



**Evaluación de características productivas de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), tratadas con dos soluciones nutritivas en sustrato de pomina**

Tapia Palomeque, Karent Nicole

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Tigrero Salas, Juan Oswaldo

23 de febrero del 2023



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Certificación:**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **Evaluación de características productivas de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), tratadas con dos soluciones nutritivas en sustrato de pomina**, fue realizado por la señorita: **Tapia Palomeque Karent Nicole**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 23 de febrero del 2023



Ing. Tigreiro Salas, Juan Oswaldo

C. C: 1703750404

# Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

## Informe de originalidad

---

### NOMBRE DEL CURSO

Revisión de Tesis

### NOMBRE DEL ALUMNO

Karent Nicole Tapia Palomeque

### NOMBRE DEL ARCHIVO

Karent Nicole Tapia Palomeque - Escrito final

### SE HA CREADO EL INFORME

23 feb 2023

---

### Resumen

Fragmentos marcados	1	0,1 %
Fragmentos citados o entrecuillados	2	0,2 %

### Coincidencias de la Web

unlp.edu.ar	1	0,1 %
ipipotash.org	1	0,1 %
unc.edu.pe	1	0,1 %

---



Firmado electrónicamente por:  
JUAN OSWALDO  
TIGRERO SALAS

Ing. Tigreiro Salas, Juan Oswaldo

C. C: 1703750404



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Tapia Palomeque Karent Nicole**, con cédula de ciudadanía No **1722665930**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación de características productivas de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), tratadas con dos soluciones nutritivas en sustrato de pomina**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 23 febrero de 2023

.....  
**Tapia Palomeque Karent Nicole**

C.C.: 1722665930



**Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura**

**Carrera Agropecuaria**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Tapia Palomeque Karent Nicole**, con cédula de ciudadanía No. **1722665930** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Evaluación de características productivas de dos variedades de alfalfa (Medicago sativa L.), tratadas con dos soluciones nutritivas en sustrato de pomina durante dos** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 23 de febrero del 2023

.....  
**Tapia Palomeque Karent Nicole**

C.C.: 1722665930

## Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia por ser el pilar fundamental en mi vida, por darme siempre su apoyo incondicional y siempre prestarme su atención, cariño y paciencia ante todos los obstáculos que se me han presentado en la vida

A mi mami, Silvia Palomeque, por ser mis oídos, corazón y alma, por ser mi compañera y mi empuje, por estar cuando nadie más puedo recordándome siempre que en las victorias y derrotas siempre estaríamos juntas y que a pesar de la complejidad del tema o problema, siempre tuvo los mejores consejos y consuelos y sobre todo la confianza en mí y de siempre decir que yo lograría ser grande.

A mi papi, Fernando Tapia, por estar siempre en todas mis necesidades, por siempre poner el hombro ante cualquier adversidad y ser el escudo que no permite que ningún mal pueda dañarme, por a pesar de ser tan diferentes siempre intentar comprenderme y estar a mi lado.

A mis hermanos Ricardo, Javier y Brayan, por ser los mejores hermanos que la vida me ha podido dar, que cuando faltaba esperanza me la supieron dar y a pesar de estar peleados siempre me apoyaron en cualquier cosa, y sobre todo por no importarles cual era mi necesidad siempre hicieron a un lado sus propias necesidades por hacer que las mías siempre estén completas.

A mis abuelitos, Carmen y Manuel, por siempre subirme el ánimo, siempre preguntar cómo me va y demostrar que están orgullosos a pesar de que las cosas me salgan mal.

## **Agradecimientos**

Agradezco a mis padres por darme el apoyo moral y económico para iniciar y culminar mis estudios, por ser siempre un apoyo en todas las etapas que se han suscitado en la Carrera y a mis hermanos por ser un ejemplo a seguir y un impulso de superación.

Agradezco a mis maestros por brindarme el conocimiento y herramientas necesarias durante toda la carrera, para ser una buena profesional, en especial a mi director de tesis Ing. Agr. Juan Tigreiro, por la confianza que depositó en mí y en el proyecto realizado y ser fuente de conocimiento y guía constante para lograr culminar esta etapa.

A mis amigos y compañeros de la carrera por haber formado parte de esta experiencia y por enseñarme varias cosas, que me han fortalecido como persona y como profesional.

A el Ing. Marlon Quinapanta por su gran aporte para la revisión de este trabajo de investigación, sin duda no lo habría logrado sin él.

## Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación .....	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría .....	4
Autorización de Publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimientos .....	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de Tablas.....	12
Índice de Figuras .....	17
Lista de Abreviaturas .....	19
Resumen.....	21
Abstract.....	22
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>23</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>23</b>
Antecedentes .....	23
Justificación.....	24
Objetivos .....	25
Objetivo General .....	25
Objetivos Específicos .....	25
Hipótesis.....	25
Hipótesis nula .....	25
Hipótesis de investigación.....	25
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>26</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>26</b>



Historia y Distribución de la Alfalfa .....	26
Características Generales .....	26
Clasificación Taxonómica .....	27
Descripción Botánica y Organográfica .....	28
Características Edafoclimáticas del Cultivo de Alfalfa .....	28
Clima.....	28
Temperatura .....	29
Suelo.....	29
pH .....	29
Sanidad.....	29
Variedades .....	30
CUF101 .....	30
Abunda Verde.....	30
Parámetros Productivos.....	30
Rendimiento .....	30
Materia Verde y Seca.....	31
Digestibilidad y Degradabilidad.....	31
Fertilización .....	33
Importancia de los Fertilizantes .....	35
Fisiología de la Absorción Radicular .....	35
Aprovechamiento de la Alfalfa y su Fertilización.....	36
Épocas de Corte .....	37
Frecuencia de Corte.....	37
Hidroponía.....	37
Potencial de Agua en el Estado Hídrico de la Planta.....	38
Balance Hídrico y Déficit Hídrico .....	39

Sistemas Hidropónicos en Agua.....	39
Sistemas Semi-hidropónicos.....	40
Cultivos en Sustrato .....	40
Solución Nutritiva .....	41
Sustratos.....	41
Métodos de producción en Alfalfa .....	45
Alfalfa en un Sistema Hidropónico.....	45
Ventajas de la Técnica de Producción de Alfalfa Hidropónica.....	45
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>46</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>46</b>
Ubicación Política.....	46
Ubicación Geográfica.....	47
Ubicación Ecológico.....	47
Ubicación del Ensayo .....	47
Ubicación del Ensayo de Materia Verde y Seca .....	47
Ubicación del Ensayo de Degradabilidad.....	48
Parámetros Ambientales.....	49
Materiales.....	49
Biológicos .....	49
Solución Nutritiva .....	49
Materiales y Equipos de Campo.....	49
Materiales y Equipos de Laboratorio .....	50
Metodología.....	50
Metodología de Campo.....	50
Metodología de Laboratorio .....	57
Diseño experimental .....	60
	10

Variables de Entrada y Salida.....	60
Diseño para las Características Productivas de la Alfalfa.....	60
Tratamientos para la Determinación de MS, MV y Porcentaje de Digestibilidad in-situ .....	61
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>62</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>62</b>
Determinación del Rendimiento de Materia Verde de Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) CUF101 y Abunda verde en Base a Dos Soluciones Nutritiva .....	62
Rendimiento de Materia Verde por Hectárea .....	62
Determinación del Rendimiento de Materia Seca de Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) CUF101 y Abunda verde en base a dos soluciones nutritivas.....	66
Porcentaje de MS.....	66
Rendimiento de Materia Seca por Hectárea .....	71
Determinación del Porcentaje de Digestibilidad <i>in-situ</i> de Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> L.) CUF 101 y Abunda verde en Base a Dos Soluciones Nutritivas.....	73
Porcentaje de Digestibilidad in-situ Según el Tiempo de Exposición de la Muestra.....	74
Curvas de Digestibilidad in-situ Según el Tratamiento.....	93
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
Conclusiones.....	98
Recomendaciones .....	99
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>100</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Niveles taxonómicos contemplados en el cultivo de alfalfa .....</i>	28
<b>Tabla 2</b>	<i>Composición de macro y micro elementos presente en los fertilizantes .....</i>	34
<b>Tabla 3</b>	<i>Recomendación para la fertilización (kg/ha) en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.) .....</i>	34
<b>Tabla 4</b>	<i>Características físico-químicas de la pomina .....</i>	44
<b>Tabla 5</b>	<i>Parámetros Ambientales del invernadero de Horticultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I .....</i>	49
<b>Tabla 6</b>	<i>Formulación de la primera solución nutritiva .....</i>	56
<b>Tabla 7</b>	<i>Formulación de la segunda solución nutritiva .....</i>	56
<b>Tabla 8</b>	<i>Tratamientos aplicados para obtener las muestras de MS y MV y porcentaje de digestibilidad in-situ .....</i>	61
<b>Tabla 9</b>	<i>Análisis de varianza ANAVA para la variable rendimiento de materia verde por hectárea .....</i>	62
<b>Tabla 10</b>	<i>Comparación de medias y test de Tukey para la interacción con el tiempo de corte con el rendimiento de materia verde en kg/ha .....</i>	63
<b>Tabla 11</b>	<i>Análisis de varianza y test de Tukey para la variable rendimiento de MV en kg/ha ..</i>	63
<b>Tabla 12</b>	<i>Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de materia seca .....</i>	66
<b>Tabla 13</b>	<i>Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de materia seca .....</i>	67
<b>Tabla 14</b>	<i>Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de materia seca .....</i>	67
<b>Tabla 15</b>	<i>Comparación de medias y test de Tukey para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de materia seca .....</i>	67
<b>Tabla 16</b>	<i>Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de materia seca .....</i>	68

<b>Tabla 17</b> Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la variedad de alfalfa y el tiempo de corte con el porcentaje de materia seca .....	68
<b>Tabla 18</b> Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la solución nutritiva y el tiempo corte con el porcentaje de materia seca .....	68
<b>Tabla 19</b> Comparación de medias y test de Tukey para la variedad porcentaje de materia seca.....	69
<b>Tabla 20</b> Análisis de varianza ANAVA para la variable rendimiento en kg/ha/MS.....	71
<b>Tabla 21</b> Comparación de medias y test de Tukey para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de materia seca .....	71
<b>Tabla 22</b> Clasificación de rangos con prueba de Kruskal Wallis para la variable rendimiento en kg/ha/MS.....	72
<b>Tabla 23</b> Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición.....	74
<b>Tabla 24</b> Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición .....	75
<b>Tabla 25</b> Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición .....	75
<b>Tabla 26</b> Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición .....	76
<b>Tabla 27</b> Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con variedad de alfalfa y solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición.....	76
<b>Tabla 28</b> Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con variedad de alfalfa y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición.....	76

<b>Tabla 29</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con solución nutritiva y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición .....</i>	<i>77</i>
<b>Tabla 30</b>	<i>ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición .....</i>	<i>78</i>
<b>Tabla 31</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición .....</i>	<i>79</i>
<b>Tabla 32</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición .....</i>	<i>80</i>
<b>Tabla 33</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de variedad de alfalfa y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición.....</i>	<i>80</i>
<b>Tabla 34</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de solución nutritiva y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición .....</i>	<i>80</i>
<b>Tabla 35</b>	<i>Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición.....</i>	<i>81</i>
<b>Tabla 36</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición .....</i>	<i>82</i>
<b>Tabla 37</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición .....</i>	<i>83</i>
<b>Tabla 38</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición .....</i>	<i>83</i>
<b>Tabla 39</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición.....</i>	<i>83</i>
<b>Tabla 40</b>	<i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición.....</i>	<i>84</i>

<b>Tabla 41</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición.....</i>	<b>84</b>
<b>Tabla 42</b> <i>Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición.....</i>	<b>85</b>
<b>Tabla 43</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición .....</i>	<b>86</b>
<b>Tabla 44</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición .....</i>	<b>87</b>
<b>Tabla 45</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición .....</i>	<b>87</b>
<b>Tabla 46</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición .....</i>	<b>87</b>
<b>Tabla 47</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición.....</i>	<b>88</b>
<b>Tabla 48</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición.....</i>	<b>88</b>
<b>Tabla 49</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición.....</i>	<b>88</b>
<b>Tabla 50</b> <i>Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición.....</i>	<b>89</b>
<b>Tabla 51</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición .....</i>	<b>90</b>

<b>Tabla 52</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición .....</i>	90
<b>Tabla 53</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición .....</i>	91
<b>Tabla 54</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición .....</i>	91
<b>Tabla 55</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición .....</i>	91
<b>Tabla 56</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición .....</i>	92
<b>Tabla 57</b> <i>Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición .....</i>	92



## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Transporte centrípeto del agua a través de los vasos de la raíz.....</i>	36
<b>Figura 2</b> <i>Ubicación del invernadero de horticultura IASA I.....</i>	46
<b>Figura 3</b> <i>Ubicación del Laboratorio de Suelos y Química IASAI.....</i>	47
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación del Área de Ganadería IASA I.....</i>	48
<b>Figura 5</b> <i>Ubicación de la Facultad De Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador.....</i>	48
<b>Figura 6</b> <i>Distribución de parcelas y tratamientos.....</i>	55
<b>Figura 7</b> <i>Promedio del rendimiento de MV en kilogramos por hectárea.....</i>	65
<b>Figura 8</b> <i>Comparación de medias del porcentaje de materia seca.....</i>	69
<b>Figura 9</b> <i>Comparación de medias del rendimiento de MS, kg/ha.....</i>	72
<b>Figura 10</b> <i>Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 0 horas de exposición.....</i>	77
<b>Figura 11</b> <i>Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 3 horas de exposición.....</i>	79
<b>Figura 12</b> <i>Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 6 horas de exposición.....</i>	82
<b>Figura 13</b> <i>Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 12 horas de exposición.....</i>	86
<b>Figura 14</b> <i>Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 24 horas de exposición.....</i>	92
<b>Figura 15</b> <i>Curvas de porcentaje de digestibilidad de los tratamientos a diferentes horas de exposición.....</i>	94
<b>Figura 16</b> <i>Curvas de porcentaje de digestibilidad de los tratamientos evaluados a los 104 DDS.....</i>	94

**Figura 17** *Curvas de porcentaje de digestibilidad de los tratamientos evaluados a los 137*

*DDS ..... 95*

**Figura 18** *Curva de porcentajes de digestibilidad más altos según los tratamientos*

*determinados a diferentes horas de exposición ..... 95*

**Figura 19** *Curva de porcentajes de digestibilidad más bajos según los tratamientos*

*determinados a diferentes horas de exposición ..... 96*

## Lista de Abreviaturas

**MS:** Materia Seca

**%MS:** Porcentaje de Materia Seca

**MV:** Materia Verde

**Q:** Caudal

**Q<sub>l</sub>:** Caudal de laterales

**Q<sub>e</sub>:** Caudal de emisores

**r:** Radio

**h:** Altura

**L:** Litros

**V:** Volumen

**t:** Tiempo

**W<sub>MV</sub>:** Peso Materia Verde

**A<sub>ca</sub>:** Área del cuadro de aforo (m<sup>2</sup>)

**W<sub>i</sub>:** Peso Inicial

**W<sub>f</sub>:** Peso final

**W<sub>MS</sub>:** Peso Materia Seca

**ISDMD:** *in-situ* dry matter digestibility

**DDS:** Días después de la siembra

**T:** Tratamiento

**Kg/ha:** Kilogramos por hectárea

**g/m<sup>3</sup>:** Gramos por metro cubico

**Ca:** Calcio

**Mg:** Magnesio

**K:** Potasio

**NH<sub>4</sub>:** Amonio

**NO<sub>3</sub>**: Nitrato

**PO<sub>4</sub>**: Fosfato

**SO<sub>4</sub>**: Sulfato

**Fe**: Hierro

**Mn**: Manganeso

## Resumen

El siguiente estudio se realizó con la finalidad de evaluar características productivas de dos variedades de alfalfa (*Medicago sativa*. L), CUF 101 y Abunda Verde, sembradas en un sistema semi-hidropónicos en base a un sustrato de pomina, expuestas a dos soluciones nutritivas formuladas a partir de información bibliográfica y técnica de tanteo, durante dos periodos de corte a los 104 DDS y 137 DDS; las características evaluadas fueron el rendimiento de materia verde y materia seca en kg/ha, el porcentaje de materia seca y el porcentaje de digestibilidad in-situ a las 0, 3, 6, 12 y 24 horas de los diferentes tratamientos. Con respecto al rendimiento de materia verde y seca el mejor tratamiento, evaluado fue T3 con 1045 kg/ha/MV y 213,60 kg/ha/MS, mientras que T6 fue el tratamiento con menor rendimiento obteniendo valores de 496,75 kg/ha/MV y 79,68 kg/ha/MS, para la característica de porcentaje de materia seca, T7 con 26,5% fue el mejor tratamiento a diferencia de T6 con 19,5% que fue el tratamiento con menor porcentaje de materia seca. En el caso de la digestibilidad in-situ, se realizó el análisis entre los tratamientos en cada hora de exposición, donde los resultados fueron muy variados destacando la exposición de 24 horas donde el mejor tratamiento fue de T6 con 62,17% de digestibilidad y el porcentaje más bajo T4 con 49,35%; de esta manera se realizó un análisis con las curvas de digestibilidad, notando que este último tratamiento presentó su límite ante esta característica a las 24 horas de exposición, mientras que el T6 mostró tendencias positivas a continuar con el proceso de digestión en horas posteriores.

**Palabras clave:** alfalfa, materia verde, materia seca, digestibilidad *in-situ*, curvas de digestibilidad

## Abstract

The following study was conducted in order to evaluate productive characteristics of two varieties of alfalfa (*Medicago sativa*. L), CUF 101 and Abunda Verde, planted in a semi-hydroponic system based on a pomina substrate, exposed to two nutrient solutions formulated from bibliographic and technical trial information, during two cut-off periods at 104 DDS and 137 DDS; The characteristics evaluated were the yield of green matter and dry matter in kg/ha, the percentage of dry matter and the percentage of in-situ digestibility at 0, 3, 6, 12 and 24 hours of the different treatments. With respect to the performance of green and dry matter, the best treatment was evaluated was T3 with 1045 kg/ha/GM and 213.60 kg/ ha/ DM, while T6 was the treatment with the lowest yield obtaining values of 496.75 kg/ha/GM and 79.68 kg/ha/DM, for the characteristic of dry matter percentage, T7 with 26.5% was the best treatment unlike T6 with 19.5% which was the treatment with the lowest percentage of dry matter. In the case of in-situ digestibility, the analysis was performed among the treatments in each hour of exposure, where the results were very varied, highlighting the 24-hour exposure where the best treatment was T6 with 62.17% digestibility and the lowest percentage T4 with 49.35%; in this way, an analysis was carried out with the digestibility curves, noting that this last treatment presented its limit before this characteristic at 24 hours of exposure, while the T6 showed positive tendencies to continue with the digestion process in later hours.

**Keywords:** alfalfa, green matter, dry matter, in-situ digestibility, digestibility curves

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una leguminosa perenne que se cultiva en grandes cantidades a nivel mundial por su alto rendimiento, valor nutricional, adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y a condiciones climáticas muy variadas, Abbas *et al.*, (2022).

Este cultivo es usado solo o en mezclas con otras gramíneas o leguminosa, se lo ve habitualmente en la sierra ecuatoriana para ser vendida como materia verde en ferias de pueblos y ciudades con la finalidad de servir de alimento para especies menores; aunque también son usadas como material de pastoreo ya que son apetecidas por el ganado vacuno, caballar y ovino; sin embargo, al tener las coronas de manera superficial esta puede ser afectada durante el pastoreo, León *et al.*, (2018).

En Ecuador la superficie cultivada de alfalfa es de 26.341 ha, como cultivo solo existen 24.863 ha., y como cultivo asociado existen 1.478 ha, Sistema de Información Agropecuaria, SINAGAP, (2002). La gran extensión de este cultivo ha sido usada para alimentación principalmente de ganado de pastoreo, Abbas *et al.*, (2022); sus propiedades productivas que se atribuyen a este cultivo están relacionadas a la productividad anual que según, (Rojas *et al.*, 2017) es de 30 t/MS/ha, valor nutricional con porcentajes de proteína hasta el 22%, y una digestibilidad entre el 75% y 80 %.

El nitrógeno (N) y el fósforo (P), son los macronutrientes principales que restringen el crecimiento de la planta; la alfalfa tiene mejor crecimiento en suelos de elevada calidad que tengan pH neutro, con texturas medias a livianas, la profundidad y drenaje deben ser óptimos y la disponibilidad de fósforo debe ser alta, de esta manera la alfalfa puede expresar todo su potencial productivo; se debe tomar en cuenta que este cultivo no tolera suelos ácidos; no obstante, pueden mostrar adaptación a pH moderadamente ácidos y con baja fertilidad; sin

embargo, se requiere de más recursos económicos para obtener una buena producción, Ruiz *et al.*, (1994); Sanz *et al.*, (2017).

### **Justificación**

Para garantizar una alta productividad de cultivos forrajeros como la alfalfa, es necesario el uso de fertilizantes químicos, en la agricultura tradicional se realiza rotaciones de cultivos, policultivos, donde se alternan leguminosas y barbecho para fertilizar el suelo, sin embargo, el uso de fertilizantes sintéticos se ha vuelto una práctica muy difundida y explotada como una actividad de la agricultura moderna, Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación, FAO (2018).

El mal uso de los fertilizantes como es la aplicación excesiva de los mismos lleva a la contaminación del suelo formando depósitos de nitrógeno; además, se puede darle infrautilización de los fertilizantes; es decir, que al cultivo no usa todo el fertilizante aplicado, causando degradación de la tierra y la disminución de los rendimientos, FAO (2018).

La fertilización química a nivel mundial hasta el año 2018 tuvo un consumo de 119.5 toneladas de nitrógeno, 45.9 toneladas de fósforo, 34 toneladas de potasio; por otro lado, para la fertilización de forrajes se ha registrado una aplicación de 300 kg/ha de fertilizante completo (N-P-K) a la siembra y 150 kg/ha a los 30 o 35 días después de la siembra, aunque depende de la fertilidad del suelo y el cultivo, Organización de las Naciones Unidad para la Agricultura y la Alimentación; Agencia de Cooperación internacional del Japón FAO (2018); JICA (2016).

Por ello, es de gran importancia determinar la cantidad de elementos que contribuyen a una buena nutrición al cultivo de alfalfa, para evitar la contaminación e infrautilización de los fertilizantes, esto se aspira conseguir con la determinación de soluciones nutritivas que aporten el 100% de la nutrición al cultivo, ya que este se encuentra instalado en sustrato que no tiene aporte de nutrientes a la planta; de esta manera se identificara las cantidades adecuadas de cada elemento necesario para potenciar sus características productivas.



## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar las propiedades productivas de dos variedades de alfalfa CUF 101 y Abunda Verde, tratadas con dos soluciones nutritivas en un sistema semi hidropónico de sustrato de pomina; durante dos tiempos de corte para la determinación del tratamiento más eficiente para este cultivo.

### ***Objetivos Específicos***

Estimar el rendimiento de materia verde de dos variedades de alfalfa CUF 101 y Abunda Verde, tratadas con dos soluciones nutritivas en el sistema semi hidropónico de sustrato de pomina, durante dos tiempos de corte.

Identificar el porcentaje y rendimiento de materia seca de las dos variedades de alfalfa CUF 101 y Abunda Verde, tratadas con dos soluciones nutritivas en el sistema semi hidropónico de sustrato de pomina, durante dos tiempos de corte.

Determinar el porcentaje y curvas de degradabilidad *in-situ* en una vaca fistulada, a partir de las dos variedades de alfalfa CUF 101 y Abunda Verde en el transcurso de 24 horas, tratadas con dos soluciones nutritivas en el sistema semi hidropónico de sustrato de pomina.

## **Hipótesis**

### ***Hipótesis nula***

Las características productivas de materia verde, seca y digestibilidad de las variedades de alfalfa no varían su rendimiento según el tratamiento al que fueron expuestas.

### ***Hipótesis de investigación***

Las características productivas de materia verde, seca y digestibilidad de las variedades de alfalfa varían su rendimiento según el tratamiento al que fueron expuestas.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### Historia y Distribución de la Alfalfa

Se fija el origen de la alfalfa en Asia Menor y sur del Cáucaso, a esta zona geográfica Turquía, Siria, Irán, Irak, Afganistán, parte occidental de Pakistán y Cachemira; el informe más antiguo procede de Turquía (1.300 a.C.), Babilonia (700 a.C.), Hanson *et al.*, (1988)

En Turquía en excavaciones arqueológicas, se hallaron tablas de piedra donde se indicaba con claridad que hace más de 3300 años la Alfalfa era utilizada para alimentación de animales; por otra parte, hay evidencia de un cultivo forrajero ampliamente extendido en la edad media y que presuntamente siguió el curso de la civilización de este a oeste, Intria & Bariggi, (1980).

En el siglo IV, la introducción de esta planta a Grecia fue descrita por Teófrates, además, Aristóteles y Aristófanes, la mencionaron y describieron determinando así que fueron los griegos quienes la nombraron como *médica*, que hasta la actualidad se la denota como el género botánico de este cultivo, Intria & Bariggi (1980).

Los árabes se encargaron de transportar a la alfalfa a través del norte de África, desde Persia hasta España. En 1519 llega a México y por la ruta del pacífico se extiende a Perú y Chile, a partir de estos países se trasladó a Argentina por vía terrestre, Hanson *et al.*, (1988).

#### Características Generales

La alfalfa es una leguminosa perenne, cuyo uso principal es la de alimento para el ganado, ya que se considera como un forraje alta calidad; este cultivo tiene gran valor agronómico ya que tiene relevancia en la preservación de la fertilidad del suelo y biodiversidad; además ofrece protección contra la erosión del suelo, mitiga el impacto del cambio climático, reduce la contaminación de aguas subterráneas por nitratos, entre otros, Ramos *et al.*, (2021).

Las características morfológicas y fisiológica tienen importancia variable con respecto a la agricultura mundial, la importancia económica de este cultivo se basa en su potencial de

producción de biomasa, varios autores mencionan que son superiores a 80 ton/ha de materia verde y 20 ton/ha de materia seca; con respecto a su valor nutricional, tiene un alto contenido de proteína cruda la cual se encuentra muy equilibrada con respecto al contenido de aminoácidos, Ramos *et al.*, (2021).

Gracias a su gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y clima, este se puede encontrar en praderas de 700 y 4000 m s. n. m., con temperaturas que oscilan entre los 15 a 25°C en el día y de 10 a 20°C en la noche, Vázquez (2013).

Al ser considerada una especie de días largos, se adaptan mejor a regiones donde su fotoperiodos mayor a 12 horas, de esta manera su floración es más abundante; cuando los pH en el suelo llegan a valores menores de 5 el desarrollo de este cultivo se ve afectado; la alfalfa prefiere suelos profundos, con buen drenaje; además, tiene una tolerancia moderada a la salinidad y a la sequía, por su sistema radicular permite obtener nutrientes y agua de capas profundas del suelo, Quiroga (2013).

Este cultivo tiene un fuerte potencial de metabolitos secundarios por el aporte de fitoestrógenos útiles en la salud, por lo que su crecimiento se ha intensificado en diferentes continentes, por sus características de adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, pH y condiciones ambientales en general, y por sus características económicas ya que se considera un cultivo sostenible y ecológica, Ramos *et al.*, (2021).

### **Clasificación Taxonómica**

En la siguiente tabla se muestra la clasificación taxonómica de la alfalfa:

**Tabla 1**

*Niveles taxonómicos contemplados en el cultivo de alfalfa*

<b>Reino</b>	<b>Planta</b>
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Subclase</b>	Aosidae
<b>Orden</b>	Fabales
<b>Familia</b>	Fabaceae
<b>Tribu</b>	Rifolieae
<b>Género</b>	Medicago
<b>Especie</b>	Sativa L.

---

**Autores:** Martínez *et al.*, (2015)

### **Descripción Botánica y Organográfica**

La alfalfa es una leguminosa herbácea perenne frondosa, vivaz y de porte erecto; la alfalfa cuenta con una raíz principal pivotante, robusta y bien desarrollada que puede llegar a medir hasta 5 m de longitud; cubriendo esta estructura se encuentran numerosas raíces secundarias; de la corona emergen brotes que dan lugar a los tallos, los cuales son delgados y erectos, que soportan el peso de la hojas atribuyendo características de consistencia que la hacen perfectas para realizar cortes, las hojas tienen tres folíolos, sin embargo, las primeras hojas son unifoliadas, los márgenes son mayormente lisos y los bordes son ligeramente dentados; las flores son de color azul o púrpura, con inflorescencia en racimos que nacen en las axilas de las hojas, Martínez *et al.*, (2015).

### **Características Edafoclimáticas del Cultivo de Alfalfa**

#### **Clima**

La alfalfa tiene un amplio rango de adaptabilidad ya que pueden soportar climas cálidos y secos hasta templados y fríos, relacionándolo con la altitud este cultivo soporta desde 0 a

3000 m.s.n.m., siendo la altura optima entre los 1.500 y 2.500 m.s.n.m. y es suficiente 900 mm anuales de lluvia al año ya que es sensible a la humedad, León (2003).

### ***Temperatura***

Cuando las semillas llegan a una temperatura de 2-3°C inician su proceso de germinación, siempre y cuando las demás condiciones sean las óptimas; entre más alta es la temperatura la germinación es más rápida; sin embargo, las temperaturas mayores a 38°C son letales para plántulas, Pozo & Ibáñez (1983).

Para producción forrajera, la temperatura media anual está en torno a los 20°C, con un rango de crecimiento entre 18 a 28°C dependiendo de la variedad, Ruíz (2004).

### ***Suelo***

Este cultivo cuenta con una gran adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, sin embargo, es desarrollo óptimo de la planta se da en suelos profundos, con subsuelos permeables y bien drenados; por otro lado, es una planta considerada calcícola que necesita suelos con 2-3% de Ca; además de necesita de P y K, León (2003).

### ***pH***

El pH ideal para este cultivo debe ir de neutro a ligeramente alcalino; es decir, en un rango de 6,2 a 7,8, a pesar de esto el cultivo puede llegar a su fase vegetativa con pH de 9 a 11; siendo el límite de acidez de 4,5 a 5,5, León (2003).

### ***Sanidad***

Considerando que la alfalfa tiene mejor rendimiento con pH neutro, por consecuente estos son sensibles a la salinidad y los síntomas principales son parecidos al de la sequía ya que las plantas comienzan con la palidez de algunos tejidos y el tamaño de las hojas disminuye; esto denota un desequilibrio entre la parte aérea y la raíz, Pozo & Ibáñez (1983).

## **Variedades**

### ***CUF101***

Es una variedad desarrollada en la Universidad de California, está clasificada en el grupo 9; es decir, que el periodo en el que deja de crecer en invierno es relativamente corto; además, esta variedad es tolerante a la sequía y tiene un alto valor nutritivo, por lo cual es considerada una de las principales forrajeras capaz de brindar grandes cantidades de forraje verde, alrededor de 60 a 80 ton/FV/ha/año y en materia seca una producción de 14 a 20 ton/ms/año, Agroactivo (2017); SAGRA (2016).

### ***Abunda Verde***

Es una variedad de alfalfa con características de precocidad y de excelente producción por su mayor cantidad de hojas y tallos succulentos, entre otras características se tiene la excelente palatabilidad y digestibilidad, esta variedad fue desarrollada para pastoreo continuo; las características predominantes son las hojas con tres folíolos aserrados en la parte superior; además, de tener una flor violácea o azul espiralados; por otro lado, es resistente a climas adversos, plagas, enfermedades como el pulgón verde, Usca (2015).

## **Parámetros Productivos**

### ***Rendimiento***

El rendimiento anual de la alfalfa es de hasta 30 tonelada de MS/ha, con hasta el 22% de proteína y 70% de digestibilidad, Avci & Yucel (2010); Mendoza *et al.*, (2010); para el ganado esta se puede consumir como materia verde, henificada o ensilada, Mejía-Delgadillo *et al.*, (2010) , entre otros usos que se da a esta especie es la de cobertura vegetal ya que evita la degradación de las praderas y mejora la sostenibilidad de la agricultura y ganadería, Ji-shan Chen *et al.*, (2012); con respecto a la frecuencia e intensidad de corte esta se define en relación al estado de desarrollo de la planta, Hernández *et al.*, (2012); Celebi *et al.*, (2010) reporta el mayor rendimiento en alfalfa obtenido con densidades de 25 plantas por m<sup>2</sup>.

## ***Materia Verde y Seca***

La alfalfa es conocida como la fabácea más cultivada y utilizada en la alimentación animal a nivel mundial, Valencia *et al.*, (2019) mencionan que el rendimiento anual por hectárea de alfalfa es de 86 toneladas de materia verde.

La materia seca, es uno de los análisis más simples que se puede realizar a los recursos alimenticios, ya que se cuantifica como el residuo que queda después de extraer toda el agua de un determinado suplemento alimenticio o muestra de pasto, Armijos (2014).

El contenido de materia seca (MS) del forraje, se obtiene después de retirar el agua que contienen las plantas cuando se encuentran en estado fresco o verde, esta labor se realiza en laboratorio donde se encuentra a disposición hornos de ventilación forzada o estufas a temperaturas de 60 a 105°C por 24 a 48 horas, este tiempo puede variar ya que el procedimiento se lleva a cabo hasta que la muestra obtenga un peso constante. Este parámetro se expresa en forma proporcional; es decir, el porcentaje del forraje fresco total cosechado, Escobar *et al.*, (2020).

## ***Digestibilidad y Degradabilidad***

La degradabilidad y digestibilidad son conceptos fundamentales para determinar el valor nutritivo de diferentes alimentos; la digestibilidad pone como referencia la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o durante procesos químicos realizados en laboratorio, consecuencia de actividad microbiana anaerobia ruminal, además, esta permite estimar la cantidad de nutrientes que se encuentra presente en un alimento; por otro lado la degradabilidad, tiene como referencia a la cantidad de elementos integrantes que se descomponen de un alimento al ser sometidos a un proceso biológico o químico, Castaño-Quintana *et al.*, (2013).

## **Proceso de Digestión en Rumiantes.**

Los rumiantes tienen cuatro compartimentos: rumen, retículo, omaso y abomaso; de los cuatro compartimentos, el de más volumen es el rumen que está formado por una membrana

mucosa, cuya funcionalidad es la de ejercer el mecanismo de absorción de ácidos grasos volátiles que se originan durante la digestión; además de eso también se da la absorción de amoníaco que es el resultado de la hidrólisis de la urea que tiene su origen en la saliva, Stefanska *et al.*, (2008).

El material que no se absorbió en el rumen es asimilado en el omaso, ya que este posee pliegues con papilas que cumplen esta función, por lo cual, en este lugar se genera material concentrado debido a que se da la absorción de líquidos por lo que se disminuye las enzimas, Muñoz (2020).

Cuando este material llega al abomaso, empieza a segregar pepsina y ácido clorhídrico, cuyos componentes se encargan de la hidrólisis de la proteína; en esta fase, se encuentra resultado final de la digestión microbiana formada en el rumen, considerando que este compartimento tiene funcionamiento similar al de los monogástricos se da la degradación a base de enzimas digestivas ya debido a que se encuentra con un pH de 2 y 3, Bochi & Valdés (1999).

### **Microorganismos en el Rumen**

En el rumen se encuentran diferentes microorganismos tales como bacterias y protozoarios, la concentración en la cual se encuentran está directamente relacionada con la dieta; las bacterias son las encargadas de generar los ácidos grasos volátiles los cuales son neutralizados por acción de la saliva, los compuestos antes mencionados son representan la principal fuente de energía en los rumiantes, Rodríguez *et al.*, (2007).

Los microorganismos se encargan de sintetizar proteínas propias lo que genera una fuente importante de nitrógeno que no afecta a la producción de aminoácidos esenciales, ya que las bacterias se encargan de sintetizarlos, González *et al.*, (2015).

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

La técnica de degradabilidad *in-situ*, consiste en realizar bolsas de tela sintética he introducir las dentro del rumen de animales fistulados, donde serán incubadas en contacto con



microorganismos propios del rumen a diferente tiempo; de esta manera se obtendrá el grado de degradabilidad del alimento colocado en la muestra, Ørskov *et al.*, (1980).

Como lo menciona, Vera & Aragundi (2014), esta técnica tiene como principio la deshidratación de los elementos, ya que las bolsas de tela sintética se someten a 135°C durante 7 horas en la estufa, y se coloca de 5 a 10 gramos de muestra en cada una de ellas, implementado 2 repeticiones por hora de incubación.

Las muestras se colocan dentro del animal fistulado, y se sujetan las bolsas a una distancia entre la cánula y la bolsa de aproximadamente 50 cm, después de transcurrido el tiempo designado para el análisis las muestras, se deben recolectar de manera secuenciada y las estas deben ser enumeradas según sea la extracción para evitar confusiones en la interpretación de datos, una vez extraídas las bolsas estas deben lavarse con agua limpia para detener el proceso de degradabilidad producida por los restos de líquido ruminal, una vez realizado este paso se colocan las bolsas en la estufa hasta eliminar toda la humedad, Cuenca (2015).

## **Fertilización**

La fertilización es el proceso que consiste en cubrir los requerimientos nutricionales de las plantas, tomando en cuenta los elementos disponibles del suelo, considerando que la alfalfa es un pasto usado en la alimentación de varias especies de uso zootécnico; es necesario conocer los nutrientes que esta necesita para su crecimiento adecuado; se debe considerar que las plantas son el reflejo del suelo en el que crecen, y los animales son el producto del alimento que consumen, conocer los requerimientos nutricionales de este pasto es de gran importancia para el crecimiento y desarrollo de las diferentes especies que la incluyen en su dieta, Pinheiro *et al.*, (2021).

Cuando se cultivan plantas forrajeras, es conveniente aplicar fertilizantes de 30 a 45 días después de la siembra, esta aplicación dependerá del tiempo de germinación ya que el aprovechamiento de fertilizantes, tiene que ver con el sistema radicular y su desarrollo; la

cantidad de fertilizante que se usa para este cultivo se debe determinar mediante un cálculo en base a un análisis de suelo. Si la alfalfa es sembrada adecuadamente, en un suelo que se encuentre en condiciones apropiadas para sostener a este cultivo, se asumirá que los nódulos de las raíces fijan efectivamente el nitrógeno atmosférico; es decir, las cantidades de este elemento se mantendrán en renovación continua de manera natural, FAO -56 (2006).

Los elementos esenciales para las plantas se dividen en macro y micro elementos, existen 16 principales y se muestran a continuación:

**Tabla 2**

*Composición de macro y micro elementos presente en los fertilizantes*

<b>Elementos</b>	<b>Composición</b>
Macro Elementos Primarios	Nitrógeno, Fósforo y Potasio
Macro Elementos Secundarios	Azufre, Calcio y Magnesio
Micro Elementos	Hierro, Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Molibdeno y Cloro

*Nota.* Autores: León *et al.*, (2018)

Padilla (1979), muestra la cantidad de fertilizante adecuado para el cultivo de alfalfa posterior al análisis de suelo, las cantidades se muestran a continuación:

**Tabla 3**

*Recomendación para la fertilización (kg/ha) en el cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.)*

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad Kg/ha</b>
N	215*
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	60
K <sub>2</sub> O	130
CaO	164
MgO	19
S	19

*Nota.* \*Los cultivos de leguminosas pueden obtener su propia fuente de nitrógeno de manera natural. Autor: Padilla (1979)

### ***Importancia de los Fertilizantes***

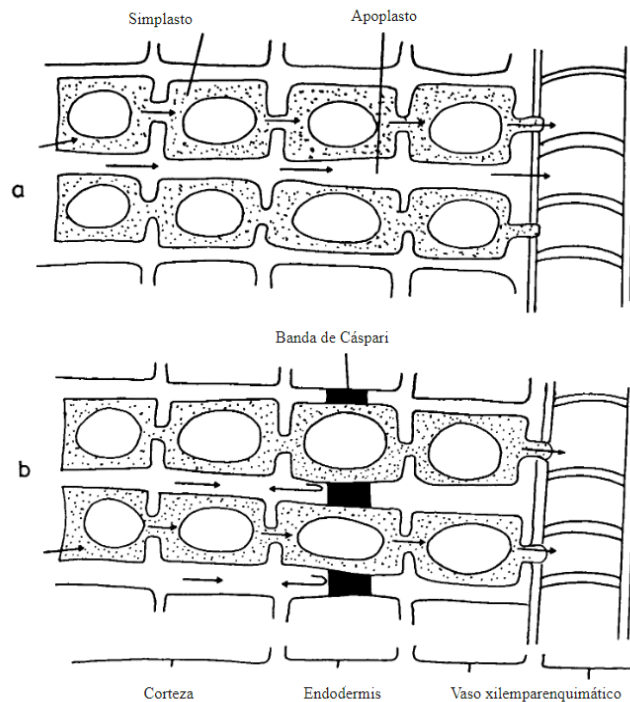
Cuando hay escases de nutrientes en un cultivo, el crecimiento se ve afectado y su rendimiento es reducido, tomando en cuenta que los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas se encuentran principalmente en el suelo, la absorción de los mismos directamente de esta fuente permitirá que los cultivos tengan un mejor desarrollo y rendimiento; por lo antes mencionado, la fertilización representa una actividad necesaria para proveer a los cultivos de nutrientes que se encuentran en escases en el suelo, provocando que estos mejoren su rendimiento y en ciertas circunstancias dupliquen o tripliquen esta característica productiva, FAO (2018).

### **Fisiología de la Absorción Radicular**

Los tejidos radiculares, se distinguen entre pared celular y la fracción citoplasmática en relación al transporte de agua y solutos, el apoplasto que es la fracción de pared celular, comprende las partes del tejido que se encarga de la absorción de solutos y agua sin que estos traspasen la membrana; por otro lado, los poros y los espacios intercelulares del apoplasto permiten la circulación libre del agua. El citoplasma de una célula vegetal se encuentra unida o ligada al citoplasma de otra célula que se encuentre junto a ella, esta unión está dada por estructuras llamadas plasmodesmatas, cuya unión entre si forma el simplasto, el cual es otro camino de transporte para el agua y solutos. La absorción de agua desde el medio edáfico se presenta principalmente por la acción capilar y la osmótica; la primera aumenta según la superficie que tengan los poros y canales de la pared celular, Mengel (2000).

## Figura 1

*Transporte centrípeto del agua a través de los vasos de la raíz*



*Nota.* a) Raíz sin suberizar. b) Raíz suberizada con capa Caspariana permitiendo solo el transporte simplástico. Autor: Mengel (2000).

## Aprovechamiento de la Alfalfa y su Fertilización

Para la utilización correcta de la alfalfa se debe considerar el crecimiento de la planta y la cantidad de nutrientes que se acumulan a nivel de raíz y corona, cuando estas se encuentran en etapas específicas como es el momento de corte o pastoreo, Macías (2013).

Para el rebrote la planta usa las fuentes de energía acumuladas principalmente de la raíz, por lo cual cuando se realiza el manejo de alfalfa esta debe completar la extracción y reposición de las reservas que se encuentran acumuladas en estos órganos para no perjudicar mencionado proceso, Macías (2013).

## **Épocas de Corte**

El momento más oportuno para el corte de la alfalfa es cuando esta tenga un 80% de brotes florales y un 10% de floración; con respecto al rebrote, este dependerá de la cantidad de reservas que tenga el cultivo, la cantidad disminuirá si los cortes se realizan con más frecuencia, Suttie (2003).

Cuando en el cultivo comienzan a aparecer las primeras flores, se puede realizar el primer corte con fines didácticos, ya que se tendría el criterio de que el cultivo se encuentra con un 10% de floración o con una altura de rebrote basar dentro de un promedio menor a 5 centímetros. El mejor momento de corte o pastore es cuando el cultivo ofrece un alto valor nutritivo y la mejor cantidad de materia seca; por otro lado, el criterio más usado para esta actividad es el estado fisiológico que toma en cuenta la aparición de flores o rebrotes de corona, Romero *et al.*, (1995).

## **Frecuencia de Corte**

Esta actividad está relacionada con el manejo del cultivo, ya que se debe tomar en cuenta la fecha del último corte o la siembra del cultivo. El rendimiento se ve afectado cuando los intervalos de corte son reducidos; es decir, entre más frecuentes son los cortes el cultivo se agota con más rapidez. Otro criterio a tomar en cuenta es la fecha del último corte, ya que con esta se puede determinar el rendimiento y persistencia del cultivo, permitiendo que los cortes se hagan en tiempos adecuados, Ruíz (2004).

## **Hidroponía**

La palabra hidroponía significa trabajo en agua, esto debido a que se encuentra formada por dos palabras de origen griego “Hidro” agua y “Ponos” trabajo; a pesar de su actual relevancia esta es una práctica ancestral desarrollada por culturas antiguas como la azteca, egipcia, babilonia, entre otras. La hidroponía mediante diferentes estructuras permite producir diferente tipo de plantas dentro de la clasificación según su estructura, entre estas se mencionan a herbáceas y semi leñosas, para este tipo de producción no se requiere el uso de

suelo, por lo cual es una técnica alternativa en zonas con suelos con problemas de salinidad, infértiles, degradados, contaminados y con alta incidencia de enfermedades, Beltrano & Giménez (2015).

La hidroponía permite producir plantas de buena calidad; además, de un estado sanitario excelente, dada esta característica se convierte en una técnica adecuada de aprovechamiento de espacio ya que se puede tener excelente producción en lugares como terrazas, techos o azoteas; aprovechando el recurso agua, luz y diferentes nutrientes de manera eficiente. Según la finalidad y recursos que se tengan dentro de la producción los sistemas hidropónicos se puede clasificar en sistemas hidropónicos en agua y sistemas semi-hidropónicos con el uso de sustratos, Beltrano & Giménez (2015).

### ***Potencial de Agua en el Estado Hídrico de la Planta***

Para mantener y reparar estructuras las plantas requieren de energía constante, para generar esta energía se dan procesos constantes de acumulación de solutos, reacciones químicas y transporte que a su vez conlleva el aporte de energía libre a la planta, Beltrano & Giménez (2015).

El potencial de agua está determinado por cinco factores: concentración, presión, temperatura, gravedad y potencial eléctrico; estos factores actúan aumentando o disminuyendo dicho potencial; ya que se está hablando de una molécula de agua neutra el potencial eléctrico no afecta al potencial químico, de esta manera solo la presión, temperatura y gravedad son capaces de modificar el valor de este parámetro, Beltrano & Giménez (2015).

Cundo se produce una diferencia en el potencial por la adición de un soluto esto provoca un movimiento en el agua a través de una membrana semipermeable, este movimiento es conocido como osmosis y la presión que se ejerce para que este sistema se mantenga en equilibrio es conocida como presión osmótica, esta misma fuerza hace que el agua se mueva acode al mayor potencial; es decir, el agua se moverá del espacio de mayor potencial al de menor potencial, este comportamiento explicaría el paso del agua a las raíces y posteriormente

al tallo, hojas y su paso final en forma de vapor a la superficie de la planta, Beltrano & Giménez (2015).

### ***Balance Hídrico y Déficit Hídrico***

La eficiencia que tienen las planta al usar el recurso agua se expresa como un coeficiente:  $\text{Requerimiento hídrico} = \text{agua perdida (kg)} / \text{materia seca formada (kg)}$ , Beltrano & Giménez (2015).

Cuando las plantas se encuentran en ambientes moderados para su desarrollo mantienen un grado de turgencia adecuado para el metabolismo de cada organismo, esta situación puede ser variable en el transcurso del día por el cambio en las condiciones ambientales. Durante el día el balance hídrico es normalmente negativo y suele restaurarse durante la noche, siempre y cuando haya suficiente agua para equilibrar este déficit; cuando las plantas se encuentran en un sistema hidropónico, el déficit hídrico se presenta con menor probabilidad, este dependerá de la cantidad de agua que absorban las raíces con relación a la transpiración de la misma, Beltrano & Giménez (2015).

Cuando el balance hídrico se ve afectado o es negativo, las plantas presentan varios síntomas que afectan a el organismo a nivel morfológico, metabólico y fisiológico; donde el primer mecanismo en verse afectado es el crecimiento celular, y posteriormente la fotosíntesis ya que se produce el cierre de estomas, provocando decaimiento en el rendimiento y la producción de biomasa con impacto significativo a nivel agronómico, Beltrano & Giménez (2015).

### ***Sistemas Hidropónicos en Agua***

La hidroponía mantiene un flujo laminar de nutrientes en su estructura, una técnica mayormente empleada es la NFT (Nutrient Film Technique), que consiste en la recirculación de la solución nutritiva, que es absorbida por las raíces de los cultivos ubicado en las diferentes estructuras, esta descripción corresponde a un sistema cerrado que permite que la solución

tenga un taque y este pueda seguir fluyendo con un determinado caudal, Brenes & Jiménez (2014).

### ***Sistemas Semi-hidropónicos***

Esta técnica combina el conocimiento de agricultura en suelo con la de agricultura en agua, es decir que permite que cultivos puedan desarrollarse en una superficie que les dé satén durante el ciclo productivo (sustratos), y tener los nutrientes necesarios a disposición durante su crecimiento mediante fertirrigación, Beltrano & Giménez (2015)

### ***Cultivos en Sustrato***

Según, Beltrano & Giménez (2015) dentro de este tipo de cultivos se diferencian dos grupos:

- Alta (CIC): dentro de este grupo se encuentran los sustratos con alta capacidad de intercambio catiónico que le atribuye características de estabilidad ante variables como es el pH y la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva entre los principales materiales o sustratos que se encuentran en esta clasificación tenemos: turba, fibra de coco, vermiculita
- Baja (CIC): Por el contrario, al grupo anterior este se refiere a los sustratos que tienen baja capacidad de intercambio catiónico es decir que son muy sensibles a los cambios tanto de pH como de CE, los materiales que se encuentran dentro de esta clasificación son: perlita, arena, lana de roca meq/100 gr.

### **Fertirrigación**

La fertirrigación es una actividad fundamental en la producción de este tipo de cultivos ya que su principal objetivo es el de conseguir el equilibrio del sistema rizosfera-planta-atmosfera, para conseguir este objetivo es preciso conjugar un aporte hídrico, que permita compensar las demandas del cultivo en función al ambiente, las restricciones hídricas o situaciones de estrés en términos generales; la implementación de este control será eficiente únicamente si se tiene control sobre radiación, déficit de presión de vapor, renovación del aire,



concentración de CO<sub>2</sub>, temperatura, entre otros factores que inciden en la evapotranspiración del cultivo, Beltrano & Giménez (2015).

### ***Solución Nutritiva***

La solución nutritiva es una sustancia que provee de agua y nutrientes esenciales para un buen desarrollo a las plantas; para que una solución nutritiva se considere completa debe tener los siguientes componentes Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S), Hierro(Fe), Molibdeno(Mo), Boro(B), Zinc(Zn), Níquel(Ni) y Cobre(Cu); ya que las plantas no pueden asimilar estos elementos en forma simple, se los debe colocar en forma de iones; los factores más importantes a considerar es el pH ya que de este dependerá que los nutrientes se mantengan disueltos en la solución, el rango para que esto suceda debe estar entre 5,8 y 6,5; otro de los factores es la conductividad eléctrica, que nos permite tener una idea de la cantidad de sales disueltas en la solución el rango adecuado es de 1,8 a 2,3 mmhos/cm, si este rango no es adecuado la disponibilidad de nutrientes se puede ver afectada, Beltrano & Giménez (2015).

### ***Sustratos***

Es un material que sustituye algunas de las funciones que el suelo ofrece a la planta, entre las principales se encuentra el brindar sostén y proteger el sistema radicular de la misma; también cabe mencionar que se encarga de retener humedad y nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo, Martínez & Roca (2011).

Según, Beltrano & Giménez (2015), los sustratos están formados por tres fases mostradas a continuación:

- Fase sólida: corresponde a las partículas de las cuales se encuentra formado el sustrato
- Fase líquida: está formada por las soluciones que contienen sustancias disueltas y el agua contenida en dicho material.
- Fase gaseosa: corresponde a los poros o espacios de aire dentro de la estructura del sustrato.

Un sustrato se puede definir por su comportamiento como medio de cultivo, basándose en características biológicas, físicas y químicas; al evaluar cada particularidad de los sustratos se puede determinar el mejor para cierto tipo de cultivo, de esta manera obtener los mejores rendimientos productivos; los principales factores que permiten valorar el uso de un sustrato es el manejo del riego, material vegetal a cultivar, condiciones ambientales y económicas del lugar en el que se encuentre el sistema, Beltrano & Giménez (2015).

Las principales características que debe tener un sustrato para que sea favorable para el cultivo son:

- Porosidad: es el volumen total que no se encuentra ocupado por partículas sólidas, es decir, que se encuentra libre hasta ser ocupado por aire o agua; la aireación debe estar entre 20 y 30% es decir que el volumen de oxígeno del sustrato después de drenar el agua que se colocó durante una saturación del medio. Para elegir un sustrato se debe considerar que las estructuras sean estables y muy porosas ya que de esta manera se evitará la falta de oxígeno en la zona radicular, además la retención de humedad es un factor muy importante a considerar ya que de este dependerá la disponibilidad de nutrientes que tenga la planta para realizar los diferentes procesos metabólicos, Beltrano & Giménez (2015).
- Capilaridad: es la capacidad que tiene un sustrato de absorber y distribuir la solución nutritiva a través de los microporos, cuando se usa un sistema de riego por goteo esta característica es esencial ya que se necesita que el agua se distribuya a partir del punto de goteo hacia los lados de manera horizontal; cuando los sustratos no cuentan con esta características la solución nutritiva tiende a ir hacia abajo de manera vertical, provocando que se drene antes de ser aprovechada por la planta, Beltrano & Giménez (2015).
- Estabilidad física: Cuando se desea manejar cultivos de larga duración es preciso tener a consideración este factor ya que la compactación y descomposición del sustrato

disminuye el espacio poroso y la capacidad de aireación del cultivo, Beltrano & Giménez (2015).

- Peso: para sistemas hidropónicos o semi-hidropónicos es recomendable usar materiales livianos ya que este facilita el manejo entre los más usados se encuentran perlita, vermiculita, lana de roca, fibra de coco, entre otros. En el otro extremo se encuentra la arena y las gravas, Beltrano & Giménez (2015).
- Disponibilidad y costo: el sustrato que se determine como la mejor opción debe estar disponible en el medio comercial, además este debe ser de bajo costo ya que este factor es uno de los más decisivos al momento de instalar un sistema con sustrato, Beltrano & Giménez (2015).

Con respecto a las propiedades químicas, este debe tomar en cuenta las siguientes características mencionadas por, Beltrano & Giménez (2015):

- Capacidad de intercambio catiónico: esta característica debe ser variable según la fertirrigación que se aplique al cultivo ya que esta puede ser permanente o intermitente, la capacidad que tiene un suelo o sustrato para retener o liberar iones positivos dependerá de su composición, por lo cual, la CIC del sustrato afecta la cantidad y frecuencia de la aplicación de fertilizantes
- Capacidad tampón: esta característica debe ser elevada ya que es necesario que el pH del sustrato permanezca constante o estable.
- Baja Salinidad.

Para los sistemas semi-hidropónicos se pueden emplear sustratos con diversos orígenes como se muestra a continuación:

## **Materiales Orgánicos**

Los productos considerados como sustratos de materiales orgánicos se pueden clasificar en naturales y sintéticos; los naturales son producto de la descomposición biológica de material vegetal y subproductos o residuos industriales; por otra parte, los sintéticos son todos los materiales considerados polímeros orgánicos no biodegradables que se obtiene de industrias de plásticos, Martínez & Roca (2011).

## **Minerales**

Los materiales minerales usados como sustrato se dividen en naturales y procesados, los primeros son productos de roca y minerales que no necesariamente requieren de un proceso de transformación; diferente de los procesados, donde los materiales han sufrido de transformaciones físicas o químicas que alteran sus propiedades originales, Martínez & Roca (2011).

## **Pomina**

La principal función que tiene como sustrato es la de aireación y drenaje del agua o solución nutritiva; es un material de origen volcánico, cuyo proceso para modificar su estructura es la de someterlo a 1000°C, entre otras características, la composición de este material es bióxido de magnesio y sodio en forma de óxidos, Martínez & Roca (2011).

### **Tabla 4**

*Características físico-químicas de la pomina*

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
Densidad aparente (g.cm <sup>-3</sup> )	0.14
Porosidad Total (%)	86
Capacidad de retención de agua fácilmente disponible (%)	24,6
Capacidad de intercambio calórico en 100 gramos (meq.g <sup>-1</sup> )	1,5-2,5
Poder tampón	Muy bajo

*Nota.* Atores: Martínez & Roca (2011).

## **Métodos de producción en Alfalfa**

### ***Alfalfa en un Sistema Hidropónico***

Esta técnica permite programar el cultivo y cosecha de forraje, en especial en épocas en las cuales es escasa la producción de forraje; el manejo que se le dé a este tipo de cultivo tendrá como resultado alimento fresco para los animales durante todo el año, Arenas (2005).

### ***Ventajas de la Técnica de Producción de Alfalfa Hidropónica***

La principal ventaja son las alternativas de negocio por la cantidad resultante de alfalfa, además, el empleo de la técnica justifica poco espacio para la producción obtenida por lo que se puede producir en lugares pequeños con similar visión productiva que un cultivo tradicional Arenas (2005).

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

La duración de este ensayo fue de 196 días, donde los primeros 42 días fueron dedicados a la limpieza del espacio, preparación de parcelas e instalación del sistema de riego, los días restantes se destinaron a la obtención y análisis de los datos recolectados para este estudio. El primer corte se realizó el a los 104 DDS cuando las parcelas tenían el 10% de la floración, mientras que el segundo corte se lo realizó a los 137 DDS cuando presentaron las mismas características para el corte.

#### Ubicación Política

La fase práctica de la presente evaluación se realizó en la parroquia de San Fernando, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha, Hacienda “El Prado”, invernadero de horticultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

#### Figura 2

*Ubicación del invernadero de horticultura IASA I*



*Nota.* Adaptado de Google maps (2023). La marca corresponde a el invernadero de horticultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I.

## Ubicación Geográfica

El invernadero de horticultura de la Hacienda El Prado se encuentra a una longitud de  $78^{\circ}24'53,5723''$ W, latitud  $0^{\circ}23'01,8802''$ S y altitud de 2712 m.s.n.m.

## Ubicación Ecológico

La Carrera de Ingeniería Agropecuario ubicada en la hacienda El Prado, se encuentra en una zona donde predomina el bosque Montano con una humedad relativa de 69% y precipitación de 1200 mm/año

## Ubicación del Ensayo

### *Ubicación del Ensayo de Materia Verde y Seca*

La evaluación del rendimiento de materia seca y materia verde, se realizó en el bloque 4 de laboratorios correspondiente a el área de suelo y química de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria del IASA I perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ubicado a 100 m del área de estudio.

## Figura 3

### *Ubicación del Laboratorio de Suelos y Química IASAI*



*Nota:* Adaptado de Google maps, (2023). La marca corresponde al *del Laboratorio de Suelos y Química IASA I*.

### ***Ubicación del Ensayo de Degradabilidad***

La preparación de muestras se realizó en el laboratorio de Suelos y Química de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, mientras que la evaluación de digestibilidad se efectuó en el área de ganadería, ubicada a una longitud de 78°24'49''W, latitud 0°23'33''S y altitud de 2750 m.s.n.m; la última parte del ensayo se ejecutó en el laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador.

### **Figura 4**

*Ubicación del Área de Ganadería IASA I*



*Nota.* Adaptado de Google maps, (2023).

### **Figura 5**

*Ubicación de la Facultad De Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador*



*Nota.* Adaptado de Google maps, (2023).



## Parámetros Ambientales

Durante 10 días se tomaron datos de humedad, temperatura y luminosidad dentro del invernadero de horticultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I, estos datos fueron observados y recopilados cada hora desde las 6am hasta las 12am. Los equipos usados fueron un termómetro e higrómetro (Elitech BT-3) y un medidor de luz (HS 1010A).

### Tabla 5

*Parámetros Ambientales del invernadero de Horticultura de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I*

Parámetro	Valor
Temperatura Máxima (°C)	33,7
Temperatura Mínima (°C)	10,98
Temperatura Promedio (°C)	22,35
Humedad (%)	50
Luminosidad Promedio (lumen/m <sup>2</sup> )	30556

*Nota.* Autoría Propia

Una vez procesados los datos se determinó que en promedio en el invernadero hubo una temperatura de 22,13°C, humedad del 50% y luminosidad de 30556 lumen/m<sup>2</sup>.

## Materiales

### ***Biológicos***

Semillas de alfalfa (*Medicago sativa*. L) de las variedades CUF 101 y Abunda Verde.

### ***Solución Nutritiva***

Nitrato de amonio, calcio y potasio, 19-19-19, Sulfato de magnesio y manganeso, Quelado de Hierro, Sulfato de Manganeso y Fosfato Monopotásico.

### ***Materiales y Equipos de Campo***

Pomina, carretilla, pala, tijera de podar, estacas de madera, plástico de invernadero, alambre, tuberías, tanques, termómetro e higrómetro (Elitech BT-3) y un medidor de luz (HS

1010A), bombas sumergibles 1/2hp, martillo, rastrillo, grapadora industrial, regla, cinta métrica, material de oficina, fundas de papel, solución de cloro 1% y cuadro de aforo de 0.25 m<sup>2</sup>

### ***Materiales y Equipos de Laboratorio***

#### **Materiales y Equipos para Determinación de Rendimiento MV y MS**

Materia verde y seca de alfalfa, frascos para muestras de orina, balanza, estufa, fundas de papel y materiales de oficina.

#### **Materiales y Equipos para Pruebas de Digestibilidad *in-situ***

Fundas de poliéster (20 x 10 cm), soga de 6 metros de largo, mallas de tela con cierre reforzado para contener las fundas de poliéster, balanza analítica, estufa, desecador, molino, selladora de fundas, pinzas, guantes de látex, materiales de oficina y vaca fistulada.

#### **Softwares**

Infostat y AutoCAD

#### **Metodología**

##### ***Metodología de Campo***

##### **Instalación de Parcelas**

El estudio estuvo comprendido por 6 parcelas de 9 m de largo y 0,8 m de ancho; es decir, un área de 7,2 m<sup>2</sup>, cada una de ellas se dividió en dos, obteniendo 12 subparcelas de 3,6 m<sup>2</sup>, donde cada una tuvo una longitud de 4,5 m y de ancho 0,8 m; estas se dispusieron en dos hileras de tal manera que se formaron 3 bloques, divididos por caminos de 0,9 m y un camino central de 0,8 m.

##### **Colocación del Sustrato**

El sustrato usado para este experimento fue pomina, la cual se colocó en las camas delimitadas con estacas de madera y plástico transparente de invernadero, con una altura de 30 cm aproximadamente y se colocó la pomina hasta alcanzar 25 centímetros de altura; a continuación, se nivelaron las camas con un rastrillo, antes de instalar el riego se sembró la semilla.

## Sistema de Fertirriego

Se colocó un sistema de fertirriego conformado por tubería principal, secundarias y 4 laterales de riego por parcela, dentro de este sistema se colocaron dos tanques de 200 litros con bombas sumergibles de ½ HP considerando el largo de las camas se colocaron los emisores cada 30 cm dando un total de 30 emisores por lateral y con un caudal de 2,1 L/h; para complementar esta información se determinó el caudal de los laterales de riego y el del sistema con la siguiente formula:

$$Q_{laterales} = Q_e * N^{\circ} \text{emisores}$$

$$Q_{laterales} = 2,1 \text{ L/h} * 30$$

$$Q_{laterales} = 63 \text{ L/h}$$

$$Q_{sistema} = Q_l * N^{\circ} \text{de laterales}$$

$$Q_{sistema} = 63 \text{ L/h} * 12$$

$$Q_{sistema} = 756 \text{ L/h}$$

El caudal de los laterales de riego y del sistema considerando los valores obtenidos tanto teóricamente como prácticos es de 63 l/h y 756 l/h respectivamente.

## Tiempo de Riego

Para las bombas sumergibles se consideró una altura de seguridad de 18,5 metros el cual asegura el buen funcionamiento del equipo, además, que impide que esté presente daños en su estructura, debido a esta consideración se aplicó la siguiente fórmula para determinar el volumen aprovechable:

$$\text{volumen del tanque} = \pi * r^2 * h$$

$$\text{volumen del tanque} = \pi * 0,29^2 * 0,575$$

$$\text{volumen del tanque} = 0,152\text{m}^3 * 1000 = 152 \text{ L}$$

El volumen aprovechable del tanque es de 152 litros, este valor se usó para determinar el tiempo en el que el tanque podrá realizar los riegos empleando la fórmula de caudales:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{152 L}{756 L/h}$$

$$t = 0,201 h * 60 = 12,06 min$$

El tiempo de riego es de 12,06 minutos, tomando en cuenta que se fijaron riegos de 3 días semanales con 2 minutos de riego cada uno, se definió que por semana se regaría durante 6 minutos, es decir, que los tanques con la solución nutritiva se llenaron cada dos semanas.

### **Densidad de Siembra**

Se realizó siembra directa para las dos variedades de alfalfa CUF 101 y Abunda Verde, colocando 3 semillas por golpe con distancia entre planta e hilera de 15 cm, además se efectuó el cálculo de número de plantas con la siguiente formula:

$$Densidad\ de\ plantación = \frac{Area\ disponible\ para\ la\ siembra}{Area\ ocupada\ por\ la\ planta}$$

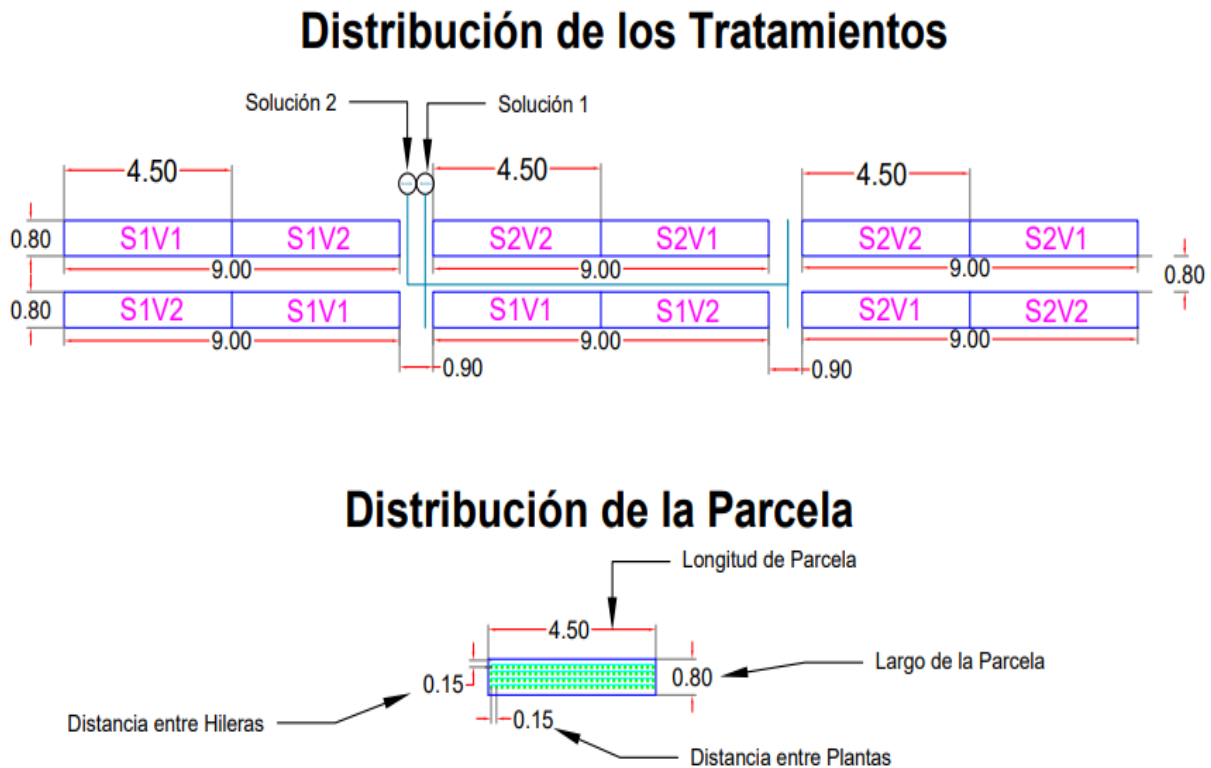
$$Densidad\ de\ plantación = \frac{2,7\ m^2}{0,0225m^2}$$

$$Densidad\ de\ plantación = 120\ plantas$$

Obteniendo así un total de 120 plantas por subparcela, considerando que se realizaron 3 repeticiones por variedad para cada solución nutritivas de cada variedad se sembraron sub parcelas, es decir, que por variedad se tuvo un total de 720, lo cual fue suficiente para realizar los análisis propuestos en esta investigación.

**Figura 6**

*Distribución de parcelas y tratamientos*



*Nota.* Distribución de tratamientos dentro de las parcelas considerando que S1: solución nutritiva 1, S2: solución nutritiva 2, V1: variedad CUF 101, V2: variedad Abunda Verde

### Formulación de Soluciones Nutritivas

Las soluciones nutritivas se formularon con bibliografía antigua y cálculo mediante tanteo respectivamente, usando los fertilizantes que se tenían a disposición en la bodega de fertilizantes de la Carrera de ingeniería Agropecuaria IASA I.

De esta manera se inició el método de tanteo para las dos soluciones nutritivas, esta técnica se usó ya que no se tiene registros de requerimiento para el cultivo en documentos anteriores, para el sistema semi hidropónico planteado en esta investigación.

**Tabla 6***Formulación de la primera solución nutritiva*

Fertilizantes	Cantidad g/m <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	NH4 NO3	PO4	SO4	Fe	Mn
Nitrato de Calcio	218	53,25			37,2				
Nitrato de Potasio	91			35,19	12,6				
19-19-19	84			13,28	16	6,98			
Nitrato de amonio	11				1,7				
Sulfato de magnesio	83		8,18				10,8		
Quelato Fe	9							61,6	
Sulfato de Mn	43,45						10,7		6,25
Suma	539,45	53,25	8,18	48,47	67,5	6,98	21,5	61,58	6,25

*Nota.* Solución nutritiva formulada con el método de tanteo, J. Tigrero, comunicación personal, (2022)

**Tabla 7***Formulación de la segunda solución nutritiva*

Fertilizantes	Cantidad g/m <sup>3</sup>	Ca	Mg	K	NH4 NO3	PO4	SO4	Fe	Mn
Nitrato de Calcio	491,3	120			83,8				
Fosfato Monopotásico	52,2			15		11,8			
19-19-19	132			20,75	25	10,91			
Sulfato de magnesio	243,4		24				31,67		
Quelato Fe	34,21					22,71		5,0	
Suma	953,11	120	24	35,75	108,8	6,98	31,67	5,0	0

*Nota.* Solución nutritiva formulada con el método de tanteo, J. Tigrero, comunicación personal, (2022)

## **Metodología de Laboratorio**

### **Determinación de Rendimiento de Materia Verde**

Se elaboró un cuadro de aforo de madera con un área de 0,25 m<sup>2</sup> el cual fue lanzado sobre cada subparcela de 3,6 m<sup>2</sup>, con la tijera de podar previamente desinfectada con una solución al 1% de cloro se procedió a cortar la materia verde que se encontraba dentro el área del cuadro de aforo, posteriormente se guardó la alfalfa cortada en bolsas de papel, este procedimiento se repitió en las 12 subparcelas, desinfectando las tijeras en cada una, para iniciar el corte y se colocó la materia verde en bolsas de papel individuales escribiendo un código único para cada muestra recolectada.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos y química de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria del IASA I, donde fueron pesadas con una balanza analítica y se anotó cada valor tomando en cuenta dos decimales.

$$x = \frac{W_{MV} * 1000m^2}{A_{ca}}$$

Donde:

$W_{MV}$ : es el peso de la materia verde recolectada con el cuadro de aforo expresada en kg

$A_{ca}$ : área del cuadro de aforo usado para la medición expresada en m<sup>2</sup>

$x$ : valor de rendimiento de MV expresado en kg/ha

### **Determinación de Rendimiento de Materia Seca**

El valor obtenido de materia verde del análisis anterior se tomó en cuenta como valor inicial para la determinación del valor de materia seca, de esta manera el material previamente pesado se colocó nuevamente en bolsas de papel y se llevó a la estufa la cual se la programó a una temperatura de 65°C durante 24 horas, después de este tiempo se sacaron las muestras de la estufa, y se pesó el contenido de las bolsas de papel con una balanza analítica y se anotó cada valor tomando en cuenta dos decimales.

Para determinar el porcentaje de materia seca en cada tratamiento se usó la siguiente formula:

$$\%MS = \frac{W_i}{W_f} * 100$$

Donde:

$W_i$ : peso de la materia verde antes de ingresar a la estufa expresada en gramos

$W_f$ : peso de materia seca después de ingresar a la estufa expresada en gramos

$\%MS$ : valor del porcentaje de materia seca de la muestra

Usando la expresión que se muestra a continuación se evaluó el rendimiento por hectárea de materia seca por cada tratamiento:

$$x = \frac{W_{MS} * 1000m^2}{A_{ca}}$$

Donde:

$W_{MS}$ : peso de materia seca después de ingresar a la estufa expresada en kg

$A_{ca}$ : área del cuadro de aforo usado para la medición expresada en m<sup>2</sup>

$x$ : valor de rendimiento de MS expresado en kg/ha

### **Determinación de Rendimiento de Digestibilidad *in-situ***

Para determinar la degradabilidad *in-situ* se elaboraron fundas de poliéster de 0,10 x 0,20 m estas fueron elaboradas térmicamente con el uso de una selladora donde se imprimió calor en los tres bordes de la tela de poliéster, dejando el borde superior abierto, además se aseguró de que el material tenía un tamaño de poro que va en un rango de 40 a 46  $\mu$ , el cual es preciso para permitir el paso de microorganismos del rumen al interior de las fundas.

Las fundas fueron etiquetadas con un código único y colocadas en la estufa a 65°C durante 2 horas, una vez secas se las colocó en el desecador para evitar que estas vuelvan a adquirir la humedad eliminada en la estufa, posteriormente se las pesó en una balanza



analítica, luego de este proceso se procedió a pesar 5 gramos de alfalfa previamente seca y molida y se colocó en las fundas ejerciendo el menor contacto posible con las manos, es decir se usaron pinzas y guantes de látex para evitar el contacto directo tanto con la muestra como con la funda , inmediatamente después de que se les colocó la alfalfa las fundas fueron selladas para evitar la pérdida de la muestra, se repitió este proceso para todas las fundas dejándolas siempre dentro del desecador para evitar que se humedezcan.

Las muestras preparadas y etiquetadas fueron llevadas en bolsas con cierre hermético a el área de ganadería donde se colocaron en las bolsas tipo malla, se usaron 20 de estas bolsas y se colocaron en su interior 3 fundas de poliéster correspondiente al tratamiento con sus respectivas repeticiones incluyendo los blancos, se hicieron grupos de 4 bolsas correspondientes a cada hora de análisis (0, 3, 6, 12 y 24 horas), cada conjunto de bolsas fue amarrada en la soga con una distancia entre grupo de un metro, y se hicieron nudos a cada extremo de los grupos de bolsas tipo malla para evitar que los tratamientos se mezclen.

Se colocó a la vaca en la manga de manejo y se procedió a retirar la fistula realizando presión sobre ella, una vez retirada la fistula se introdujo las bolsas empujándolas dentro de la parte ventral, hasta que estas toquen el líquido ruminal, las bolsas se colocaron de tal manera que las muestras que debían ser extraídas en un intervalo de tiempo más prolongado queden al fondo de la cavidad, mientras que los blancos que fueron extraídos después de un minuto de estar dentro de la cavidad fueron colocadas más superficialmente.

Una vez cumplidos los tiempos, se procedió a extraer las fundas y colocarlas en agua fría para detener proceso de digestibilidad de los microorganismos, luego se lavaron las muestras hasta que el agua resultante no se encuentre turbia, se volvieron a colocar las fundas de poliéster en las fundas bolsas con cierre hermético para ser transportadas al laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, donde se realizaron seis lavadas más, para posteriormente ser colocadas en la estufa a 65°C

durante 12 horas. Una vez secas las fundas fueron colocadas en un desecador y pesadas con una balanza analítica.

Para determinar el porcentaje de digestibilidad de las muestras se aplicó la siguiente fórmula:

$$ISDMD (\%) = \frac{W_i - W_f}{W_i} * 100$$

Donde:

$W_i$ : peso de la materia seca y molida expresada en gramos

$W_f$ : peso de materia seca después de ingresar a la vaca fistulada expresada en gramos

ISDMD (%): siglas en ingles de “*in-situ* dry matter digestibility” expresada en porcentaje

## **Diseño experimental**

### ***Variables de Entrada y Salida***

Variables de entrada: Plantas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) de las variedades CUF 101 y Abunda Verde; soluciones nutritivas usadas en cada variedad y los tiempos de análisis (cortes y tiempo de exposición dentro del rumen)

Variables de salida: Cantidad de materia verde, contenido de materia seca y digestibilidad

### ***Diseño para las Características Productivas de la Alfalfa***

Se evaluó el rendimiento de materia seca, materia verde y porcentaje de digestibilidad en dos intervalos de corte (104 DDS y 137 DDS) de dos variedades de alfalfa (CUF 101 y Abunda Verde) sometidas a nutrición proveniente de dos soluciones nutritivas, los análisis realizaron se basaron en un diseño experimental factorial  $2^3$ , bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + V_j + C_k + SV_{ij} + SC_{ik} + VC_{jk} + SVC_{ijk} + \partial_{ijkl}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$ : Variable de respuesta, rendimiento de MS, MV y Digestibilidad

$\mu$ : Media General

$S_i$ : Efecto de la i-ésima solución nutritiva

$V_j$ : Efecto de la j-ésima variedad de alfalfa

$C_k$ : Efecto del k-ésimo intervalo de corte

$SV_{ij}$ : Interacción de la solución nutritiva y la variedad de alfalfa

$SC_{ik}$ : Interacción de la solución nutritiva con el intervalo de corte

$VC_{jk}$ : Interacción de la variedad de alfalfa con el intervalo de corte

$SVC_{ijk}$ : Interacción de la solución nutritiva, variedad e intervalo de corte

$\partial_{ijkl}$ : Error del k-ésimo intervalo de corte

### **Tratamientos para la Determinación de MS, MV y Porcentaje de Digestibilidad in-situ**

Se obtuvo un total de 12 muestras por cada corte obtenidas de las dos variedades de alfalfa Abunda Verde y CUF 101, sometidas a las dos soluciones nutritivas formuladas de las cuales se realizó el proceso para obtener el rendimiento de MS y MV y porcentaje de digestibilidad, cuyo esquema está delimitado por los siguientes tratamientos:

**Tabla 8**

*Tratamientos aplicados para obtener las muestras de MS y MV y porcentaje de digestibilidad in-situ*

<b>Descripción</b>	<b>Tratamiento</b>
Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 1 + 104 DDS	Tratamiento 1
Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 1 + 135 DDS	Tratamiento 2
Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 104 DDS	Tratamiento 3
Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 135 DDS	Tratamiento 4
Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 104 DDS	Tratamiento 5
Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS	Tratamiento 6
Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 2 + 104 DDS	Tratamiento 7
Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 2 + 135 DDS	Tratamiento 8

*Nota.* Autoría Propia

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Determinación del Rendimiento de Materia Verde de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) CUF101 y Abunda verde en Base a Dos Soluciones Nutritiva

##### *Rendimiento de Materia Verde por Hectárea*

Para el rendimiento de materia verde por hectárea se realizó el análisis de la varianza (Tabla 9), donde se mostró que hay interacciones positivas con el tiempo de corte y en el modelo por lo que se pueden realizar las diferentes comparaciones de medias con respecto al rendimiento de materia verde.

##### **Tabla 9**

*Análisis de varianza ANAVA para la variable rendimiento de materia verde por hectárea*

<b>F.V.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	5,09	0,0034
Variedad de alfalfa	2,24	0,1538
Solución Nutritiva	0,00014	0,9908
Tiempo de Corte	27,43	0,0001
Variedad*Solución nutritiva	1,22	0,2849
Variedad*Tiempo de corte	0,53	0,4753
Solución nutritiva*Tiempo de corte	1,55	0,2304
Variedad*Solución*Corte	2,67	0,1218

*Nota. Valores de ( $p < 0,05$ ) muestran interacciones positivas con la variable. Autoría Propia*

Dentro del análisis de tiempo de corte, se determinaron las medias para cada tratamiento y la desviación estándar, además se aplicó el test de Tukey para identificar la diferencia entre medias.

**Tabla 10**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción con el tiempo de corte con el rendimiento de materia verde en kg/ha*

<b>Tiempo de corte</b>	<b>Media ± DE</b>	<b>Tukey</b>
104 DDS	904,34 ± 264,37	a
137 DDS	505,12 ± 82,98	b

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

El periodo de corte con mayor rendimiento por hectárea de materia verde fue a los 104 DDS un valor de 904,34 kg/ha/MV, el corte a los 135 DDS tuvo un rendimiento más bajo con valores de 505,12 kg/ha/MV como muestra la tabla 10.

**Tabla 11**

*Análisis de varianza y test de Tukey para la variable rendimiento de MV en kg/ha*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media ± DE</b>	<b>Tukey</b>
T3	1045,74 ± 213,82	a
T5	971,8 ± 287,56	ab
T1	932,8 ± 348,73	abc
T7	667,00 ± 108,88	abc
T4	561,30 ± 37,90	abc
T8	543,10 ± 53,66	abc
T2	507,35 ± 58,08	bc
T6	408,75 ± 96,69	c

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

Para determinar la diferencia entre tratamiento se realizó un análisis de varianza y se aplicó el test de Tukey para identificar la diferencia entre medias, en la Tabla 11 se muestra el análisis, donde se determinó que el mejor rendimiento fue del tratamiento 3 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 104 DDS) con 1045,74 kg/ha/MV; mientras que el menor

rendimiento se presentó en el tratamiento 6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) con 408,75 kg/ha/MV.

Como menciona, Marín (2019) en el ensayo realizado en condiciones similares a esta investigación, la variedad CUF 101 tuvo un rendimiento de materia verde de 17800 kg/ha, considerado que el mejor tratamiento para este ensayo fue T3 con esta misma variedad se identifica que el rendimiento de este tratamiento difiere en un 36,49 %; ya que presenta un rendimiento de 11304,35 kg/ha de materia verde, valor que se obtuvo al adaptar el área de cada planta (36 cm<sup>2</sup>) al tipo de siembra al voleo empleada en la investigación mencionada, es decir que los tratamientos aplicados no alcanzaron los mejores rendimientos comparados con estudios similares.

El rendimiento de materia verde según, Rojas *et al.*, (2017) muestra que la variedad CUF 101 en promedio tiene una producción de 9000 kg/ha mientras que Abunda Verde según, Grijalva *et al.*, (1995) mantiene promedios de producción de 8000 kg/ha; en sus primeros tiempos de corte (igualación. primer, segundo, tercer corte); con respecto a la evaluación realizada en este documento se vio que entre las variedades CUF 101 y Abunda Verde ya que los promedios más altos entre estas variedades son 11304,35 kg/ha y 10434,78 kg/ha respectivamente, reafirmando que CUF 101 tiende a tener mejores valores de materia verde en el tiempo de siembra, además de superar en un 20% CUF 101 y 23,3% Abunda verde al rendimiento en similar tiempo de corte.

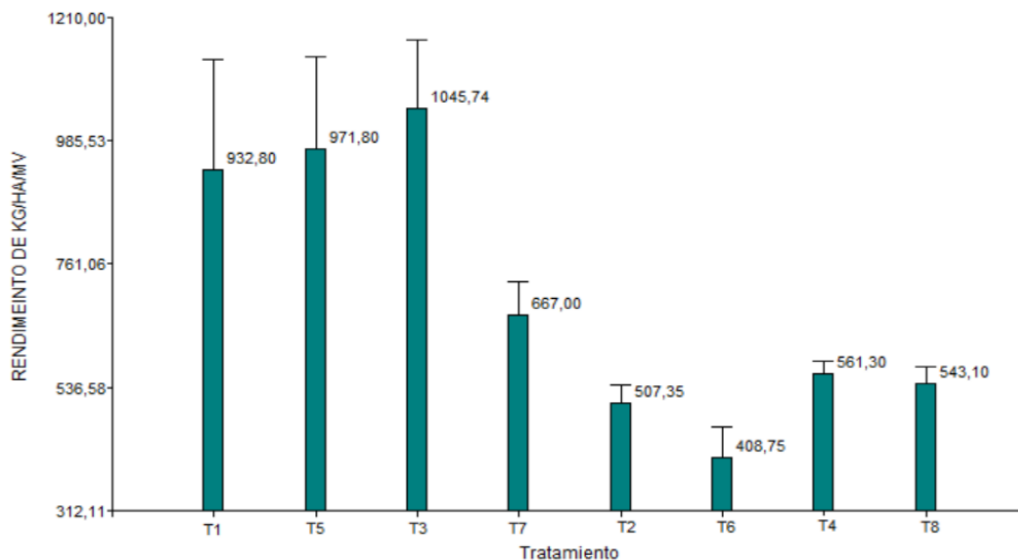
Como se puede observar los tratamientos con mejor rendimiento se muestran durante el primer corte, como menciona, Rojas *et al.*, (2017) esto se puede deber a que el segundo corte se lo realizó sin un buen intervalo de tiempo, considerando que este se lo realizó después de 31 días del primer corte (4 semanas y 3 días); como lo muestra, Mendoza *et al.*, (2010) el rendimiento aumento cuando se presentó un intervalo entre corte de 7 semanas en condiciones similares al de este ensayo; además menciona que el agotamiento nutrientes de especies

perennes es común dado que hay un incremento en las hojas en cada intervalo de corte, haciendo que los nutrientes aprovechados por la planta disminuyan ya que cada rebrote se da por traslocación de carbohidratos de las raíces a la base del tallo, provocando que la tasa de rebrote sea lenta.

Por otra parte, Rojas *et al.*, (2017) menciona que a un segundo tiempo de corte realizado después de 30 días, la cantidad de tallos rebrotados fue menor que en el corte de igualación a comparación de intervalos más prolongados de intervalo, de tal manera se observa que en el ensayo que el rendimiento en el segundo periodo fue menor siendo este justificado por lo antes mencionado, ya que el primer corte se lo realizó a los 31 días después del primer corte; al relacionarlo además con el peso se registraron en el análisis de los autores, pesos menores de materia verde en el segundo corte ya que el peso por tallo fue de 0,27 gramos mientras que en la igualación los tallos tuvieron un peso de 0,31 gramos; aludiendo que el comportamiento de las variedades sigue la misma tendencia el rendimiento de materia verde del segundo corte es menor que el primero.

### Figura 7

*Promedio del rendimiento de MV en kilogramos por hectárea*



Nota. Autoría propia

## Determinación del Rendimiento de Materia Seca de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) CUF101

### y Abunda verde en base a dos soluciones nutritivas

#### Porcentaje de MS

El análisis de la varianza para el porcentaje de materia seca (Tabla 12) muestra que hay interacciones positivas en todas las variables que se encuentran relacionadas con el porcentaje de materia seca en cada muestra.

**Tabla 12**

*Análisis de varianza ANOVA para la variable porcentaje de materia seca*

F.V.	F	p-valor
Modelo	138,79	< 0,0001
Variedad de alfalfa	5,49	0,0324
Solución Nutritiva	135,11	< 0,0001
Tiempo de Corte	186,49	< 0,0001
Variedad*Solución nutritiva	151,88	< 0,0001
Variedad*Tiempo de corte	195,34	< 0,0001
Solución nutritiva*Tiempo de corte	26,92	0,0001
Variedad*Solución*Corte	270,33	< 0,0001

*Nota. Valores de ( $p < 0,05$ ) muestran interacciones positivas con la variable. Autoría Propia*

Con respecto al porcentaje de materia seca, se realizó la comparación de medias y el test de Tukey, para determinar el mejor rendimiento en cada uno de estos parámetros, las tablas de comparación se muestran a continuación.



**Tabla 13**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de materia seca*

<b>Variedad de alfalfa</b>	<b>Medias <math>\pm</math> DE</b>	<b>Tukey</b>
Abunda Verde	21,53 $\pm$ 3,02	a
CUF 101	21,21 $\pm$ 0,86	b

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

**Tabla 14**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de materia seca*

<b>Solución</b>	<b>Medias <math>\pm</math> DE</b>	<b>Tukey</b>
Solución nutritiva 2	22,14 $\pm$ 3,84	a
Solución nutritiva 1	20,62 $\pm$ 2,15	b

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

**Tabla 15**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de materia seca*

<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias <math>\pm</math> DE</b>	<b>Tukey</b>
104	22,30 $\pm$ 2,65	a
137	20,44 $\pm$ 1,02	b

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

**Tabla 16**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de materia seca*

<b>Variedad</b>	<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Tukey</b>
Abunda Verde	Solución nutritiva 2	23,16 ± 5,42	a
CUF 101	Solución nutritiva 2	21,26 ± 0,36	b
CUF 101	Solución nutritiva 1	21,16 ± 2,71	b
Abunda Verde	Solución nutritiva 1	19,90 ± 1,50	c

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

**Tabla 17**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la variedad de alfalfa y el tiempo de corte con el porcentaje de materia seca*

<b>Variedad</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Tukey</b>
Abunda Verde	104 DDS	23,41 ± 3,40	a
CUF 101	104 DDS	21,23 ± 0,81	b
CUF 101	137 DDS	21,19 ± 0,99	b
Abunda Verde	137 DDS	19,65 ± 0,34	c

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

**Tabla 18**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción de la solución nutritiva y el tiempo de corte con el porcentaje de materia seca*

<b>Solución</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Tukey</b>
Solución nutritiva 2	104 DDS	23,44 ± 3,36	a
Solución nutritiva 1	104 DDS	21,16 ± 1,01	b
Solución nutritiva 2	137 DDS	20,88 ± 1,17	b
Solución nutritiva 1	137 DDS	20,01 ± 0,66	c

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

Para determinar la diferencia entre tratamiento se realizó el test de Tukey para identificar la diferencia entre medias la cuales se muestran en la tabla 19.

**Tabla 19**

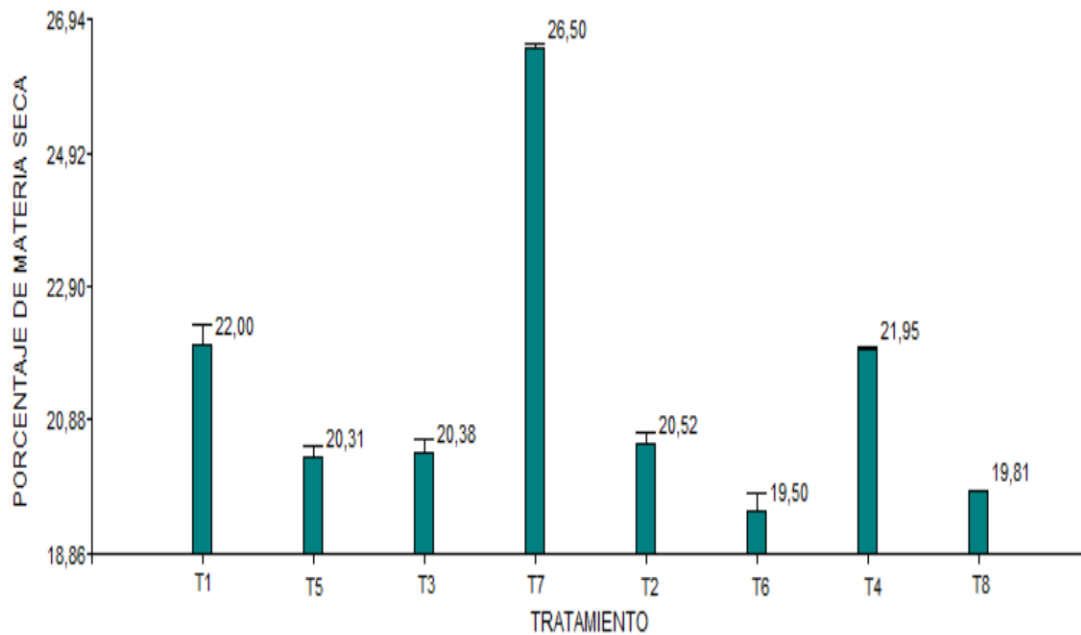
*Comparación de medias y test de Tukey para la variedad porcentaje de materia seca*

Tratamiento	Media $\pm$ DE	Test de Tukey
T7	26,5 $\pm$ 0,11	a
T1	22,00 $\pm$ 0,57	b
T4	21,95 $\pm$ 0,05	b
T2	20,52 $\pm$ 0,31	c
T3	20,38 $\pm$ 0,35	cd
T5	20,31 $\pm$ 0,32	cd
T8	19,81 $\pm$ 0,02	cd
T6	19,50 $\pm$ 0,47	d

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

**Figura 8**

*Comparación de medias del porcentaje de materia seca*



*Nota.* Autoría Propia

Al terminar el análisis se identificó que el mejor rendimiento fue del tratamiento 7 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 2 + 104 DDS) con 26,5%; mientras que el menor rendimiento se presentó en el tratamiento 6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) 19,5%, de igual manera se evaluaron las interacciones notando que la solución nutritiva es una variable determinante para el porcentaje de materia seca ya que cuando esta cambia en la misma variedad los valores son los más bajos entre los tratamientos, por otro lado, el tiempo de corte se mantiene con mejores resultados cuando las muestras fueron recolectadas a los 104 DDS

Grijalva *et al.*, (1995) menciona que para la variedad Abunda Verde el porcentaje de materia seca es del 27,97% mientras que para la variedad CUF 101, SINAGAP (2002) menciona un porcentaje de 25%; de esta manera justifica que los tratamientos con la primera variedad mencionada, tenga mejores porcentajes en cuanto a esta característica productiva ya que el mejor tratamiento muestra 26,5% de MS con la variedad Abunda Verde mientras que el tratamiento de la variedad CUF 101 tuvo porcentajes de materia verde entre 22 y 20,38% de MS.

Para el porcentaje de materia seca es válido resaltar la función del Ca sobre el cultivo de alfalfa, ya que al analizar la composición de la solución nutritiva se muestran que la solución dos tiene el 16,67% más de calcio que la solución uno; Moreno (2007) menciona que la importancia del calcio se basa en su capacidad para contribuir a la fijación del nitrógeno y para potencializar la disponibilidad de otros elementos y forma los pectatos de Ca que dan rigidez a la pared celular, es decir que este elemento se encarga de estabilizar la membrana y la pared celular; justificando así que dentro de este parámetro sobresalió el uso de la solución 2 ya que el contenido de materia seca se reafirmó gracias a este factor.

### **Rendimiento de Materia Seca por Hectárea**

En el análisis del rendimiento de materia seca por hectárea se realizó el análisis de la varianza (Tabla 20), donde se usó test de Tukey para identificar las diferentes interacciones además de identificar el mejor tratamiento para esta característica productiva.

**Tabla 20**

*Análisis de varianza ANAVA para la variable rendimiento en kg/ha/MS*

<b>F.V.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	5,61	0,0021
Variedad de alfalfa	1,79	0,1998
Solución Nutritiva	0,33	0,5714
Tiempo de Corte	35,82	< 0,0001
Variedad*Solución nutritiva	0,11	0,7444
Variedad*Tiempo de corte	0	0,9477
Solución nutritiva*Tiempo de corte	0,84	0,3724
Variedad*Solución*Corte	0,37	0,5512

*Nota. Valores de ( $p < 0,05$ ) muestran interacciones positivas con la variable. Autoría Propia*

A continuación, se muestran las tablas con las interacciones positivas dentro de este análisis.

**Tabla 21**

*Comparación de medias y test de Tukey para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de materia seca*

<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias <math>\pm</math> DE</b>	<b>Tukey</b>
104	197,83 $\pm$ 47,35	a
137	103,63 $\pm$ 19,66	b

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

**Tabla 22**

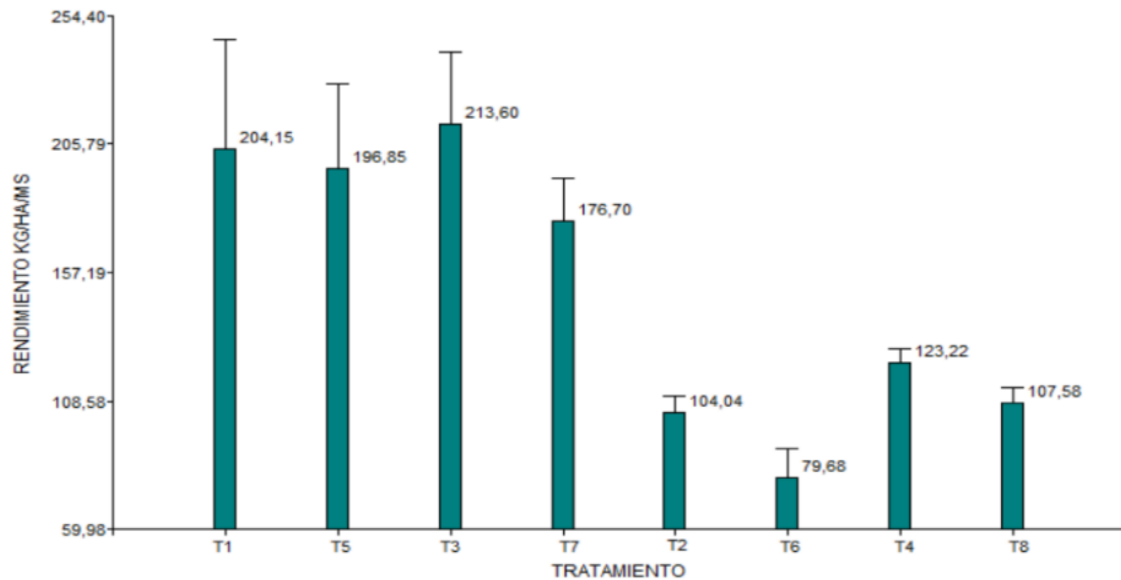
*Clasificación de rangos con prueba de Kruskal Wallis para la variable rendimiento en kg/ha/MS*

Tratamiento	Media $\pm$ DE	Clasificación de rangos
T3	213,60 $\pm$ 47,20	a
T1	204,15 $\pm$ 71,73	ab
T5	196,85 $\pm$ 55,34	ab
T7	176,70 $\pm$ 28,10	abc
T4	123,22 $\pm$ 8,58	abc
T8	107,58 $\pm$ 10,50	abc
T2	104,04 $\pm$ 11,33	bc
T6	79,68 $\pm$ 18,82	c

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

**Figura 9**

*Comparación de medias del rendimiento de MS, kg/ha*



*Nota.* Autoría propia

Al realizar este análisis (Tabla 22), se determinó que el tiempo de corte tiene una alta incidencia entre los tratamientos, ya que independientemente de la solución y la variedad los mejores tratamientos se encuentran en aquellos que fueron evaluados a los 104 DDS,

consecuentemente el mejor tratamiento para el rendimiento de materia seca se encuentra en T3 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 104 DDS) con valores de 213,60 kg/ha/MS, mientras que el rendimiento es el T6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) con 79,68 kg/ha/MS.

El promedio de producción de materia seca por hectárea de alfalfa según, Mejía-Delgadillo *et al.*, (2010) se encuentra a razón de 3000 kg/ha, de manera específica para la variedad Abunda verde según, Grijalva *et al.*, (1995) tiene valores de 3200 kg/ha mientras que el rendimiento de la variedad CUF 101 se encuentra entre 3300 kg/ha; de esta manera las variedades muestran diferencias en esta característica; por lo cual se comprende la tendencia que manifestaron los tratamientos; ya que el T3 con la variedad CUF 101 mantuvo valores de 2130, 43 kg/ha, a diferencia del tratamiento con valores más bajos que estuvo a razón de 826,086 kg/ha con la variedad Abunda Verde.

Como lo menciona, Romero & Cuatrín (2009) en su ensayo la distancia de siembra no presenta diferencias significativas en los primeros tiempos de corte ya que al realizar el análisis de materia seca en cultivo al voleo tuvo 6% menos que al realizar la siembra a 15cm, por lo que la biomasa recolectada de los tratamientos hubiera sido similar si esta era sembrada al voleo, asegurando así que las relaciones realizadas tanto en rendimiento de materia verde como de materia seca son correctas en el presente estudio.

### **Determinación del Porcentaje de Digestibilidad *in-situ* de Alfalfa (*Medicago sativa* L.)**

#### **CUF 101 y Abunda verde en Base a Dos Soluciones Nutritivas**

En el análisis del porcentaje de degradabilidad se realizó el análisis de la varianza para cada tiempo al que fueron sometidas las muestras (0, 3, 6, 12 y 24 horas), donde se usó la prueba paramétrica de Duncan para mostrar la interacción entre las variables.

## **Porcentaje de Digestibilidad in-situ Según el Tiempo de Exposición de la Muestra**

### **Tiempo de Exposición 0 Horas**

El análisis de la varianza ANAVA para este tiempo (Tabla 23), muestra interacciones positivas entre todas las variables a excepción del tiempo de corte ya que este no se encuentra dentro de los valores de ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 23**

*Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

<b>F.V.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	429,24	< 0,0001
Variedad de alfalfa	419,14	< 0,0001
Solución Nutritiva	6,32	0,0230
Tiempo de Corte	0,69	0,4196
Variedad*Solución nutritiva	278,42	< 0,0001
Variedad*Tiempo de corte	261,89	< 0,0001
Solución nutritiva*Tiempo de corte	1273,03	< 0,0001
Variedad*Solución*Corte	765,19	< 0,0001

*Nota.* Valores de  $p < 0,05$  tienen interacción positiva con la variable medida

Para identificar las diferencias entre tratamiento se realizó la comparación de medias que se muestra en la tabla 24 y se evaluó cada uno con el test de Duncan con un alfa = 0,1; según la tabla 24, T7 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 2 + 104 DDS) fue el mejor tratamiento ya que tuvo un porcentaje de digestibilidad de 11,55%; mientras que los tratamientos con menor porcentaje de digestibilidad corresponden a los tratamientos T8 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 2 + 135 DDS), T3 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 104 DDS) y T5 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 104 DDS) los



cuales son estadísticamente iguales; sin embargo, este último muestra una digestibilidad menor numéricamente de 2,25%.

**Tabla 24**

*Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
T7	11,55 ± 0,40	a
T6	7,47 ± 0,45	b
T2	5,75 ± 0,04	c
T4	3,25 ± 0,06	d
T1	3,11 ± 0,07	d
T8	2,42 ± 0,22	e
T3	2,49 ± 0,38	e
T5	2,25,12 ± 0,20	e

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

Autoría propia

Con respecto a las interacciones, a continuación, se muestran las tablas de comparaciones de medias de cada una de ellas, además del test de Duncan con un alfa = 0,1 para determinar las diferencias significativas para cada interacción.

**Tabla 25**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Abunda Verde	5,94 ± 4,03	a
CUF 101	3,63 ± 1,32	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 26**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 2	4,93 ± 4,01	a
Solución nutritiva 1	4,64 ± 2,18	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 27**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con variedad de alfalfa y solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Abunda verde	Solución nutritiva 2	7,02 ± 4,97	a
Abunda verde	Solución nutritiva 1	4,85 ± 2,88	b
CUF 101	Solución nutritiva 1	4,43 ± 1,44	c
CUF 101	Solución nutritiva 2	2,83 ± 0,48	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 28**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con variedad de alfalfa y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Tiempo de Corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Abunda verde	104 DDS	6,90 ± 5,10	a
Abunda verde	137 DDS	4,98 ± 2,75	b
CUF 101	137 DDS	4,50 ± 1,37	c
CUF 101	104 DDS	2,77 ± 0,41	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 29**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción con solución nutritiva y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 0 horas de exposición*

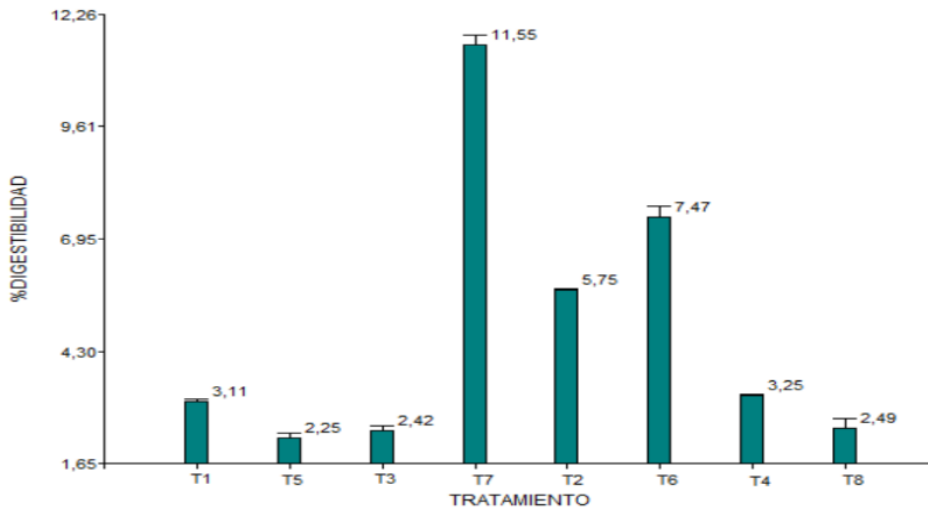
<b>Solución</b>	<b>Tiempo de Corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 2	104 DDS	6,98 ± 5,01	a
Solución nutritiva 1	137 DDS	6,61 ± 0,98	b
Solución nutritiva 2	137 DDS	2,87 ± 0,48	c
Solución nutritiva 1	104 DDS	2,68 ± 0,49	c

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

Al analizar las interacciones positivas y el porcentaje de digestibilidad por tratamiento, se pudo verificar que en el tiempo 0 de exposición de las muestras, la mejor degradabilidad se obtuvo con la variedad Abunda Verde al ser aplicada la solución nutritiva 2 y evaluada a los 104 DDS; el tiempo al que se realizó esta evaluación no entrega datos relevantes con respecto a la digestibilidad final de las muestras ya que la exposición fue muy corta sin embargo, los datos obtenidos son necesarios para cálculos posteriores.

**Figura 10**

*Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 0 horas de exposición*



*Nota.* Autoría propia

### Tiempo de Exposición 3 Horas

El análisis de la varianza ANAVA para este tiempo (Tabla 30), muestra las interacciones positivas para tiempo de corte, las dobles interacciones entre variedad y tiempo de corte, solución nutritiva y tiempo de corte; e interacción triple con valores de ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 30**

*ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición*

<b>F.V.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	53,51	< 0,0001
Variedad de alfalfa	0,07	0,7983
Solución Nutritiva	0,77	0,3934
Tiempo de Corte	363,66	< 0,0001
Variedad*Solución nutritiva	0,31	0,5884
Variedad*Tiempo de corte	0,01	0,9236
Solución nutritiva*Tiempo de corte	4,88	0,0421
Variedad*Solución*Corte	4,88	0,0421

*Nota.* Valores de  $p < 0,05$  tienen interacción positiva con la variable medida

En el análisis de comparación de medias se determinaron las diferencias entre tratamientos, además se empleó el test de Duncan con un alfa = 0,01 para mejorar esta evolución; la tabla 31 muestra que el mejor tratamiento corresponde al T3 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 104 DDS) con 15,69% de digestibilidad, mientras que el tratamiento con porcentajes más bajos fue de T4 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 135 DDS) con 13,29% de digestibilidad.

**Tabla 31**

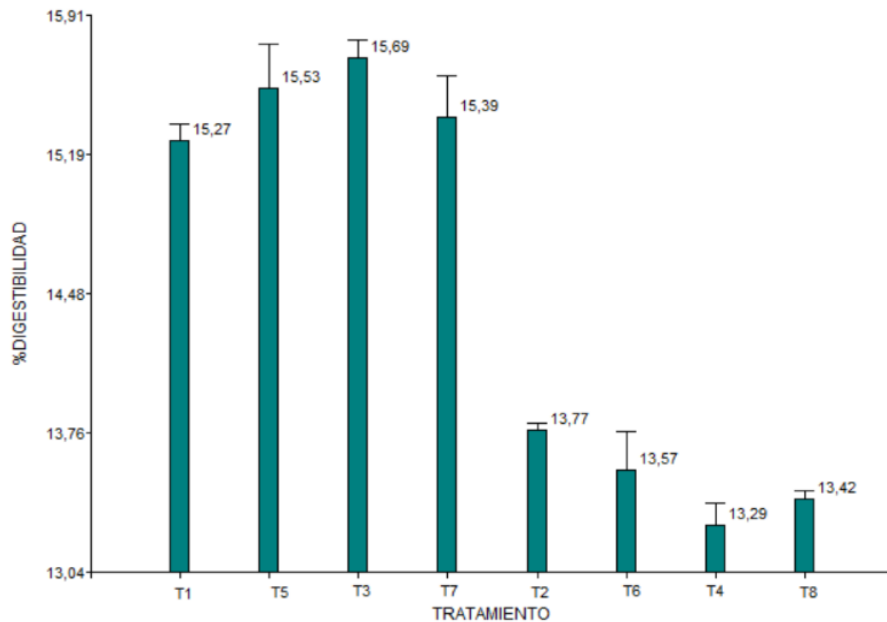
*Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición*

Tratamiento	Media $\pm$ DE	Test de Duncan
T3	15,69 $\pm$ 0,16	a
T5	15,53 $\pm$ 0,40	ab
T7	15,39 $\pm$ 0,36	ab
T1	15,27 $\pm$ 0,14	b
T2	13,77 $\pm$ 0,06	c
T6	13,57 $\pm$ 0,35	cd
T8	13,42 $\pm$ 0,08	cd
T4	13,29 $\pm$ 0,19	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Figura 11**

*Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 3 horas de exposición*



*Nota.* Autoría propia

A continuación, se muestran las tablas de comparaciones de medias con su respectivo test de Duncan con  $\alpha = 0,1$  de las interacciones de este tiempo de exposición.

**Tabla 32**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición*

<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
104 DDS	15,47 ± 0,30	a
137 DDS	13,51 ± 0,26	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 33**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de variedad de alfalfa y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	104 DDS	15,48 ± 0,27	a
Abunda Verde	104 DDS	15,46 ± 0,35	a
CUF 101	137 DDS	13,53 ± 0,30	b
Abunda Verde	137 DDS	13,49 ± 0,24	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 34**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de solución nutritiva y tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 3 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 2	104 DDS	15,54 ± 0,30	a
Solución nutritiva 1	104 DDS	15,40 ± 0,30	a
Solución nutritiva 1	137 DDS	13,67 ± 0,25	b
Solución nutritiva 2	137 DDS	13,35 ± 0,15	c

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

Al comparar las interacciones positivas con el mejor tratamiento reconocido en este tiempo de exposición se pudo identificar que entre las dos variedades evaluada y las

soluciones nutritivas no hay diferencias, sin embargo, las diferencias se muestran en el tiempo de corte ya que hay mejores porcentajes de digestibilidad a los 104 DDS.

### Tiempo de Exposición 6 Horas

El análisis de la varianza ANAVA para este tiempo (Tabla 35), muestra interacciones positivas entre la digestibilidad con la variedad de alfalfa, solución nutritiva; interacciones dobles entre variedad y solución nutritiva, variedad y tiempo de corte, solución nutritiva y tiempo de corte; e interacción triple con valores de ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 35**

*Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

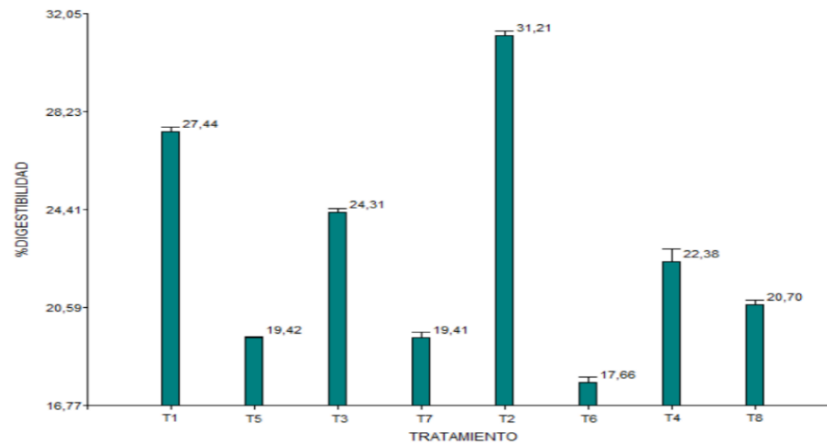
<b>F.V.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	395,33	< 0,0001
Variedad de alfalfa	1846,31	< 0,0001
Solución Nutritiva	185,89	< 0,0001
Tiempo de Corte	4,38	0,0528
Variedad*Solución nutritiva	523,79	< 0,0001
Variedad*Tiempo de corte	12,44	0,0028
Solución nutritiva*Tiempo de corte	16,29	0,001
Variedad*Solución*Corte	178,2	< 0,0001

*Nota.* Valores de  $p < 0,05$  tienen interacción positiva con la variable medida

En el análisis de comparación de medias que se encuentra en la tabla 36 muestra las diferencias entre tratamientos, al igual que el test de Duncan con un alfa = 0,01 para mejorar esta evolución; el mejor tratamiento corresponde al T2 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 1 + 135 DDS) con 31,21% de digestibilidad, mientras que el tratamiento con porcentajes más bajos fue de T6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) con 17,66% de digestibilidad.

**Figura 12**

*Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 6 horas de exposición*



*Nota. Autoría propia*

**Tabla 36**

*Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

Tratamiento	Media ± DE	Test Duncan
T2	31,21 ± 0,26	a
T1	27,44 ± 0,35	b
T3	24,31 ± 0,21	c
T4	22,38 ± 0,85	d
T8	20,70 ± 0,29	e
T5	19,42 ± 0,06	f
T7	19,41 ± 0,35	f
T6	17,66 ± 0,34	g

*Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia*

Para las interacciones se realizó las tablas de comparación de medias y test de Duncan con alfa = 0,10, de esta manera se evaluará más a fondo el comportamiento de digestibilidad durante este tiempo de exposición.



**Tabla 37**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	26,33 ± 3,52	a
Abunda Verde	19,30 ± 1,16	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Tabla 38**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 1	23,93 ± 5,84	a
Solución nutritiva 2	21,70 ± 1,96	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Tabla 39**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	Solución nutritiva 1	29,32 ± 2,08	a
CUF 101	Solución nutritiva 2	23,34 ± 1,19	b
Abunda Verde	Solución nutritiva 2	20,06 ± 0,76	c
Abunda Verde	Solución nutritiva 1	18,54 ± 0,99	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 40**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias <math>\pm</math> DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	137 DDS	29,32 $\pm$ 2,08	a
CUF 101	104 DDS	23,34 $\pm$ 1,19	b
Abunda Verde	104 DDS	20,06 $\pm$ 0,76	c
Abunda Verde	137 DDS	18,54 $\pm$ 0,99	c

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 41**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 6 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias <math>\pm</math> DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 1	137 DDS	24,43 $\pm$ 7,42	a
Solución nutritiva 1	104 DDS	23,43 $\pm$ 4,40	b
Solución nutritiva 2	104 DDS	21,86 $\pm$ 2,69	c
Solución nutritiva 2	137 DDS	21,54 $\pm$ 1,08	c

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

Al analizar las interacciones positivas y el porcentaje de digestibilidad por tratamiento, se pudo verificar que, en el tiempo de 6 horas de exposición de las muestras, la mejor degradabilidad se obtuvo con la variedad CUF 101 a las cuales se les aplicó la solución 1 con un tiempo de corte de 135 días después de la siembra sin embargo, estos dos últimos factores son los de mejores porcentajes únicamente si se encuentran de la variedad CUF 101 ya que los porcentajes más bajos se presenciaron con las mismas condiciones pero con la variedad Abunda Verde.

## Tiempo de Exposición 12 Horas

El análisis de la varianza ANAVA para este tiempo (Tabla 42), muestra interacciones positivas entre todas las variables que fueron comparadas con el porcentaje de digestibilidad con valores de ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 42**

*Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

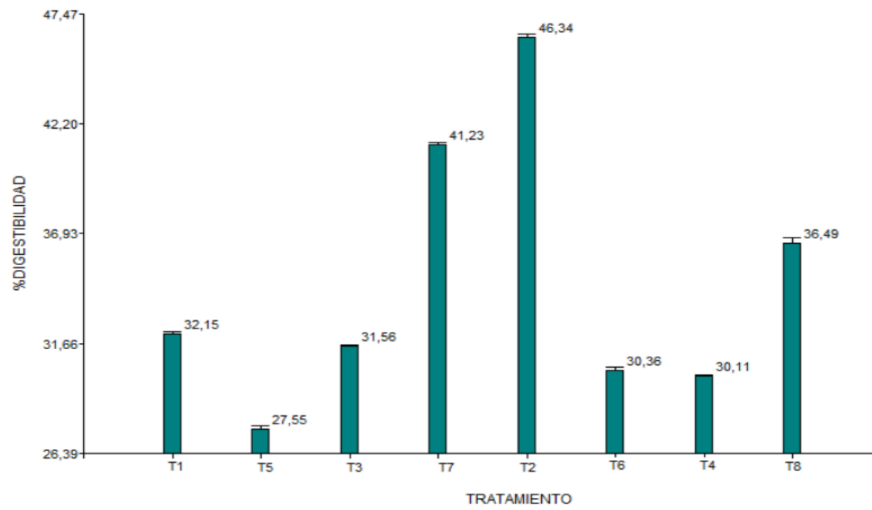
<b>F.V.</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	1901,08	< 0,0001
Variedad de alfalfa	119,29	< 0,0001
Solución Nutritiva	51,48	< 0,0001
Tiempo de Corte	674,76	< 0,0001
Variedad*Solución nutritiva	7741,48	< 0,0001
Variedad*Tiempo de corte	1241,34	< 0,0001
Solución nutritiva*Tiempo de corte	3102,46	< 0,0001
Variedad*Solución*Corte	376,75	< 0,0001

*Nota.* Valores de  $p < 0,05$  tienen interacción positiva con la variable medida

Para identificar las diferencias entre tratamiento se realizó la comparación de medias y se evaluó cada uno con el test de Duncan con un alfa = 0,1; según la tabla 43, T2 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 1 + 135 DDS) fue el mejor tratamiento ya que tuvo un porcentaje de digestibilidad de 46,34%; mientras que el tratamiento con menor porcentaje de digestibilidad corresponde a T5 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 104 DDS), con un porcentaje de digestibilidad de 27,55%.

**Figura 13**

*Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 12 horas de exposición*



*Nota.* Autoría propia

**Tabla 43**

*Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

Tratamiento	Media $\pm$ DE	Test Duncan
T2	46,34 $\pm$ 0,29	a
T7	41,23 $\pm$ 0,10	b
T8	36,49 $\pm$ 0,42	c
T1	32,15 $\pm$ 0,17	d
T3	31,56 $\pm$ 0,10	e
T6	30,36 $\pm$ 0,31	f
T4	30,11 $\pm$ 0,06	f
T5	27,55 $\pm$ 0,34	g

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

Las interacciones resultantes de los datos recopilados a las 12 horas de exposición en el rumen se muestran a continuación en las siguientes tablas para identificar el comportamiento de las muestras con respecto al porcentaje de digestibilidad.

**Tabla 44**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	35,04 ± 6,86	a
Abunda Verde	33,91 ± 5,56	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

Autoría propia

**Tabla 45**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 2	34,85 ± 7,58	a
Solución nutritiva 1	34,10 ± 4,57	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

**Tabla 46**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
137 DDS	35,83 ± 6,88	a
104 DDS	33,12 ± 5,23	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

Autoría propia

**Tabla 47**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	Solución nutritiva 1	39,25 ± 7,77	a
Abunda Verde	Solución nutritiva 2	38,86 ± 2,61	b
CUF 101	Solución nutritiva 2	30,84 ± 0,80	c
Abunda Verde	Solución nutritiva 1	28,95 ± 1,57	d

*Nota.* Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 48**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
CUF 101	137 DDS	38,23 ± 8,89	a
Abunda Verde	104 DDS	34,39 ± 7,50	b
Abunda Verde	137 DDS	33,42 ± 3,37	c
CUF 101	104 DDS	31,86 ± 0,35	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 49**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 1	137 DDS	38,23 ± 8,89	a
Solución nutritiva 2	104 DDS	34,39 ± 7,50	b
Solución nutritiva 2	137 DDS	33,42 ± 3,37	c
Solución nutritiva 1	104 DDS	31,86 ± 0,35	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

Al realizar un análisis entre las interacciones positivas y los mejores tratamientos se identificó que la solución nutritiva 1 y el tiempo 135 DDS fueron las mejores condiciones de crecimiento para las variedades evaluadas, sin embargo, la que presentó mejores resultados fue la variedad CUF 101.

### Tiempo de Exposición 24 Horas

El análisis de la varianza ANAVA para este tiempo (Tabla 50), muestra interacciones positivas entre todas las variables que fueron comparadas con el porcentaje de digestibilidad con valores de ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 50**

*Análisis de varianza ANAVA para la variable porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

F.V.	F	p-valor
Modelo	668,99	< 0,0001
Variedad de alfalfa	1276,34	< 0,0001
Solución Nutritiva	564,99	< 0,0001
Tiempo de Corte	790,58	< 0,0001
Variedad*Solución nutritiva	440,79	< 0,0001
Variedad*Tiempo de corte	1029,97	< 0,0001
Solución nutritiva*Tiempo de corte	337,22	< 0,0001
Variedad*Solución*Corte	243,01	< 0,0001

*Nota.* Valores de  $p < 0,05$  tienen interacción positiva con la variable medida

Para identificar las diferencias entre tratamiento se realizó la comparación de medias y se evaluó cada uno con el test de Duncan con un alfa = 0,1; según la tabla 51, T6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) fue el mejor tratamiento ya que tuvo un porcentaje de digestibilidad de 62,17%; mientras que el tratamiento con menor porcentaje de

digestibilidad corresponde a T4 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 135 DDS), con un porcentaje de digestibilidad de 49,35%.

**Tabla 51**

*Comparación de medias y test de Duncan para la variedad porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
T6	62,17 ± 0,21	a
T1	61,59 ± 0,46	b
T8	61,52 ± 0,38	b
T7	61,38 ± 0,12	b
T5	61,38 ± 0,10	b
T3	60,33 ± 0,12	c
T2	58,53 ± 0,16	d
T4	49,35 ± 0,30	e

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).

A continuación, para identificar el comportamiento de las muestras con respecto al porcentaje de digestibilidad se muestran las interacciones resultantes de los datos recopilados a las 24 horas de exposición en el rumen se muestran.

**Tabla 52**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

<b>Variedad</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Abunda Verde	61,61 ± 0,40	a
CUF 101	57,45 ± 5,02	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ).



**Tabla 53**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Solución nutritiva 1	60,92 ± 1,49	a
Solución nutritiva 2	58,15 ± 5,33	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 54**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción del tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 12 horas de exposición*

<b>Tiempo de corte</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
104 DDS	61,17 ± 0,57	a
137 DDS	57,89 ± 5,35	b

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 55**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y la solución nutritiva con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

<b>Variedad de alfalfa</b>	<b>Solución</b>	<b>Medias ± DE</b>	<b>Test Duncan</b>
Abunda Verde	Solución nutritiva 1	61,77 ± 0,45	a
Abunda Verde	Solución nutritiva 2	61,45 ± 0,27	a
CUF 101	Solución nutritiva 1	60,06 ± 1,70	b
CUF 101	Solución nutritiva 2	54,84 ± 6,02	c

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 56**

*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la variedad de alfalfa y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

Variedad de alfalfa	Tiempo de corte	Medias $\pm$ DE	Test Duncan
Abunda Verde	137 DDS	61,84 $\pm$ 0,45	a
Abunda Verde	104 DDS	61,38 $\pm$ 0,17	b
CUF 101	104 DDS	60,96 $\pm$ 0,76	c
CUF 101	137 DDS	53,94 $\pm$ 5,03	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Tabla 57**

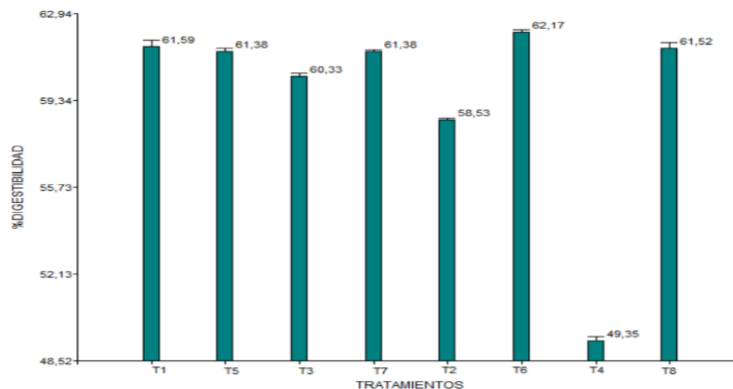
*Comparación de medias y test de Duncan para la interacción de la solución nutritiva y el tiempo de corte con el porcentaje de digestibilidad en 24 horas de exposición*

Solución	Tiempo de corte	Medias $\pm$ DE	Test Duncan
Solución nutritiva 1	104 DDS	61,48 $\pm$ 0,35	a
Solución nutritiva 2	104 DDS	60,85 $\pm$ 0,60	b
Solución nutritiva 1	137 DDS	60,35 $\pm$ 2,00	c
Solución nutritiva 2	137 DDS	55,44 $\pm$ 6,67	d

*Nota.* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,10$ ). Autoría propia

**Figura 14**

*Comparación de medias del porcentaje de digestibilidad a las 24 horas de exposición*



*Nota.* Autoría propia

El análisis realizado para este tiempo de exposición muestra que a pesar de que la digestibilidad muestra ser mayor a los 104 DDS esta variable varia cuando está relacionada con los demás parámetros ya que los mejores resultados se vieron presentes en la variedad Abunda Verde, con la solución nutritiva 1 evaluada a los 137 DDS.

La alfalfa según, Avci & Yucel (2010) tiene un porcentaje de digestibilidad del 70%, considerando que T6 llegó a un porcentaje de 62,17% a las 24 horas, se podría decir que este tratamiento tuvo casi el máximo de digestibilidad que puede alcanzar el cultivo de alfalfa; sin embargo, un estudio realizado por, Vera *et al.*, (2021) identifica que la degradación *in-vitro* máxima de esta especie se da posterior a las 30 horas de exposición obteniendo valores de digestión del 80%, es decir que a pesar de haber obtenido valores secanos al máximo registrado puede que en horas posteriores los valores lleguen a ser mayores dentro de este análisis.

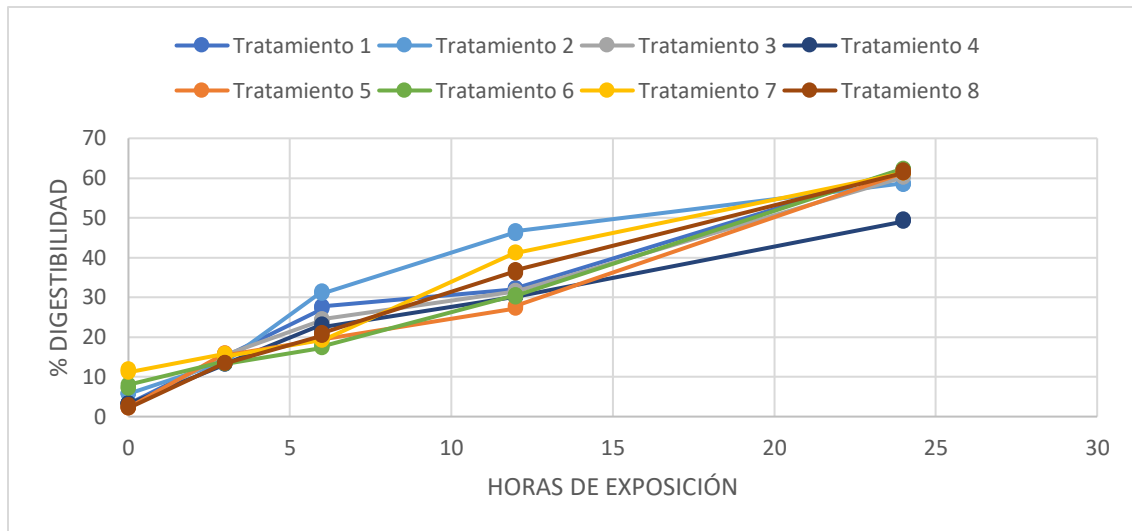
Como lo menciona, Givens *et al.*, (2000) el consumo de pasto por parte del animal depende de la retención que tenga el mismo en el rumen; este puede estar afectado por factores físicos que están influenciados directamente por el volumen inicial del tracto digestivo, que se encuentra realizando funciones de digestión del alimento; además, el contenido de fibra de la pared celular es menos soluble, por lo cual su digestión se ralentiza entre más contenido tenga el alimento; de esta manera se justifica que la mejor digestión se dio en tratamientos que tuvieron menor contenido de materia seca; es decir, tratamientos que se evaluaron con la solución 1 (menos contenido de Ca) durante los 135 DDS (menos %MS).

### ***Curvas de Digestibilidad in-situ Según el Tratamiento***

La evaluación de los tratamientos mostro diferentes tendencias en cada hora de evaluación por lo que a continuación, se presenta de manera grafica la tendencia de cada uno.

**Figura 15**

*Curvas de porcentaje de digestibilidad de los tratamientos a diferentes horas de exposición*

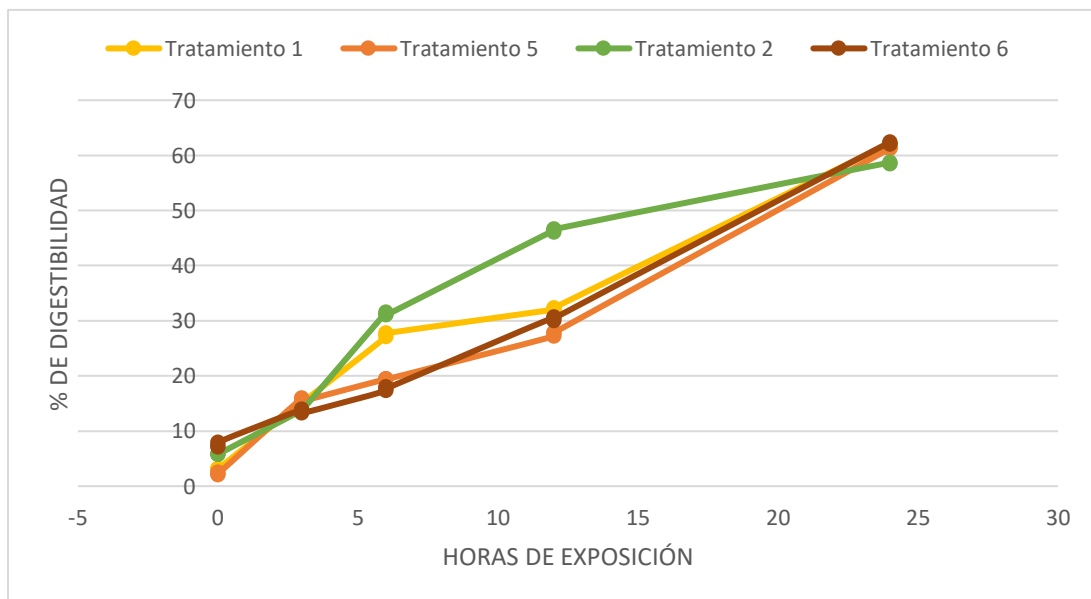


*Nota. Autoría propia*

En el siguiente apartado se muestran las curvas de digestibilidad de los tratamientos divididos por tiempo de corte.

**Figura 16**

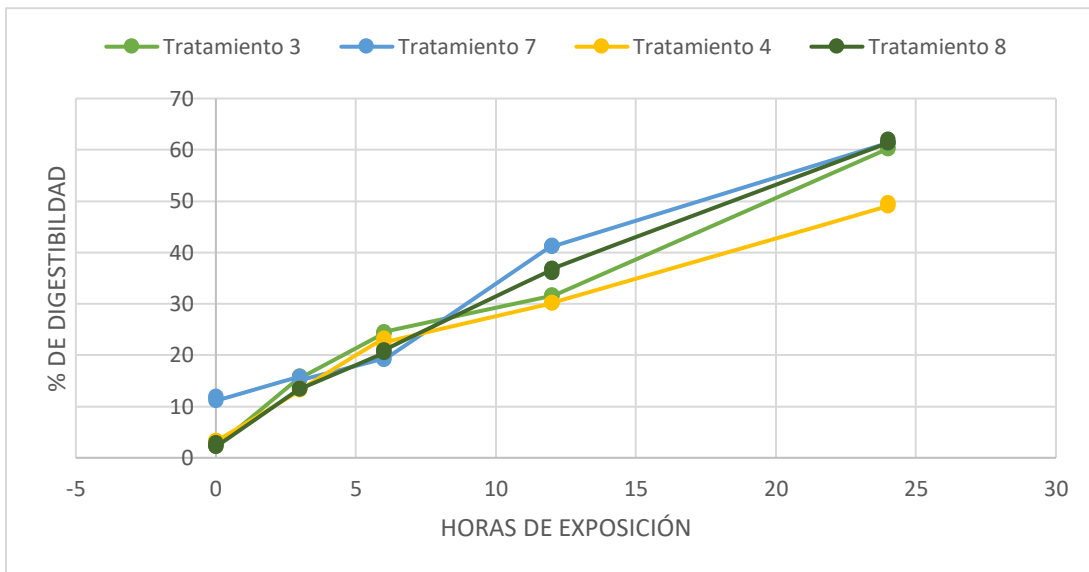
*Curvas de porcentaje de digestibilidad de los tratamientos evaluados a los 104 DDS*



*Nota. Autoría propia*

**Figura 17**

Curvas de porcentaje de digestibilidad de los tratamientos evaluados a los 137 DDS

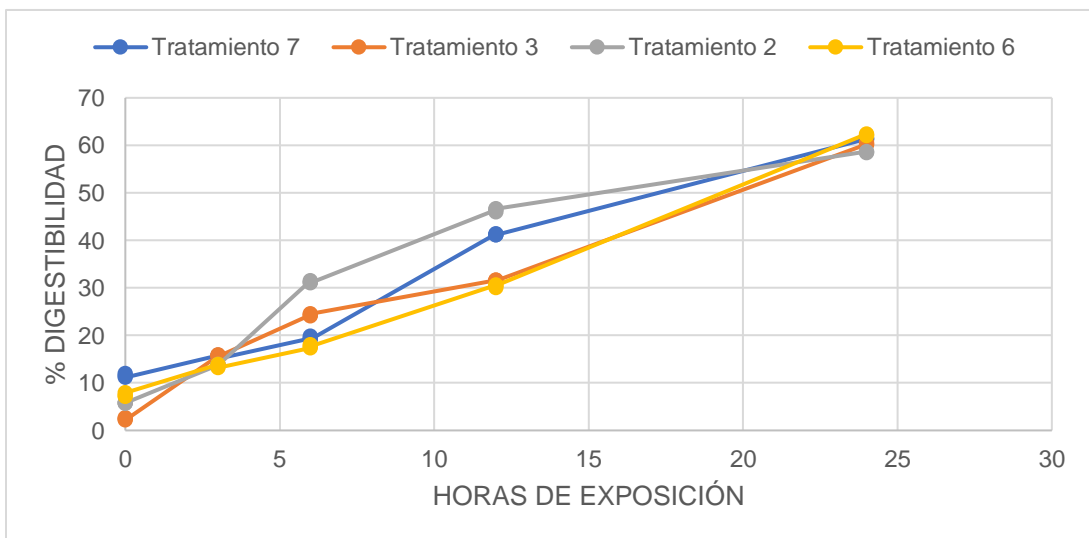


*Nota.* Autoría propia

A continuación, se muestran las curvas de digestibilidad según los tratamientos que se identificaron estadísticamente con más altos y bajos según sus porcentajes de digestibilidad.

**Figura 18**

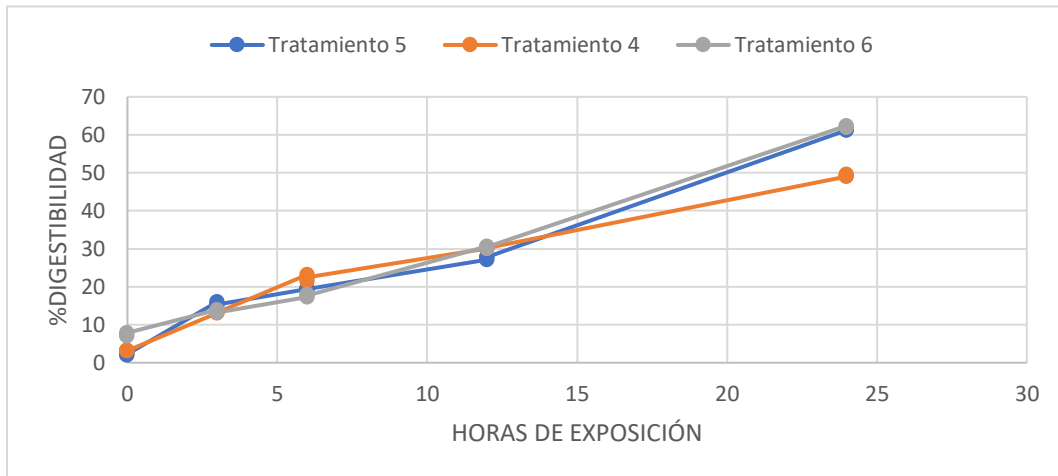
*Curva de porcentajes de digestibilidad más altos según los tratamientos determinados a diferentes horas de exposición*



*Nota.* Autoría Propia

**Figura 19**

*Curva de porcentajes de digestibilidad más bajos según los tratamientos determinados a diferentes horas de exposición*



Nota. Autoría propia

Balbuena (2020), presenta una explicación sobre las curvas de desaparición en pruebas de digestibilidad *in-situ* donde muestra que hay tres fases por las cuales pasa la materia seca en el proceso de digestión, la primera fase conocida como fracción soluble presenta características de preparación, esta fase no presenta cambios a menos que el sistema presente pérdida por factores externos; la siguiente fase se llama potencialmente soluble ya que esta es sensible al tiempo es decir que la materia seca dentro del tiempo de exposición va disminuyendo según las características digestivas que presente el animal; la última fase es la de estabilización ya que el material que se mantuvo en el sistema *in-situ* no presenta más cambios y la digestibilidad se mantiene constante; a continuación se presenta la interpretación de las curvas de digestibilidad basada en la explicación anterior.

La distribución de porcentajes de digestibilidad tuvo gran variación en los resultados por hora; sin embargo, al analizar las curvas que genera cada tratamiento identificado como el mejor en cada hora se puede observar que el tratamiento 2 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 1 + 135 DDS) tuvo mejor aprovechamiento en las 6 y 12 horas de exposición mientras

que a las 24 horas se empieza a estabilizar es decir que la digestión se detiene, por otro lado, el T6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) no presenta una curvatura lo que quiere decir que, el proceso de digestión aún no termina por lo que este puede llevar más horas para que se estabilice; con respecto a los tratamientos con menor porcentaje de digestibilidad, se puede ver como la tendencia final de T4 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 135 DDS) aparenta entrar a la estabilidad por lo que la gestión ya no presentará ser significativa en horas posteriores, mientras que la tendencia de T5 y T6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 104 DDS y Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) muestran que después de algunas horas se puede presentar un mayor porcentaje de digestibilidad en estos tratamientos.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- La producción de materia verde dentro de los tratamientos de la alfalfa semi hidropónica mostró diferencias significativas entre tratamientos revelando que el mejor rendimiento se encuentra con el tratamiento 3 con la variedad CUF 101 a la que se le aplicó la solución 2 y evaluada a los 104 DDS, esta tuvo una producción de 1045 kg/ha/MV, mientras que el tratamiento con menor rendimiento fue el T6 con la variedad Abunda Verde expuesta a la solución nutritiva 1 y evaluada a los 135 DDS con 496,75 kg/ha/MV.
- En la evaluación de rendimiento de materia seca se tomaron en cuenta dos características, la primera fue el porcentaje de materia seca donde el mejor tratamiento fue el T7, conformado por la variedad Abunda Verde con la solución nutritiva 1 evaluada a los 104 DDS ya que presentó 26,5% de materia seca, al contrario del tratamiento T6, correspondiente a la variedad Abunda Verde, a la cual se le colocó la solución 1 y fue evaluada a los 137 DDS presentando el 19,5% de materia seca; con respecto a la otra característica evaluada que fue el rendimiento por hectárea el tratamiento predominante fue el T3 con la variedad CUF 101 al que se le aplicó la solución 2 y fue analizada a los 104 DDS con 213,60 kg/ha/MS, mientras que el rendimiento más bajo se vio en el tratamiento T6 con la variedad Abunda Verde, solución 1, evaluado a los 135 DDS obteniendo valores de 79,68 kg/ha/MS.
- El análisis de la digestibilidad *in-situ* de las variedades evaluadas en el sistema semi hidropónico, se dividieron por horas de exposición obteniendo los porcentajes de tratamiento más altos y más bajos, dentro de las 0 horas de exposición se determinó que el tratamiento T7 tuvo mejor porcentaje con 11,55% mientras que los tratamientos



T8, T3 y T5 fueron iguales estadísticamente mostrando los porcentajes más bajos, siendo el T5 numéricamente menor con 2,25%; en los tiempos de exposición de 3, 6 y 12 horas los tratamientos que predominaron con mejores porcentajes fueron los que tenían la variedad CUF 101, siendo para las 3 horas T3 con 15,09% mientras que para 6 y 12 horas fue T2 con 31,21% y 46,34% respectivamente; los porcentajes más bajos de digestibilidad para 3 horas de exposición fue en T4 con 13,29, mientras que para 6 y 12 horas de exposición los tratamientos más deficientes fueron los que tenían a la variedad Abunda Verde, en este caso T6 y T5 con 31,21% y 46,34% respectivamente; para el último tiempo de evaluación 24 horas de exposición se identificó como mejor tratamiento al T6 con una degradabilidad de 62,17% mientras que el porcentaje más bajo se vio reflejado con el T4 con 49,35%.

- Las curvas de digestibilidad muestran que el T6 (Alfalfa var. Abunda Verde + solución nutritiva 1 + 135 DDS) muestra mejor tendencia a tener mejores porcentajes de digestibilidad en horas posteriores a la evaluada ya que esta muestra un porcentaje de 62,17 a las 24 horas de exposición y su curva tiene tendencia creciente, mientras que el T4 (Alfalfa var. CUF 101 + solución nutritiva 2 + 135 DDS) aparenta detener su proceso de digestibilidad a las 24 horas con 49,35% lo que significaría ser el límite de digestión para mencionado tratamiento.

### **Recomendaciones**

- Continuar con el análisis de materia seca y verde durante más periodos de corte para identificar mejor el rendimiento según el tiempo de corte.
- Considerando que a las 24 horas de exposición de los tratamientos no se observó la digestión completa, se recomienda evaluar esta característica durante al menos 48 horas para mejorar la apreciación de las curvas y alcanzar porcentajes de digestibilidad final más apegados a la realidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbas, A., Mubeen, M., Sohail, M. A., Solanki, M. K., Hussain, B., Nosheen, S., Kashyap, B. K., Zhou, L., & Fang, X. (2022). Root rot a silent alfalfa killer in China: Distribution, fungal, and oomycete pathogens, impact of climatic factors and its management. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.961794>
- Agroactivo. (2017). *Alfalfa\_CUF\_101-1*. <https://agroactivocol.com/producto/material-vegetal/semillas/leguminosas/alfalfa-cuf-101-leguminosa-copia/>
- Arenas, J. (2005). *Alfalfa hidropónica permitirá crianza de animales*. <http://www.ceo.cl/609/article-69207.html>
- Armijos, W. (2014). *Caracterización bromatológica y digestibilidad in vitro de la materia seca de 15 variedades de pastos de la sierra ecuatoriana* [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/9725/T-ESPE-048418.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Avci, M., & Yucel, C. (2010). Evaluation of some selected alfalfa (*Medicago sativa* L.) lines for herbage yield and forage quality Salicornia as an Alternate Forage Crop for Phytoremediation of Salt-affected Soils View project Pan European Oak Beetles View project. *Article in Journal of Food Agriculture and Environment*, 19. <https://www.researchgate.net/publication/285936622>
- Balbuena, O. (2020, August 18). *Valoración de los alimentos, degradación ruminal in situ (18 08 2020)*. Nutrición y Alimentación, FCV UNNE. <https://www.youtube.com/watch?v=azXj-J1ue7s>
- Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía* (Primera Edición). 2015. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)

- Bochi, O., & Valdés, J. (1999). Digestibilidad in vitro de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los animales donantes de líquido ruminal. *Universidad de León*, 48, 51–61. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/41119.pdf>
- Brenes, L., & Jiménez, M. (2014). *Producción hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique)*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6581/manual-hidroponia-NFT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castaño, K., Montoya, J., & Giraldo, C. (2013). Toxicity of foliage extracts of tithonia diversifolia (Asteraceae) on Atta cephalotes (Hymenoptera: Myrmicinae) workers. *Industrial Crops and Products*, 44, 391–395. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.039>
- Celebi, S. Z., Kaya, L., Sahar, A. K., & Yergin, R. (2010). Effects of the weed density on grass yield of Alfalfa (Medicago sativa L.) in different row spacing applications. *African Journal of Biotechnology*, 9(41), 6867–6872. <https://doi.org/10.5897/AJB10.285>
- Cuenca, J. (2015). *Composición y valoración nutricional de la torta de palmiste de tres plantas extractoras del aceite de palma africana en el Ecuador* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15267/1/T-ESPE-057988.pdf>
- Escobar, P., Etcheverría, P., Vial, M., & Daza José. (2020). *Concepto de materia seca y su uso: guía práctica Cantidad (kg) de Materia seca (MS) Cantidad (kg) de Materia verde (MV)*
- $$X \quad 100 \quad = \quad \% \quad MS.$$
- <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR30241.pdf><https://www.youtube.com/watch?v=dK0oZ1XXcvI>
- FAO. (2018). *Consumo de fertilizantes químicos*. <https://www.fao.org/3/ni280es/ni280es.pdf>

- FAO -56. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*.
- Givens, D., Owen, E., Axford, R., & Omed, H. (2000). *Forage evaluation in ruminant nutrition*.  
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9780851993447.0000>
- Gonzales García, H., Rojas Gonzales, S., Escalante Corona, L., Orozco Erives, A., & Holguín Licón, C. (2015). *Digestibilidad in vivo en borregos. Efecto de la relación forraje-concentrado en la dieta y del grupo racial* (Primera edición). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. <http://www.uacj.mx/DGDCDC/SP/Paginas/RTI.aspx>
- Google maps. (2023). *Google maps*. <https://www.google.com/maps/@-0.3846007,-78.4149494,485m/data=!3m1!1e3?hl=es>
- Grijalva, J., Espinosa, F., & Hidalgo, M. (1995). Producción y utilización de pastizales en la región interandina del Ecuador. *Estación Experimental*, 30.  
<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/824/1/iniapscm30p.pdf>
- Hanson, A., Barnes, D., & Hill, R. (1988). Alfalfa and alfalfa Improvement. *American Society of Agronomy*, 29. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr29>
- Hernández, A., Martínez, P. A., Esparza, J., Huerta, H., Gallardo, F., Torres, B., & Zebadúa, V. (2012). Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de alfalfa-ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo characterization of forage yield of an alfalfa-orchardgrass pasture at different grazing frequencies and intensities. *Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex*, 35(3), 259–266.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802012000300009](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000300009)
- Intria, C., & Bariggi, C. (1980). *Producción de semilla de alfalfa en Argentina*.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el\\_cultivo\\_de\\_la\\_alfalfa\\_en\\_la\\_argentina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el_cultivo_de_la_alfalfa_en_la_argentina.pdf)

- JICA. (2016). *Manual del protagonista pastos y forrajes*. <https://infopastosyforrajes.com/libros-y-manuales-pdf/manual-del-protagonista/#:~:text=El%20manual%20de%20%E2%80%9CPastos%20y,medio%20ambiente%20y%20sus%20recursos.>
- Ji-shan Chen, Fen-lan, T., Rui-fen, Z., Chao, G., Gui-li, D., & Yue-xue, Z. (2012). Effects of cutting frequency on alfalfa yield and yield components in Songnen Plain, Northeast China. *African Journal of Biotechnology*, 11(21). <https://doi.org/10.5897/ajb12.092>
- León, R. (2003). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. <https://agrotendencia.tv/agropedia/pastos-y-forrajes/pasto-y-forraje-produccion-manejo-tipos-y-uso/>
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador siembra y producción de pasturas* (1ra Edición). Universidad Politécnica Salesiana.
- Macías, R. (2013). *Fertilizantes foliares en el cultivo de alfalfa cuf 101 (Medicago sativa L.) en la granja la colina c.a. del cantón Arenillas -El Oro -Ecuador* [Tesis de grado Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2739/1/T-UTEQ-0331.pdf>
- Marín Marina. (2019). *Rendimiento y composición química de cuatro variedades de alfalfa (Medicago sativa) en Cajamarca* [Tesis, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3202#:~:text=La%20composici%C3%B3n%20qu%C3%ADmica%20en%20promedio,50.57%20%25%20de%20fibra%20detergente%20neutro>
- Martínez, K., Ceceña, C., González, D., & Grimaldo, O. (2015). Control de la marchitez *Fusarium oxisporum* f.sp. *Medicaginis* en alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el Valle de Mexicali, Baja California. In *control de la marchitez Fusarium oxisporum f.sp. Medicaginis en Alfalfa*

(*Medicago sativa* L.) en el Valle de Mexicali, Baja California. *OmniaScience*.  
<https://doi.org/10.3926/oms.275>

Martínez, P., & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/237100771>

Mejía-Delgadillo, M. A., Álvarez-Almora, E. G., Pinos-Rodríguez, J. M., Ponce-Medina, J. F., Plascencia-Jorquera, A., Escoboza-García, L. F., & Rodríguez-García, J. (2010). Digestión del heno de trigo en comparación con la de alfalfa y ballico en novillos. Publicado Como ARTÍCULO En *Agrociencia*, 45, 13–21.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n3/v1n3a8.pdf>

Mendoza Pedroza, M., Ibán, S., Garay, H., Pérez, P., Carrillo, Q., Raymundo, A., Estrada, E., Alberto, J. S., Ramírez, Z., Luis, J., & Reynoso, R. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1, 287–296. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265620271008>

Mendoza, S., Hernández, A., Pérez, J., Raymundo, A., Escalante, A., Zaragoza, J., & Ramírez, O. (2010). Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte Productive response of alfalfa to different cutting frequencies. *Rev Mex Cienc Pecu*, 1(3), 287–296. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v1n3/v1n3a8.pdf>

Mengel, K. (2000). *Principios de nutrición vegetal* (4ta Edición). Instituto Internacional del Potasio.  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICION%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRINCIPIOS%20DE%20NUTRICION%20VEGETAL.pdf)

Moreno, G. (2007). Funciones de los nutrientes en la planta de alfalfa. *Sitio Argentino de Producción Animal*. [https://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pasturas\\_cultivadas\\_alfalfa/114-nutrientes\\_25.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/114-nutrientes_25.pdf)

- Muñoz, C. (2020). *Efecto de tres niveles de fertilización n, p, k (0%; 25%; 50%) mediante la respuesta agronómica y digestibilidad para mejorar la productividad en Lolium perenne (var. Amazon) en la hacienda El Prado IASA I* [Trabajo de titulación, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/24802>
- Ørskov, E. R., Hovell, D., & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop Anim Prod*, 5(3). [https://www.cipav.org.co/TAP/TAP/TAP53/53\\_1.pdf](https://www.cipav.org.co/TAP/TAP/TAP53/53_1.pdf)
- Padilla, W. (1979). *Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador*. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/432>
- Pinheiro Machado Filho, L. C., Seó, H., Daros, R., Enriquez-Hidalgo, D., & Wendling, A. (2021). Voisin rational grazing as a sustainable alternative for livestock production. In *Animals* (Vol. 11, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ani11123494>
- Pozo, M., & Ibáñez, M. (1983). *La alfalfa: su cultivo y aprovechamiento* (3ra Edición). Mundi-Prensa.
- Quiroga, H. (2013). Tasa de acumulación de materia seca de alfalfa en respuesta a variables climatológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4, 503–516.
- Ramos, C., Pérez, S., Guerrero, S., & Palacios, A. (2021). Biofertilización y nanotecnología en la alfalfa (*Medicago sativa* L.) como alternativas para un cultivo sustentable. *Inca*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362021000200010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362021000200010)
- Rodríguez, R., Sosa, A., & Rodríguez, Y. (2007). La síntesis de proteína microbiana en el rumen y su importancia para los rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41.
- Rojas, A., Torres, N., Joaquín, S., Hernández, A., Maldonado, M., & Sánchez, P. (2017). Componentes del rendimiento en variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Publicado Como ARTÍCULO En Agrociencia*, 51, 697–708.

- Romero, L., Comeron, A., & Ustarroz, M. (1995). *Crecimiento y utilización de la alfalfa*.  
[https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el\\_cultivo\\_de\\_la\\_alfalfa\\_en\\_la\\_argentina.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-el_cultivo_de_la_alfalfa_en_la_argentina.pdf)
- Romero, L., & Cuatrín, A. (2009). *Efectos de la distancia de siembra sobre la producción de biomasa y la persistencia de un cultivo de alfalfa. (Row spacing effects on biomass production and persistence of alfalfa.*  
<https://www.researchgate.net/publication/262764749>
- Ruíz, C. (2004). *Pelletización de alfalfa (Medicago sativa)* [Proyecto de Titulación, Universidad Tecnológica Equinoccial UTE]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/22111>
- Ruiz, I., Chahín, 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. *Miscelanea*, 54, 160–168.  
<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/31687?show=full>
- SAGRA. (2016). *Alfalfa CUF 101 (G9)*. <https://fertisa.rp3.com.ec/wp-content/uploads/2019/12/2300213.pdf>
- Sanz, A., Morales, F., Arrese, C., & Aranjuelo, I. (2017). p deficiency: a major limiting factor for rhizobial symbiosis. In *legume nitrogen fixation in soils with low phosphorus availability: Adaptation and regulatory implication* (pp. 21–40). Springer International Publishing.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-55729-8>
- SINAGAP. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*, 1.  
[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf)
- Stefanska, J., Rinne, M., Heikkilä, T., & Ahvenjärvi, S. (2008). In vivo digestibility of different types of forages using sheep as a model of ruminants. *Suomen Maataloustieteellisen Seuran Tiedote*, 23. <https://doi.org/10.33354/smst.76938>



- Suttie, J. (2003). Conservación de heno y paja para pequeños productores y en condiciones pastorilas. In *FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- Usca, B. (2015). *Evaluación de diferentes niveles de un biofertilizante orgánico en la producción forrajera del Medicago sativa var. Abunda verde (alfalfa)* [Trabajo de titulación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5210>
- Valencia, J. A., Rivera, R., Aparicio, Y., Benítez, G., Oba, M. M., Rodríguez, J., & Sánchez, L. (2019). Rendimiento de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) a diferentes edades de la pradera y frecuencia de defoliación. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 10(2), 353–366.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4319>
- Vázquez, Á. (2013). *Evaluación cuantitativa de diez variedades de alfalfa (Medicago sativa L.)* [Tesis de grado, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas CP].  
[http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2031/Alvarez\\_Vazquez\\_P\\_MC\\_Ganadera\\_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2031/Alvarez_Vazquez_P_MC_Ganadera_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vera Bravo, D. N., Mejía Chanaluisa, K. F., Pastrán Calles, F. R., & Mendoza Mejía, J. L. (2021). Determinación de la digestibilidad in vitro en heno de alfalfa (*Medicago sativa* L.) adicionando enzimas exógenas xilanasas. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 8(3), 77–87.  
<https://doi.org/10.53287/dbiv4116ea97z>
- Vera, H., & Aragundi, M. (2014). *Implementación con cánulas ruminales a dos bovinos del departamento de producción animal en la Universidad Técnica de Manabí* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí].  
<http://repositorio.utm.edu.ec/handle/123456789/1486>