados se hace un corte con un espesor de 3 cm desde la parte superior hasta el fondo, se cortaron los lados, se mezclaron bien, se tomó 1 kg de la muestra, se identificó para ser enviado al laboratorio para su debido análisis (figura 3). (Osorio. 2012)

**Figura 3.** Toma de análisis de suelo.



Fuente: Autor

### 6.4. Material vegetal

El material vegetal que se utilizó para esta investigación fue la (*Avena sativa*) de la variedad Dorada, que se adapta a altitudes entre los 2400 a 3200 m.s.n.m, con una densidad

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

de siembra de 80 a 150 libras de semilla por hectárea, producción de 80 a 100 ton fv/ha/año. (Impulse semillas s.f).

### **6.5. Preparación del terreno**

El terreno que se empleó tiene una extensión de 1000 m<sup>2</sup>, se preparó con tractor de arado de disco, haciendo dos pasadas, a una profundidad aproximada de 25 cm, luego se repasó con motocultor a una profundidad de 15 cm, logrando así descompactar y mejorar la circulación del agua y aire en el terreno (figura 4).

**Figura 4.** Preparación terrena.



Fuente: Autor

### **6.6. Siembra**

Para la siembra se realizó el trazado de la parcela con ayuda de una cinta métrica y estacas, con azadón se hicieron los surcos a una distancia de 30 cm entre cada uno y se procedió a la siembra colocando a chorrillo 6,5 gramos de semilla por metro cuadrado, para calcular la cantidad de semilla por metro cuadrado se realizó una división de los gramos utilizados para la totalidad del cultivo en el área a sembrar de esta manera se obtuvo la cantidad exacta por metro cuadrado, luego se le aplicó abono orgánico y fertilizantes (figura 5).

**Figura 5.** Trazado de surcos y siembra de semillas.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)



Fuente: Autor

### 6.7. Plan de enmiendas y fertilización

Debido a que los suelos son arcillosos, ácidos, bajos en materia orgánica y nutrientes, se realizó enmienda con 200 kg de cal dolomita, al momento de la siembra se fertilizó con 500 kg de abono orgánico (gallinaza), 8,5 kg de elementos menores, 9 kg de DAP, y 6,5 kg de triple quince, a los 35 días se fertilizo con 16 kg de triple quince, 8 kg de DAP, 5 kg de SAM, 4 kg de urea, también se aplicaron 100 kg de cal dolomita, y a los 63 días se fertilizo con 2,5 kg de SAM, 2,5 kg de urea y 5 kg de triple quince. Según recomendaciones agronómicas.

La aplicación de las enmiendas y fertilizantes se realizó de manera manual, localizado en cada uno de los surcos de avena (figura 6).

**Figura 4.** Fertilización de la avena forrajera.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)



Fuente: Autor

### **6.8. Control de plagas**

Desde el momento de la siembra hasta el día 45 se monitoreo el cultivo para controlar plagas, se presentó un insecto coleóptero de color verde con pintas negra (Diabroticasp) esta causa daño a los tallos y hojas. Se realizó el respectivo control con el agroquímico (clorpirifos), en dosis de 1,5 ml por litro de agua (figura 7).

**Figura 5.** Plaga presente en el cultivo (Diabroticasp).



Fuente: Autor

### **6.9. Altura de la planta**

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

Se hicieron registros semanales de crecimiento de las plantas estas se escogieron al azar tomando medidas de su longitud, con cinta métrica, para evaluar el crecimiento del área foliar (figura 8).

**Figura 6.** Midiendo la altura de la planta



Fuente: Autor

### **6.10. Producción de forraje verde**

El corte en la avena se realiza teniendo en cuenta el estado de maduración de la espiga, para el (T1) se realizó el corte cuando empezaron a aparecer las primeras espigas y para el (T2) se realizó el corte en plena floración, cuando el cultivo tenía aproximadamente el 25% de las espigas con los granos en estado lechoso (Villegas, Pardo, Llanos y Carulla, 2014). Según, gerente de distrito de Semillas Colombia, Impulsemillas, la especie dorada, su tiempo de corte es de aproximadamente 110 días (figura 9).

**Figura 7.** Avena en estado óptimo de corte.



**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

Fuente: Autor

Se realizó aforo midiendo la cantidad de forraje tomando 5 muestras al azar de 1 m<sup>2</sup> y así poder calcular el rendimiento de forraje verde por hectárea (figura 10).

**Figura 8.** Realización de aforos



Fuente: Autor

### **6.11. Desempeño nutricional**

Se tomó una muestra homogénea de forraje para determinar la composición nutricional mediante análisis bromatológico esta muestra se llevó al laboratorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias laboratorio de nutrition animal, a la cual se le determino el contenido de materia seca en %, contenido en nitrógeno para determinar proteína en %, contenido en FDN y FDA en % y cenizas en %, extracto etéreo en %.

### **6.12. Costos de producción**

Los forrajes son el alimento más económico en la alimentación de los bovinos, por esto se determinaron los costos de producción para analizar la viabilidad de la avena forrajera como alternativa alimenticia, los valores que se tuvieron en cuenta son:

- Análisis de suelo
- Maquinaria (tractor), (motocultor)
- Semillas 6,5 kg
- Cal dolomita 300 kg

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

- Abono orgánico 500 kg
- Triple quince 27,5 kg
- DAP 17 kg
- SAM 7,5 kg
- Urea 6,5 kg
- Elementos menores 8,5 kg
- Análisis bromatológico
- Mano de obra empleada en la siembra, fertilización y corte.

### **6.13. Análisis de datos**

#### **6.13.1. Producción de forraje verde**

El diseño estadístico que se utilizó fue el t de Student, donde se busca establecer si hay diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) en producción de forraje verde o biomasa entre los dos estados de maduración, (105 días y 115 días después de la siembra). Se realizaron los cortes en estos tiempos siguiendo las recomendaciones encontradas en la literatura. Esta lista para el corte entre los 100 a 120 días después de la siembra cuando el grano llega ha estado lechoso pastoso, (Villegas. Pardo. Llanos y Carulla. 2014).

Un estado óptimo para maximizar los rendimientos por hectárea, es en la etapa de lechoso-masoso a masoso-suave que se da cuando más del 50% del cultivo tiene el 25% de las espigas en estas condiciones. Cuando el corte se realiza en esta etapa, las características nutricionales del forraje, como digestibilidad in vitro, energía neta de lactancia y digestibilidad de la fibra detergente neutro, se consideran de buena calidad. (Ricardo. Sánchez. Gutiérrez. Serna. Gutiérrez. Espinoza. 2014).

#### **6.13.2. Desempeño nutricional**

El análisis que se realizó en el desempeño nutricional fue hallar la diferencia porcentual de cada uno de los nutrientes y ver cuales tuvieron mayor y menor variación con respecto a los dos estados de maduración. No fue posible realizar análisis estadístico puesto que se hacían necesarias más replicas.

#### **6.13.3. Costos de producción de forraje verde**

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

El análisis de los costos de producción fue hallar la diferencia porcentual entre los costos por kg de forraje verde entre los dos estados de maduración.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
*(avena sativa)*

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, describiremos los resultados encontrados en el desarrollo de este proyecto de investigación en cuanto a análisis de suelos, desarrollo del cultivo, contenido nutricional, producción de biomasa y costos de producción.

### 7.1. Análisis de suelo

Como se evidencia en los resultados del análisis de suelo, se encontró que este tiene deficiencias en todos los nutrientes fundamentales, además de esto tiene un alto contenido de hierro y aluminio (tabla 11). El 85 % de los suelos colombianos presentan condiciones de acidez y baja fertilidad de acuerdo con el Igac (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), por este motivo los suelos colombianos siempre requerirán de la aplicación de nutrientes por medio de la fertilización edáfica para suplir las necesidades de los cultivos. (Gonzalez. 2016).

**Tabla 11.** Resultados análisis de suelo.

| % Are<br>na                  | % Li<br>mo | % Arcil<br>la | Textu<br>ra                 | p<br>H       | %<br>C   | P        | Ca       | M<br>g   | Na       | K        | A<br>l | Cl<br>C  | S       | B        | Fe      | M<br>n   | Cu       | Z<br>n |
|------------------------------|------------|---------------|-----------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|----------|--------|
|                              |            |               |                             |              |          |          |          |          |          |          |        |          |         |          |         |          |          |        |
| 30                           | 36         | 34            | Franc<br>o<br>Arcillo<br>so | 4,<br>3      | 2,3<br>2 | 4,9<br>1 | 1,8<br>5 | 0,3<br>7 | 0,1<br>3 | 0,1<br>9 | 9      | 19,<br>4 | 2,<br>1 | 0,2<br>2 | 29<br>2 | 2,5<br>2 | 0,2<br>4 | 1      |
| <b>Valores de referencia</b> |            |               |                             | 5,<br>5      |          | 20<br>-  | 3 -<br>6 | 1,5<br>- | 0 -<br>1 | 0,2<br>- | 1<br>- | 10<br>-  | 8<br>-  | 0,3<br>- | 50<br>- | 20<br>-  | 2 -<br>4 | 3<br>- |
|                              |            |               |                             | -<br>7,<br>5 |          | 40       |          | 2,5      |          | 0,4      | 2      | 20       | 1<br>2  | 0,6<br>0 | 10<br>0 | 50       |          | 6      |

Fuente: Laboratorio químico de suelos (UIS)

### 7.2. Altura de la planta

Se puede evidenciar que el mayor crecimiento se dio a partir del día 35 después de la siembra. El día 105 comenzaron a aparecer las primeras espigas (tabla 12).

**Tabla 12.** Crecimiento semanal de la avena forrajera.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

| Días después de la siembra | Altura en cm | Diferencia | Días después de la siembra | Altura en cm | Diferencia |
|----------------------------|--------------|------------|----------------------------|--------------|------------|
| 7                          | 5            | 5          | 70                         | 80           | 13         |
| 14                         | 10           | 5          | 77                         | 94           | 14         |
| 21                         | 17           | 7          | 84                         | 105          | 11         |
| 28                         | 24           | 7          | 91                         | 118          | 13         |
| 35                         | 29           | 5          | 98                         | 130          | 12         |
| 42                         | 35           | 6          | 105                        | 135          | 5          |
| 49                         | 45           | 10         | 112                        | 145          | 10         |
| 56                         | 56           | 11         | 119                        | 150          | 5          |
| 63                         | 67           | 11         | 126                        |              |            |

Fuente: Autor

Si se compara este resultado de (*Avena sativa*) de la variedad Dorada frente al de la avena ICA Cajicá de ciclo corto que dio rebrotes de espigas al día 85 después de la siembra encontramos una variación de 20 días más. Mientras que para avena Everleaf de ciclo largo, dio rebrote de la espiga a los 141 días después de la siembra, encontramos una variación de 36 días menos. Según lo reportado por (Villegas. Pard. Llanos. y Carulla. 2014).

También es de resaltar que la avena tuvo un crecimiento superior a los reportados por (Borda. Barón. y Gómez. 2007). 19 cm a los 31 días, 46 cm a los 59 días, 105 cm a los 92 días.

Y a los reportados por (Sánchez. Gutiérrez. Serna. Gutiérrez. Espinoza. 2014), 96,24 cm promedio a los 86 días para la mayoría de variedades y 121 cm a los 106 días para la variedad Saia.

### 7.3. Producción de forraje verde

#### Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)

El rendimiento de forraje verde para los 105 días después de la siembra es de 4,2 kilogramos por metro cuadrado, lo que equivale a una producción de 42 toneladas de forraje verde por hectárea, y para los 115 días después de la siembra es de 4,5 kilogramos por metro cuadrado, lo que equivale a una producción de 45 toneladas de forraje verde por hectárea (tabla 13), resultado parecido a los obtenidos en la variedad cayuse 4,26 kg, tayko 4,39 kg y de puno 4,78 kg por metro cuadrado, reportados por (Hinostroza. Asto. Canto. 2004)

**Tabla 13.** Producción de forraje en dos tiempos de corte distintos

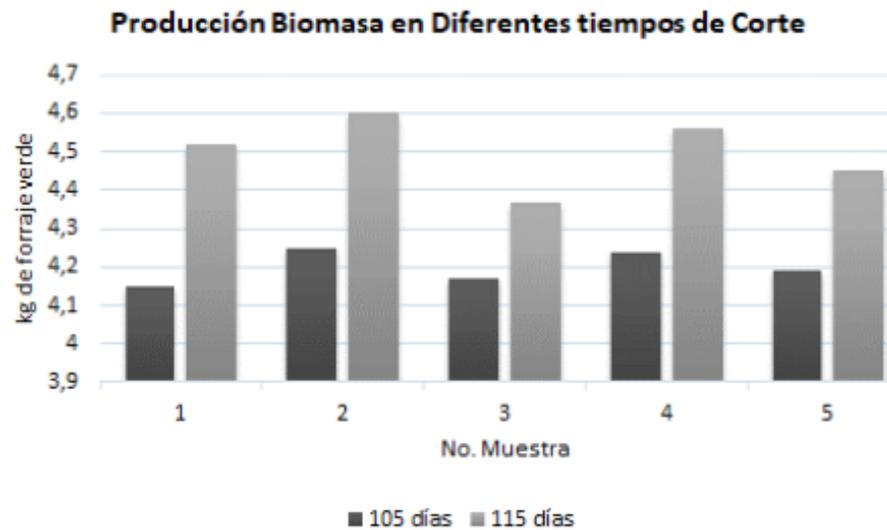
| N° Muestra / Periodo de corte    | Kg de FV a los 105 días | Kg de FV a los 115 días |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1                                | 4,15                    | 4,52                    |
| 2                                | 4,25                    | 4,6                     |
| 3                                | 4,17                    | 4,37                    |
| 4                                | 4,24                    | 4,56                    |
| 5                                | 4,19                    | 4,45                    |
| <b>Promedio Kg/m<sup>2</sup></b> | <b>4,2</b>              | <b>4,5</b>              |

Fuente: Autor

Se destaca la mayor producción de forraje en el tratamiento 2, a mayor tiempo de corte más alto contenido de biomasa (figura 11)

**Figura 11.** Producción kg de biomasa de forraje verde de la Avena sativa en 2 tiempos de corte diferentes en la finca el Dólar, Vereda El Gaital del Municipio de Vélez.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)



Fuente: Autor

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0.05$ ) entre los dos tiempos de corte. La mayor cantidad de biomasa se logró a los 115 días de corte.

#### 7.4. Materia seca

El contenido de materia seca fue superior para los 115 días, esto nos indica que hay un aumento de 14,96% de MS, entre un estado de corte y el otro (tabla 14).

**Tabla 14.** Porcentaje de humedad y materia seca, en dos diferentes estados de maduración.

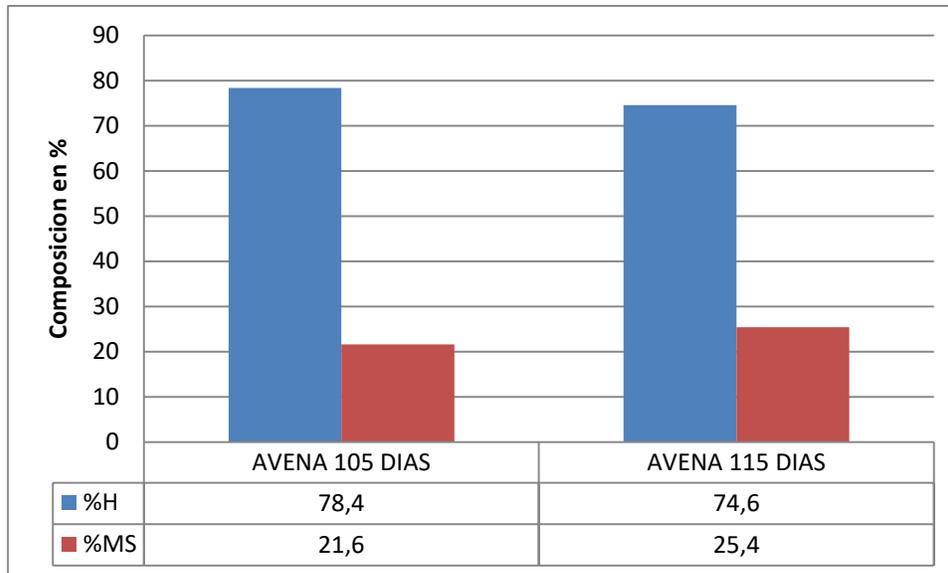
| PARÁMETRO | AVENA 105 DÍAS | AVENA 115 DÍAS | PORCENTAJE DE VARIACION |
|-----------|----------------|----------------|-------------------------|
| %H        | 78,4           | 74,6           |                         |
| %MS       | 21,6           | 25,4           | 14,96                   |

Fuente: Autor

H= Humedad; MS= Materia seca.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

**Figura 9.** Porcentaje de humedad y materia seca en el forraje verde, en dos diferentes estados de maduración.



Fuente: Autor

#### 7.4.1. Toneladas de materia seca por hectárea

En cuanto a la producción de materia seca por hectárea entre el día 105 donde se produjeron 9,072 toneladas de materia seca por hectárea y el día 115 donde se produjeron 11,43 toneladas de materia seca por hectárea, hubo un incremento de la materia seca en un 20,63% (tabla 15).

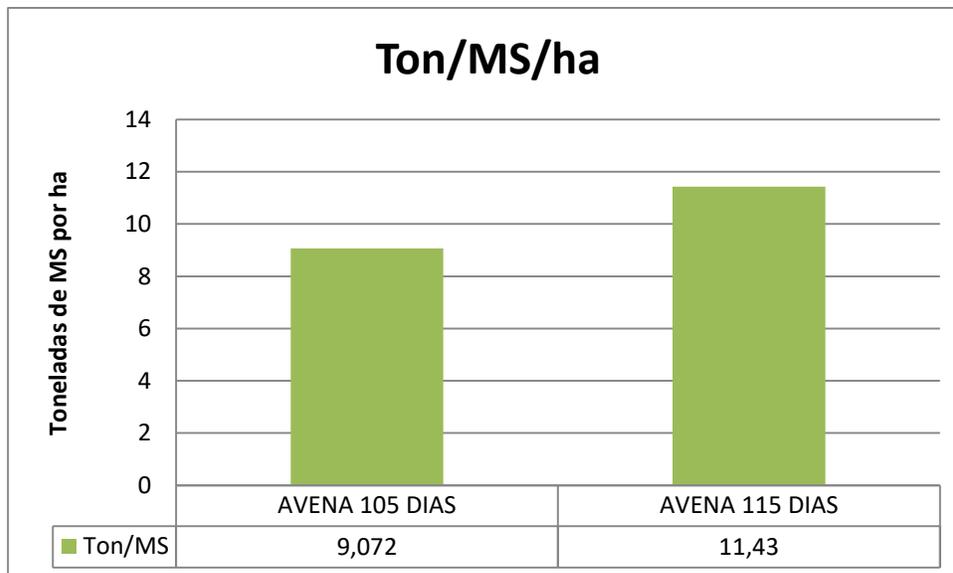
**Tabla 15.** Toneladas de materia seca por hectárea, en dos diferentes estados de maduración.

| PARÁMETRO | AVENA 105 DIAS | AVENA 115 DIAS | PORCENTAJE DE VARIACION |
|-----------|----------------|----------------|-------------------------|
| Ton/MS    | 9,072          | 11,43          | 20,63                   |

Fuente: Autor

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

**Figura 10.** Toneladas de materia seca por hectárea, en dos diferentes estados de maduración.



Fuente: Autor

La producción de 9,072 toneladas de materia seca por hectárea, obtenidos a los 105 días fue parecido a las 9,1 toneladas producidos por la avena de la variedad Everlafcon la espiga en estado de botón reportados por Villegas, J. Pardo, M. Llanos, L y Carulla, J. 2014) también este mismo autor reporta producciones de 11,5 toneladas de materia seca por hectárea de la variedad Everlaf en estado lechoso, parecidos a las 11,43 toneladas obtenidas a los 115 días.

En un estudio realizado por (Loayza, C. 2016), en Ecuador donde evaluó la eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera, utilizó la variedad Dorada y reportó rendimientos entre 40,3 y 43,6 toneladas de materia seca por hectárea, resultados aproximadamente 4 veces superiores a los obtenidos en nuestro estudio.

### 7.5. Desempeño nutricional

**Tabla 16.** Composición nutricional en base seca, de la avena en dos estados diferentes de maduración.

| PARÁMETRO | AVENA 105 DIAS | AVENA 115 DIAS |
|-----------|----------------|----------------|
|-----------|----------------|----------------|

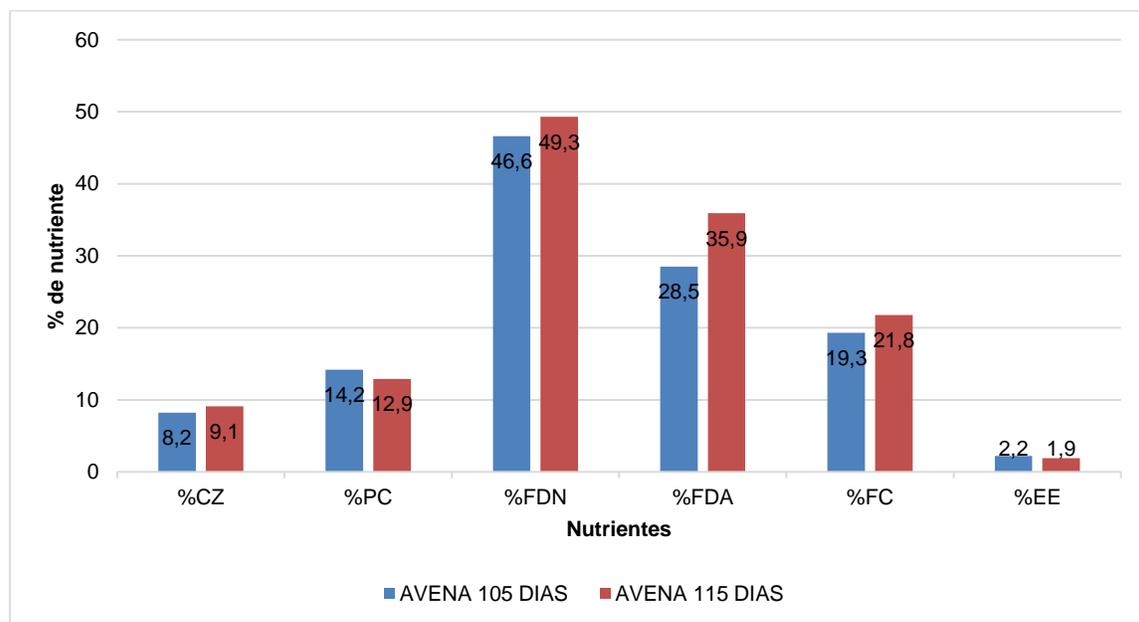
**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

|      |      |      |
|------|------|------|
| %CZ  | 8,2  | 9,1  |
| %PC  | 14,2 | 12,9 |
| %FDN | 46,6 | 49,3 |
| %FDA | 28,5 | 35,9 |
| %FC  | 19,3 | 21,8 |
| %EE  | 2,2  | 1,9  |

Fuente: Autor

CZ= Cenizas; PC= Proteína cruda; FC = Fibra cruda; EE= Extracto etéreo; FDN = Fibra Detergente Neutro; FDA = Fibra Detergente Acida.

**Figura 11.** Composición nutricional en base seca, de la avena en dos estados diferentes de maduración.



Fuente: Autor

CZ= Cenizas; PC= Proteína cruda; FC = Fibra cruda; EE= Extracto etéreo; FDN = Fibra Detergente Neutro; FDA = Fibra Detergente Acida.

Los resultados obtenidos en la composición nutricional de la avena en los dos estados diferentes de maduración, nos indica que el mayor y mejor contenido nutricional de la avena se da a los 105 días después de la siembra, además todos los nutrientes tuvieron una

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

diferencia significativa superior al 5% en cada uno de los dos estados diferentes de maduración (tabla 17).

**Tabla 17.** Porcentaje de variación de cada nutriente, entre los dos estados diferentes de maduración.

| <b>PARÁMETRO</b> | <b>AVENA 105 DIAS</b> | <b>AVENA 115 DIAS</b> | <b>PORCENTAJE DE VARIACION</b> |
|------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|
| %CZ              | 8,2                   | 9,1                   | 9,9                            |
| %PC              | 14,2                  | 12,9                  | 9,2                            |
| %FDN             | 46,6                  | 49,3                  | 5,5                            |
| %FDA             | 28,5                  | 35,9                  | 20,6                           |
| %FC              | 19,3                  | 21,8                  | 11,5                           |
| %EE              | 2,2                   | 1,9                   | 13,6                           |

Fuente: Autor

### **7.1. Costos de producción**

Los costos de producción hasta el momento del corte son iguales en ambos estados de maduración, pero el costo por kilogramo de forraje verde producido disminuye entre el estado de corte a los 105 días, el cual fue de \$ 375 por kg y para los 115 días, el costo fue de \$ 350 por kg, esto se da debido al aumento del forraje verde a los 115 días, lo cual hace que los costos se disminuyan en un 6,66%.

Los costos de producción que se generaron en el proyecto de avena se evidencian en la siguiente tabla (tabla 18).

**Tabla 18.** Costos de producción generados en el proyecto.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

| Actividad               | Insumos           |          |                |              |       | Mano de obra |                |                |        | Total  |
|-------------------------|-------------------|----------|----------------|--------------|-------|--------------|----------------|----------------|--------|--------|
|                         | Nombre            | Cantidad | Especificación | Costo/Unidad | Total | Jornales     | Especificación | costo/Jornales | Total  |        |
| Análisis de suelo       | Análisis de suelo | 1        | uní            | 90000        | 90000 |              |                |                |        | 90000  |
| Preparación del terreno | Horas tractor     |          |                |              | 0     | 2            | Horas          | 40000          | 80000  | 207500 |
|                         | Horas tractor     |          |                |              | 0     | 8,5          | Horas          | 15000          | 127500 |        |
| Siembra y fertilización | Semillas          | 6,5      | kg             | 6000         | 39000 | 19           | Jornales       | 35000          | 665000 | 877750 |
|                         | Cal               | 200      | kg             | 280          | 56000 |              |                |                |        |        |
|                         | Abono orgánico    | 500      | kg             | 160          | 80000 |              |                |                |        |        |
|                         | Elementos menores | 8,5      | kg             | 1600         | 13600 |              |                |                |        |        |
|                         | DAP               | 9        | kg             | 1600         | 14400 |              |                |                |        |        |
|                         | Triple quince     | 6,5      | kg             | 1500         | 9750  |              |                |                |        |        |
| Control de plagas       | Clorpirifos       | 50       | ml             | 36           | 1800  | 0,25         | Jornales       | 35000          | 8750   | 10550  |

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

|                        |                        |             |           |   |        |      |          |       |        |                |
|------------------------|------------------------|-------------|-----------|---|--------|------|----------|-------|--------|----------------|
| Segunda fertilización  | Triple quince          | 16          | kg        | 1500  | 24000  | 1    | Jornales | 35000 | 35000  | 108200         |
|                        | DAP                    | 8           | kg        | 1600  | 12800  |      |          |       |        |                |
|                        | SAM                    | 5           | kg        | 800   | 4000   |      |          |       |        |                |
|                        | Urea                   | 4           | kg        | 1100  | 4400   |      |          |       |        |                |
|                        | Cal                    | 100         | kg        | 280   | 28000  |      |          |       |        |                |
| Tercera fertilización  | SAM                    | 2,5         | kg        | 800   | 2000   | 0,25 | Jornales | 35000 | 8750   | 21000          |
|                        | Triple quince          | 5           | kg        | 1500  | 7500   |      |          |       |        |                |
|                        | Urea                   | 2,5         | kg        | 1100  | 2750   |      |          |       |        |                |
| Corte                  |                        |             |           |   |        | 4    | Jornales | 35000 | 140000 | 140000         |
| Análisis bromatológico | Análisis bromatológico | 1           | uní       | 60000   | 120000 |      |          |       |        | 120000         |
| <b>TOTAL</b>           |                        |             |           |   |        |      |          |       |        | <b>1575000</b> |
| <b>Costos por kg</b>   | <b>Producción</b>      | <b>4200</b> | <b>kg</b> | <b>Costos por kg de forraje verde a los 105</b> |        |      |          |       |        | <b>375</b>     |
| <b>Costos por kg</b>   | <b>Producción</b>      | <b>4500</b> | <b>kg</b> | <b>Costos por kg de forraje verde a los 115</b> |        |      |          |       |        | <b>350</b>     |

Fuente: Autor

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera**  
(*avena sativa*)

## 8. CONCLUSIONES

La avena que se cortó a los 115 días después de la siembra (T2), mostro el mayor rendimiento en forraje verde, siendo este resultado estadísticamente significativo ( $P>0.05$ ) comparado con el (T1) 21,6 % M.S, también se obtuvo un mayor contenido de materia seca (MS) en el (T2) 25,4% MS.

El mejor contenido y calidad de nutriente se dio en la avena que se cortó a los 105 días posterior a la siembra, a excepción de las cenizas (CZ) (T1 8,2), (T2 9,1) que su contenido fue mayor en la avena cortada a los 115 días

Comparando la composición nutricional en base seca, de la avena en dos estados diferentes de maduración, el nutriente que tuvo mayor variación fue la fibra detergente acida (FDA), con un 20,612 % de diferencia, mientras que el que tuvo menor variación fue la fibra detergente neutra (FDN), con un 5,476 %.

Los costos de producción por kilogramo de forraje verde son menores cuando el corte se realiza a los 115 días después de la siembra (T2) \$ 350 por kg, debido a que se tiene una mayor producción de biomasa. T1 \$ 375 por kg lo cual hace que los costos se disminuyan en un 6,66%.

En el desarrollo del cultivo de avena forrajera, el rubro que mayor incidencia tiene en los costos de producción es la mano de obra, seguido de los costos de los fertilizantes, además el costo del análisis de suelo y análisis bromatológico es ocasional en nuevas siembras.

## 9. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los requerimientos de FDN, proteína y energía de las vacas en producción láctea, se recomienda suministrar la avena en el menor estado de maduración para aprovechar su mayor y mejor contenido nutricional.

Ya que el estudio se realizó en un periodo con un régimen alto de lluvias, se recomienda realizar ensayos en periodos de poca o nulas precipitaciones para evaluar el desempeño de la avena en estas condiciones.

Si lo que se busca es cantidad de biomasa, o se está alimentado animales que no tienen mayores requerimientos nutricionales, se recomienda realizar el corte en el estado de mayor maduración.

Se recomienda realizar nuevas investigaciones con diferentes variedades de avena para poder evaluar el desempeño de este cultivo en la región.

Es indispensable realizar nuevos estudios para poder determinar las variaciones en cuanto a calidad nutricional, producción de biomasa, costos de producción y lo más importante determinar cuál será el mejor tiempo de corte de este cultivo en la región.

Con el desarrollo de esta investigación se recomienda realizar el corte a los 105 posterior a la siembra ya que según los análisis de laboratorio es el mejor estado de aprovechamiento para los animales en forraje fresco.

## 10. REFERENCIAS

- Acero. (2007). Manual de prácticas de bromatología. Centro de Ciencias Agropecuarias Departamento de Disciplinas Pecuarias. Recuperado de:  
<https://www.uaa.mx/centros/cca/MVZ/M/6/Manualdepracticass29-1528.pdf>
- Almeida. (2014). Forrajes de calidad. Recuperado de:  
<https://www.forrattec.com.ar/manuales/pdfs/49-20150108122530-pdfEs.pdf>
- Apraez, J. Insuasty, E. Portilla. Y Hernández, W. (2012). Composición nutritiva y aceptabilidad del ensilaje de avena forrajera (*Avena sativa*), enriquecido con arbustivas: acacia (*Acacia decurrens*), chilca (*Bracharis latifolia*) y sauco (*Sambucus nigra*) en ovinos. Recuperado de: <http://vip.ucaldas.edu.co/vetzootec/downloads/v6n1a03.pdf>.
- Arguelles, G. y Alarcón, E. (s.f). Principales pastos de corte en Colombia, Su manejo y capacidad de sostenimiento. Instituto Nacional Agropecuario (ICA) Bogotá. Colombia. Recuperado de: <http://comalfi.com.co/data/documents/Principales-Pastos-de-corte-en-Colombia.pdf>
- Aroni, Y. (2016). Efecto de tres variedades de avena forrajera asociadas con *vicia sativa* sobre parámetros productivos y químicos en dos tipos de siembra. Universidad Nacional de Huancavelica. Perú. Recuperado de: [file:///C:/Users/estudiante.velez/Downloads/TP%20-%20UNH.ZOOT.0112%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/estudiante.velez/Downloads/TP%20-%20UNH.ZOOT.0112%20(2).pdf)
- (Argote. Ruiz. (2011). Guía técnica curso – Taller manejo y conservación de avena forrajera. Recuperado de:  
[https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/avenaforrajera/GUIA\\_TECNICA\\_AVENA\\_FORRAJERA\\_2011.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/avenaforrajera/GUIA_TECNICA_AVENA_FORRAJERA_2011.pdf)
- Avendaño. A. (2017). Evaluación productiva y nutricional de tres variedades de avena forrajera (*avena sativa*): cayuse, everleaf y avena nativa, con tres niveles de ferti-riego hidropónico en Monguí Boyacá. Recuperado de  
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13728>
- Asociación de Amigos del Jardín Botánico Atlántico de Gijón. (s.f). Avena cultivada. Avena Sativa. Recuperado de: <http://www.gijon.es/publicaciones/show/6951-avena-cultivada-avena-sativa>
- Bach, A. & Calsamiglia, S. (2006). La fibra en los rumiantes: ¿Química o física? Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona. España. Recuperado de: [http://produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/100-fibra\\_en\\_rumiantes.pdf](http://produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/100-fibra_en_rumiantes.pdf)
- Barreto, L. (2010). Nutrición y alimentación animal. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Bogotá, Colombia.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

- Bobadilla. Meléndez. Gámez. Ávila. García. Espitia. Moran. Covarrubias. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México, México. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/2631/263128355001.pdf>
- Borda, O. Barón, F. & Gómez, M. (2007). El silicio como elemento benéfico en avena forrajera (*Avena sativa* L.): respuestas fisiológicas de crecimiento y manejo. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/14130/14885>
- Cárdenas. (2006). Producción forrajera de una mezcla de avena - EBO en dolores HIDALGO C.I.N. Guanajuato. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO. Recuperado de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5970/T15858%20CARDENAS%20PATI%DIO,%20DIEGO%20FELIPE%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Carvajal. T. Lamela. L. Cuesta. A. (2012). Evaluación de las arbóreas *Sambucusnigra* y *Acacia decurrens* como suplemento para vacas lecheras en la Sabana de Bogotá, Colombia. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400007)
- Casallas. (2104). identificación y evaluación de especies forrajeras provisorias integradas a sistemas de producción animal. UNIVERSIDAD DE LA SALLE. Recuperado de: [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17682/13081073\\_2014.pdf?sequence=3](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/17682/13081073_2014.pdf?sequence=3)
- Catrileo. (2015). Alimentación de vacunos con pajas de cereales. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, ministerio de agricultura septiembre 2015, TEMUCO – CHILE. Recuperado de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR40304.pdf>
- Carpenter. (2017). Diferencias entre una fibra detergente ácida y una fibra detergente neutra. Recuperado de: [https://www.ehowenespanol.com/diferencias-fibra-detergente-acida-fibra-detergente-neutra-info\\_279593/](https://www.ehowenespanol.com/diferencias-fibra-detergente-acida-fibra-detergente-neutra-info_279593/)
- Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA). (8 de junio de 2018). Alto andina: Nueva variedad mejorada de avena forrajera. Recuperado de: <http://www.corpoica.org.co/noticias/generales/avena-altoandina/?id=22338>
- Chávez. Domine. (2013) Lignina, estructura y aplicaciones: métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. Recuperado de: [http://www.exeedu.com/publishing.cl/av\\_cienc\\_ing/2013/Vol4/Nro4/3-ACI1184-13-full.pdf](http://www.exeedu.com/publishing.cl/av_cienc_ing/2013/Vol4/Nro4/3-ACI1184-13-full.pdf)

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

- Cruz, A. (2007). Estudio de la composición química de espiga, hojas y tallos de la avena cultivadas en hidalgo y Tlaxcala en los ciclos de cultivo 2003 y 2004. Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo. Recuperado de:  
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/11204/Estudio%20de%20la%20composici%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%20de%20espigas%2C%20hojas%20y%20tallos%20de%20avenas%20cultivadas%20en%20Hidalgo%20y%20Tlaxcala%20en%20los%20ciclos%20de%20cultivo%202003%20y%202004.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Cuenca.N. Chavarro.F. y Díaz.O. (2008). Escuela Colombiana de Ingeniería el Sector de Ganadería Bovina en Colombia. aplicación de modelos de series de tiempo al inventario ganadero. recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfce/v16n1/v16n1a12.pdf>
- De La Roza.Martínez. Argamentaría.2002. Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/publication/266358413\\_DETERMINACION\\_DE\\_MATERIA\\_SECA\\_EN\\_PASTOS\\_Y\\_FORRAJES\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_LA\\_TEMPERATURA\\_DE\\_SECADO\\_PARA\\_ANALISIS](https://www.researchgate.net/publication/266358413_DETERMINACION_DE_MATERIA_SECA_EN_PASTOS_Y_FORRAJES_A_PARTIR_DE_LA_TEMPERATURA_DE_SECADO_PARA_ANALISIS)
- Dietz, J. Schierenbeck, M. Martinez, N. y Simon, M. (2016). Aplicación de fungicidas y fertilización nitrogenada en avena: efectos sobre la generación de biomasa aérea y rendimiento. Revista FAVE. Ciencias agrarias. La Plata. Argentina. Recuperado de:  
<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=15b75663-44e9-468e-a9b9-009e11e67662%40sessionmgr120>
- Dominguez, J (09 de febrero (2002). Los beneficios de la avena. Periódico El Tiempo. Recuperado de:<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1325501>
- Dumont, J. Anrique, R y Alomar D. (2003). Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Osorno, Chile. Recuperado de:<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=8b2a1002-6e90-453f-9576-982fd7737016%40sessionmgr4008>
- Dumontl. Anrique y Alomar. (2005). Efecto de Dos Sistemas de Determinación de Materia Seca en la Composición Química y Calidad del Ensilaje Directo de Avena en Diferentes Estados Fenológicos. Recuperado de:[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072005000400005](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072005000400005)
- El Herbario. Universidad pública de navarra (UPNA). (2005). Flora Pratense y Forrajera Cultivada de la Península Ibérica. Universidad Pública de Navarra. (UPNA). Recuperado de: [http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Aven\\_sati\\_p.htm](http://www.unavarra.es/herbario/pratenses/htm/Aven_sati_p.htm)

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

Fox. Juárez. Pell. Lann. (s.f). Predicción de requerimientos nutricionales de los bovinos en condiciones tropicales. Departamento de Ciencia Animal, Universidad de Cornell, Ithaca, N. Y. EUA. Recuperado de:  
[http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Requerimientos\\_de\\_Proteina\\_en\\_Sistema\\_Cornell.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Requerimientos_de_Proteina_en_Sistema_Cornell.pdf)

Fuentes. (1984). INIAP-82 Nueva variedad de avena doble propósito.  
 Recuperado de: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=e6czAQAAMAAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=siembra+de+avena+en+colombia&ots=ReE4J48qTg&sig=r8R0VPX7U2vLLa0JpdmmYrLyUZ4#v=onepage&q&f=false>

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (2016). Recuperado de:  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/avena](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/avena)

García, D. y Maguana, Y. (2015). Optimización del rendimiento de avena (avena sativa l. variedad (INIAP 82) bajo tres niveles de encalado en la granja Irquis. Universidad de Cuenca. Cuenca. Ecuador. Recuperado de:  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23240/1/Tesis.pdf>

García. J. Games. F. Medina. T. Games. A. y Espitia. E. (2008). Guía para Producir Semilla de Avena. Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarios (INIFAP). Recuperado de:  
[www.inifap.gob.mx/circe/.../GUIA%20PARA%20PRODUCIR%20AVENA.pdf](http://www.inifap.gob.mx/circe/.../GUIA%20PARA%20PRODUCIR%20AVENA.pdf)

Gélvez. (2018). Digestión de las grasas. Recuperado de: [http://mundopecuario.com/tema66/lipidos\\_nutricion\\_animal/digestion-418.html](http://mundopecuario.com/tema66/lipidos_nutricion_animal/digestion-418.html)

Gobierno del Estado de Chihuahua. (s.f). Análisis de Competividad. Chihuahua. México.  
 Recuperado de: <http://www.chihuahua.gob.mx/atach2/sdr/uploads/File/avena.pdf>

Granados, J. (2010). Bioquímica metabólica. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Bogotá, Colombia.

Hinostroza, C. Asto, R. Canto, A. (2004) Evaluación de variedades de avena forrajera, tolerantes a sequías y heladas para producción de forraje verde. Instituto Nacional de investigación y extensión agraria- INIEA. Huancayo, Perú. Recuperado de:  
<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=8b2a1002-6e90-453f-9576-982fd7737016%40sessionmgr4008>

Impulsemillas (s.f). Ficha técnica, avena forrajera Dorada. Impulsemillas. Bogotá. Colombia.  
 Recuperado de: <http://www.impulsemillas.com/documentos/fichas/Avena-Dorada.pdf>

Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (s.f). Manual del protagonista, nutrición animal.  
 Recuperado

### **Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

de:[https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Nutricion\\_Animal.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf)

- Jaramillo, T. (2014) Ganadería tradicional vs Ganadería silvopastoril. Universidad de los Andes. Bogotá. Colombia. Recuperado de: <https://agronegocios.uniandes.edu.co/2014/10/20/ganaderia-tradicional-vs-ganaderia-silvopastoril/>
- Juárez.Montero. (s.f.). Manual de laboratorio de nutrition animal. Recuperado de: <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse1/minisite/pdf/6/MANUAL%20DE%20LABORATORIO%20DE%20NUTRICION.pdf>
- Jurado, P. Lara, C. & Sierra, j. Guía técnica para la producción de avena forrajera en Chihuahua). Recuperado de: <http://docplayer.es/10643079-Guia-tecnica-para-la-produccion-de-avena-forrajera-en-chihuahua-pedro-jurado-guerra-carlos-rene-lara-macias-j-santos-sierra-tristan.html>.
- Lanuzza, F. (s.f). Requerimientos de Nutrientes, según estado Fisiológico en bovinos de leche. Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue. Boletín (INIA) N°148. Recuperado de: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33837.pdf>
- Loayza, C. (2016). Eficiencia agronómica del nitrógeno en el cultivo de avena forrajera (*avena sativa*). Universidad central del ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/10127/1/T-UCE-0004-87.pdf>.
- Leyva. Sillas. Villaseñor. Mariscal. Rodríguez. (2013). Enfermedades fungosas asociadas al cultivo de avena (*avena sativa* l.) en el estado de México. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342013000700011](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000700011)
- Mac. (2011). Requerimientos de Proteína y Formulación de Raciones en Bovinos para Carne. Recuperado de:<https://www.veterinariargentina.com/revista/2011/06/requerimientos-de-proteina-y-formulacion-de-raciones-en-bovinos-para-carne/>
- Mahecha. L. Gallego. L. Peláez. F (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad. Recuperado de <file:///C:/Users/estudiante.velez/Downloads/Dialnet-SituacionActualDeLaGanaderiaDeCarneEnColombiaYAlte-3242901.pdf>
- Maldonado, S. y Sammán, N (2000). Composición química y contenido de minerales de leguminosas y cereales producidos en el noroeste argentino. Universidad Nacional de Jujuy. Jujuy, Argentina.
- Márquez. (2014). cenizas y grasas. Universidad Nacional De San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

- Martínez. (s.f.) determinación de cenizas. Recuperado de:  
[http://www.academia.edu/8167946/PRACTICA\\_DETERMINACION\\_DE\\_CENIZAS\\_GRISELDA\\_MARTINEZ](http://www.academia.edu/8167946/PRACTICA_DETERMINACION_DE_CENIZAS_GRISELDA_MARTINEZ)
- Martínez. (2012). Propagación y técnicas de cultivo de la avena en grano (Avena sativa).  
 Recuperado de: <http://vinculando.org/mercado/agroindustria/propagacion-y-tecnicas-de-cultivo-de-la-avena-en-grano-avena-sativa.html>
- Martínez, A. Pérez, M. Pérez, L. y Gómez, G. (2010). Digestión de los lípidos en los rumiantes: Una revisión. Universidad de Córdoba (UCO). Córdoba. España. Recuperado de:  
[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/116-lipidos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/116-lipidos.pdf)
- Mena. M. (2015). Programa de Gestión Rural Empresarial, Sanidad y Ambiente. Pastos y forrajes. ¿Recuperado de:  
[https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70087/Manual\\_pastos\\_y\\_forrajes\\_CRS\\_USDA\\_CIAT\\_2015.pdf?sequence=5](https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/70087/Manual_pastos_y_forrajes_CRS_USDA_CIAT_2015.pdf?sequence=5)
- Meléndez. (2015). Las bases para entender un análisis nutricional de alimentos y su nomenclatura. Recuperado de:  
<http://www.elmercurio.com/campo/noticias/analisis/2015/10/21/las-bases-para-entender-un-analisis-nutricional-de-alimentos-y-su-nomenclatura.aspx>
- Montt. (1989). CIREN. Centro de Información de Recursos Naturales. Recuperado de:  
<http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/14342/PC08689.pdf?sequence=1>
- Mojica, J. Castro, E. J. León, J. Cárdenas, E. Pabón, Carulla, J. (2009). Efecto de la oferta de pasto kikuyo y ensilaje de avena sobre la producción y calidad composicional de la leche bovina. Universidad de la Rioja. Recuperado de:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5624630>
- Mora, D. (2012). ¿De qué manera se analizan los pastos de su finca en el laboratorio?  
 Recuperado de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/manera-analizan-pastos-finca-t29379.htm>
- Moreno, A. (2008). Avena forrajera (avena sativa). Monografias.com. Recuperado de:  
<https://www.monografias.com/trabajos85/avena-forrajera/avena-forrajera.shtml>
- Noreña, J. (20 de enero 2017). La importancia de la fibra efectiva en la alimentación del ganado. Contexto ganadero. Recuperado de: <http://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-importancia-de-la-fibra-efectiva-en-la-alimentacion-del-ganado>
- Núñez, H. Payán, G. Peña, R. González, C. Ruiz, B & Arzola, A. (2010). Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México. TécPecu. México.

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

- Orozco, E. (2005). Bancos forrajeros un componente tecnológico indispensable para la producción intensiva en fincas ganaderas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). San José. Costa Rica. Recuperado de: [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/manual\\_b\\_forrajeros\\_04.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/manual_b_forrajeros_04.pdf)
- Ordóñez, S. Díaz, D. Salmerón, J. Villalobos, G. y Ortega, J. (2013). Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del Sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000400005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005)
- Osorio, W. (2012). Toma de muestras de suelos para evaluar la fertilidad del suelo, Manejo Integral del Suelo y Nutrición Vegetal. Volumen 1. No. 1. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Colombia. Recuperado de: <http://www.walterosorio.net/sites/default/files/documentos/pdf/Toma-de-muestras-de-suelos-evaluacion-de-fertilidad-del-suelo-Walter-Osorio.pdf>
- Palladino, Wawrzekiewicz, Bargo. (2006). la fibra. Recuperado de: [http://www.produccion-nimal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/66-fibra.pdf](http://www.produccion-nimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/66-fibra.pdf)
- Palacios, E. (2014). Pastos y forrajes tropicales introducidos y experimentados en el alto de mayo. Recuperado de: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/pastos-forrajes-tropicales-introducidos-t30925.htm>
- Pérez, T (2006). Avena, otra forma de diversificar la producción de cereales. Recuperado de: <http://borauhermanos.com/avena-otra-forma-de-diversificar-la-produccion-de-cereales/>
- Pérez A. (2016). Historia y propiedades de la avena. Recuperado de: <https://ecospain.com/blog/historia-y-propiedades-de-la-avena/>
- Plan de Desarrollo Municipal de Vélez 2012-2015. (2012). recuperado <https://es.scribd.com/document/335173340/Plan-de-Desarrollo-Velez-Santander-Version-1>
- Ramirez, S. Dominguez, D. Salmerón, Villalobos, G. y Ortega J. et al. (2013). Producción y calidad del forraje de variedades de avena en función del Sistema de siembra y de la etapa de madurez al corte. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802013000400005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005).
- Ricardo, Sánchez, Gutiérrez, Serna, Gutiérrez, Espinoza. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242014000200001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242014000200001)

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

- Ruiz et al. (2013). Requerimientos Agroecologistas de Cultivos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INIFAP). Recuperado de: [http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones\\_nuevas/Requerimientos%20Agroec%20de%20Cultivos%20da%20Edici%F3n.pdf](http://www.inifapcirpac.gob.mx/publicaciones_nuevas/Requerimientos%20Agroec%20de%20Cultivos%20da%20Edici%F3n.pdf).
- Ruiz. I. Chain. G. Pedraza. C. (1994). Variación de la composición química y digestibilidad de algunos forrajes durante su temporada de uso en dos lecherías de la región metropolitana. recuperado de: [http://www.chileanjar.cl/files/V54I2A13\\_es.pdf](http://www.chileanjar.cl/files/V54I2A13_es.pdf)
- Sánchez. L. Andrade. H. Rojas. J. (2009). Demanda de mano de obra y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de: [https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta\\_agronomica/article/view/17666/18541](https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/17666/18541)
- Sánchez, R. Gutiérrez, H. Serna, A. Gutiérrez, R. & Espinoza, A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. Universidad Autónoma de Zacatecas. México. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=46b64c8f-28a5-4c98-bc58-1bb072bccdae%40sessionmgr4007>
- Sergio, C. & Ángeles, C. Fermentación ruminal, tamaño de partícula y efecto de la fibra en la alimentación de vacas lecheras. Departamento nutrición animal y bioquímica. FMVZ UNAM. Recuperado de: [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Produccion\\_Animal/Fundamentos\\_II/Bases\\_Anatomicas\\_y\\_Fisiologicas/Lectura\\_taller/FERMENTACION\\_RUMINAL\\_TAMAÑO\\_DE\\_PARTÍCULA\\_Y\\_EFECTO\\_DE.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Produccion_Animal/Fundamentos_II/Bases_Anatomicas_y_Fisiologicas/Lectura_taller/FERMENTACION_RUMINAL_TAMAÑO_DE_PARTÍCULA_Y_EFECTO_DE.pdf)
- Silva, A. Coral, D y Menjivar, J. (2006). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la actividad microbiana y rendimiento de avena forrajera en un suelo andisol del departamento de Nariño, Colombia. Recuperado de: <https://docplayer.es/10643173-X-congreso-ecuatoriano-de-la-ciencia-del-suelo.html>
- Taco, L. (2014). Estudio de la “avena” y propuesta gastronómica. Universidad tecnológica equinoccial. (UTE). Quito. Ecuador. Recuperado de: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11938/1/58621\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/11938/1/58621_1.pdf)
- Terán. M. (2017). La Historia y los Beneficios de la Avena. Recuperado de: <http://etermagazine.com/lifestyle/la-historia-y-los-beneficios-de-la-avena/>
- Terán. Murcia. García. (2014). Determinación de Requerimientos Hídricos para Avena Forrajera (*Avena sativa* L.) y Raigrás (*Lolium perenne*) en la Sabana de Bogotá (Colombia). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/104775/P%3A1ginas%20desdeAT2-10.pdf?sequence=1>

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**

- Toapanta. (2013). Universidad Técnica de Ambato Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia forrajicultura. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/manueltoapanta16/planta-avena-28317103>
- Torres, E. Ariza, D. Baena, C. Cortés, S. Becerra, L. y Riaño, C. (2016). Efecto de la fertilización en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la avena (*Avena sativa*). Pastos y forrajes. Vol. 39. No 2. Pág. 102- 110. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=7c949725-8c14-4c6f-93d9-d4c2a1f2eabe%40sessionmgr104>
- Universidad nacional autónoma de México. (2013). Avena (avena sativa). Recuperado de: [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com\\_content&view=article&id=21&Itemid=28](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=21&Itemid=28)
- Varón, B. (29/8/2011). Importancia de los FDN en nuestras ganaderías. Recuperado de: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/fibra-detergente-neutro-t28987.htm>
- Villazón, D. Rubio, H. Ochoa, J. rivero2 y Mora, C. (s. f) Pronóstico productivo de la avena forrajera de temporal por efecto del cambio climático en el noroeste de Chihuahua, México, Universidad De La Salle Bajío, México. Recuperado de: <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=aa57d6d4-d199-494d-96b8-f911105a510e%40sessionmgr4010>
- Villegas, J. Pardo, M. Llanos, L & Carulla, J. (2014) Cultivar avena para ensilar es una opción viable, para las ganaderías de lechería specialized. Recuperado de: [http://static.contextoganadero.com/Publicaciones/cultivar\\_AVENA.pdf](http://static.contextoganadero.com/Publicaciones/cultivar_AVENA.pdf)
- Wehrhahne. (2009). Evaluación de parámetros de calidad molinera en Argentina. Recuperado de: <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/1948/1/Tesis-Wehrhahne.pdf>
- Yepes, D. (2013). Selección de nuevos genotipos de avena Sativa (*avena sativa l*) y cebada (*hordeumbulgare l*) forrajeras en la región natural andina del sur de Colombia. Universidad de Nariño. Nariño. Pasto. Recuperado de: <http://sired.udenar.edu.co/2409/1/89543.pdf>.
- Zamora. (2008). Determinación de extracto etéreo. Recuperado de: <http://practica2extractoprimeraclinicos.blogspot.com/2008/11/facultad-de-quimico-farmacobiologa.html>

**Evaluación del rendimiento productivo y valor nutricional de la avena forrajera (*avena sativa*)**