

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS**



AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE AVENA

(*Arrenatherium elatius*) DE CORTE E HIDROPÓNICA

BAJO EL EFECTO DE DOSIS DE SIEMBRA Y TIEMPO

DE COSECHA

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERA
AGRÓNOMA

NOMBRE:

ANDREA ARACELLY TUBON CHICAIZA

TUTOR:

Ing. OSCAR PATRICIO NÚÑEZ TORRES, Ph.D

CEVALLOS- ECUADOR

2022

**PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE AVENA
(*Arrenatherium elatius*) DE CORTE E HIDROPÓNICA BAJO EL
EFECTO DE DOSIS DE SIEMBRA Y TIEMPO DE COSECHA**

REVISADO POR:



Firmado electrónicamente por:
**OSCAR
PATRICIO
NUNEZ TORRES**

.....
Ing. OSCAR PATRICIO NÚÑEZ TORRES,
Ph.DTUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACION

Fecha



Firmado electrónicamente por:
**MARCO OSWALDO
PEREZ SALINAS**

04/02/2022

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



Firmado electrónicamente por:
**GIOVANNY
PATRICIO
VELASTEGUI ESPIN**

Ing. Giovanni Velástegui

04/02/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION



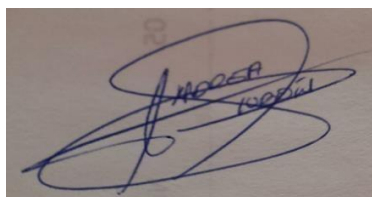
Firmado electrónicamente por:
**RAMON GONZALO
ARAGADVAY YUNGAN**

04/02/2022

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACION

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El suscrito, TUBON CHICAIZA ANDREA ARACELLY, portadora de cedula de identidad número: 1850613116, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE AVENA (*Arrenatherium elatius*) DE CORTE E HIDROPÓNICA BAJO EL EFECTO DE DOSIS DE SIEMBRA Y TIEMPO DE COSECHA, es original, autentico y personal. En la virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



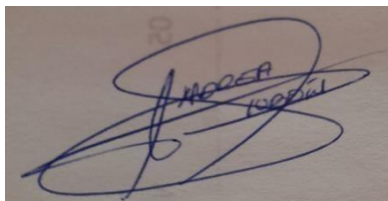
.....
TUBON CHICAIZA ANDREA
ARACELLY

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE AVENA (*Arrenatherium elatius*) DE CORTE E HIDROPÓNICA BAJO EL EFECTO DE DOSIS DE SIEMBRA Y TIEMPO DE COSECHA”, como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniera Agrónoma, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice copia de este informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o parte de él”



.....
TUBON CHICAIZA ANDREA ARACELLY

DEDICATORIA

En el presente trabajo dedico especialmente a DIOS por brindarme salud, vida, sabiduría e inteligencia para lograr cumplir mis objetivos.

Con todo el amor del mundo le dedico a mi padre Luis Tubòn, por su gran apoyo incondicional para cumplir nuestra mayor ilusión durante esta etapa de estudio. A mí madre querida Marina Chicaiza por sus consejos y palabras de aliento para continuar luchando para no darme por vencida. A mis hermanas Nathaly y Samantha por quienes he cumplido mi meta y demostrarles que rendirse no es una opción.

Además le dedico a mi compañero de vida David quien es mi apoyo y fortaleza para continuar cumpliendo metas propuestas.

Especialmente le dedico al amor de mi vida a mi querido hijo Lian Andrés, mi principal motivo que me impulsa hacer una mejor persona esperando ser su mejor ejemplo y orgullo.

Los amo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS por la vida, salud y sabiduría como también ser un pilar fundamental en los momentos de tristeza y alegría para cumplir un sueño tan anhelado. A mis padres por su gran esfuerzo durante todos mis años de estudio, agradeciendo sus valiosos consejos de superación y sobre todo porque siempre han estado junto a mí.

A los profesores de la facultad de Ciencias Agropecuarias de la universidad Técnica de Ambato por sus enseñanzas que me han permitido crecer de manera profesional y personal y como no agradecer a mí querida alma mater por abrir sus puertas para formar profesionales de excelencia.

A David por ser una persona especial en mi vida que siempre está a mi lado con sus palabras de aliento y su apoyo incondicional que me ha motivado alcanzar mis metas, sobretodo construir nuevos propósitos juntos. A mi amado hijo Lian Andrés por ser mi motor de superación. Los amo

A mi tutor Ing. Oscar Patricio Nuñez por guiarme con su conocimiento, por cada uno de sus recomendaciones al momento de realizar mi proyecto de investigación.

A mis compañeros de aula que día a día compartieron conmigo momento divertidos y sensatos, que me ayudaron a comprender que la vida no es una competencia si no un camino para aprender unos de otros.

GRACIAS

INDICE DEL CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
1.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	9
1.3.1 AVENA (<i>Arrenatherium elatius</i>).....	9
1.3.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	9
1.3.3 REQUERIMIENTO EDAFO-CLIMATICOS CONVENCIONAL....	10
1.3.4 MANEJO AGRONÓMICO.....	11
1.3.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	12
1.3.6 FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH).....	12
1.3.7 IMPORTANCIA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	13
1.3.8 VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH).....	13
1.3.9 FACTORES AMBIENTALES PARA FVH.....	14
1.3.10 PARÁMETROS PRIMORDIALES PARA LOS ESTABLECIMIENTOS DE FVH.....	15
1.3.10 PARÁMETROS VARIABLES DEL CULTIVO HIDROPÓNICO .	16
1.3.12 CALIDAD NUTRITIVA DEL FVH.....	17
1.3.13 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE FVH.....	18
1.4 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	18
1.4.12 HIPÒTESIS.....	18
1.4.13 OBJETIVOS.....	18
CAPITULO II.....	19
METODOLOGIA.....	19
2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	19
2.2 CRACTERISTICAS DEL LUGAR.....	19
2.3 EQUIPOS Y MATERIALES.....	20
2.4 FACTORES DE ESTUDIO.....	21
2.4.1 Dosis y tiempo de cosechas.....	21
2.5 TRATAMIENTOS.....	22
2.5.1 Esquema de la distribución de los tratamientos.....	22
2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
2.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	23
2.7.1 Preparación del terreno.....	24

2.7.2 Siembra.....	24
2.7.3 Cosecha.....	24
2.7.4 Muestras de Análisis bromatológicos.....	24
2.7.5 Selección de semilla.....	25
2.7.6 Dosis de siembra.....	25
2.7.7 Remojo o pre germinación de las semillas.....	25
2.7.8 Desinfección y lavado de semilla.....	25
2.7.9 Siembra.....	26
2.7.10 Germinación.....	26
2.7.11 Ubicación de bandejas y riego.....	26
2.7.12 Aplicaciones de solución nutritiva.....	26
2.7.13 Cosecha.....	26
2.7.14 Muestras de Análisis bromatológicos.....	27
2.8 VARIABLES RESPUESTAS.....	27
2.8.1 Porcentaje de Germinación.....	27
2.8.2 Altura de la planta.....	27
2.8.3 Peso de semilla (biomasa) FVH.....	27
2.8.4 Peso final de avena de corte e hidropónica (Rendimiento).....	28
2.8.5 Valor nutritivo (Análisis Bromatológicos).....	28
2.9 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION.....	28
CAPITULO III.....	29
RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
3.1.1 T1 Avena de Corte.....	29
3.1.2 T2 FVH con Solución Nutritiva.....	31
3.1.3 T3 FVH sin Solución Nutritiva.....	34
3.2 DISCUSIÓN.....	36
3.2.1 Porcentaje de germinación.....	36
3.2.2 Altura de Planta (cm).....	36
3.2.3 Peso de Forraje (kg).....	37
3.2.4 Porcentaje de Proteína.....	38
3.2.5 Porcentaje de Humedad.....	39
3.2.6 Porcentaje de Cenizas.....	40
3.2.7 Porcentaje de Grasas.....	41
3.2.8 Porcentaje de Fibra Cruda.....	42

3.2.9 Análisis de Costos.....	44
3.3 VERIFICACION DE LA HIPÒTESIS.....	47
CAPITULO IV.....	47
4.1 CONCLUSIONES.....	47
4.2 RECOMENDACIONES.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1. Clasificación taxonómica.....	9
TABLA N° 2. Características del lugar.....	19
TABLA N° 3. Tratamiento 1 (Testigo) avena de corte.....	22
TABLA N° 4. Tratamiento 2 FVH con solución.....	22
TABLA N° 5. Tratamiento 3 FVH sin solución.....	23
TABLA N° 6. Resumen medias de variable respuesta para T1 Avena de corte... 29	
TABLA N° 7. Resumen medias de variable respuesta para T2 FVH con solución31	
TABLA N° 8. Resumen medias de variable respuesta para T3 FVH sin solución	34
TABLA N° 9. Costos totales de la inversión.....	44
TABLA N° 10. Costos por tratamiento.....	45
TABLA N° 11. Ingresos por tratamiento.....	46
TABLA N° 12. Cálculo de relación beneficio/costo de los tratamientos 46	

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1. Porcentaje de germinación.....	36
GRAFICO N° 2. Altura de la planta.....	37
GRAFICO N° 3. Peso de forraje.....	38
GRAFICO N° 4. Porcentaje de proteína.....	39
GRAFICO N° 5. Porcentaje de humedad.....	40
GRAFICO N° 6. Porcentaje de cenizas.....	41
GRAFICO N° 7. Porcentaje de grasa.....	42
GRAFICO N° 8. Porcentaje de Fibra cruda.....	43

RESUMEN

La producción de forrajes de manera convencional hoy en día ha tenido una serie de limitaciones afectando a la zona pecuaria de pequeños, medianos y grandes productores, es por ello que en el presente estudio es la “Producción y calidad nutritiva de avena (*Arrenatherium elatius*) de corte e hidropónica bajo el efecto de dosis de siembra y tiempo de cosecha” en el cual se utilizó un diseño experimental 3x3x3, donde se realizó 3 tratamientos con 3 repeticiones con 3 dosis de siembra y tiempos de cosecha en avena (*Arrenatherium elatius*). Conjuntamente se ejecutó un análisis de varianza (ADEVA) y la comparación de medias de Turkey al 5% mediante el Software Estadístico Infostat. La distribución de los tratamientos fue de la siguiente manera T1 Avena de corte (Testigo) con dosis de siembra (0.150, 0.200 y 0,250Kg/m²) y el tiempo de cosecha (45,60 y 75 días), T2 Forraje verde hidropónico con solución nutritiva con dosis de siembra (1.5, 3.0 y 4.5Kg/m²) y el tiempo de cosecha (8, 12, 16 días) y T3 Forraje verde hidropónico sin solución con dosis de siembra (1.5, 3.0 y 4.5Kg/m²) y el tiempo de cosecha (8, 12, 16 días). Donde las variables de estudio fueron el porcentaje de germinación, altura de la planta, peso de semilla (biomasa) y el peso final de forraje hidropónico y de corte (rendimiento). Las condiciones en la que se desarrolla el T1 favorecieron a su desarrollo morfológico su rendimiento fue elevado en relación a la altura por lo que le beneficio el tiempo de corte y la cantidad de siembra de la misma manera mostro mayor ventaja en el peso del forraje el tratamiento más destacado fue D1C3 (0,15 kg/m² – 75 días) donde el tiempo de desarrollo favoreció a la cantidad de materia. Mientras que en la producción hidropónica con y sin solución no presentaron diferencias significativas en la altura de la planta pero si en relación al peso, el T2 mostro mayor ventaja al peso a comparación del T3, A demás con respecto al valor nutritivo de la avena (*Arrenatherium elatius*) los valores más destacados en proteína, grasa, y fibra de manera general es la avena hidropónica no existe diferencias significativas entre el T2 y T3, sin embargo la variable porcentaje grasa se puede apreciar una ventaja en el T2 con C1 (tiempo de cosecha 8 días). Finalmente el T2 presento una mejor relación beneficio/costo por cada dólar invertido se ha recuperado 0.44 centavos. Así concluyendo que la producción de forraje verde hidropónico bajo efecto de dosis de siembra y tiempos de cosecha influyo en los índices productivos.

PALABRAS CLAVES: HIDROPÓNICO, FORRAJE, DOSIS, SOLUCIÓN, CALIDAD

SUMMARY

The production of forages in a conventional way today has had a series of limitations affecting the livestock area of small, medium and large producers, that is why in the present study it is the "Production and nutritional quality of oats (*Arrenatherium elatius*) of cutting and hydroponics under the effect of sowing dose and harvest time" in which a 3x3x3 experimental design was used, where 3 treatments were carried out with 3 repetitions with 3 sowing doses and harvest times in oats (*Arrenatherium elatius*). An analysis of variance (ADEVA) and the comparison of Turkey means at 5% were jointly carried out using the Infostat Statistical Software. The distribution of the treatments was as follows: T1 Cut oats (Control) with sowing dose (0.150, 0.200 and 0.250 Kg / m²) and harvest time (45.60 and 75 days), T2 Green hydroponic forage with solution nutrient with sowing doses (1.5, 3.0 and 4.5 Kg / m²) and harvest time (8, 12, 16 days) and T3 Hydroponic green forage without solution with sowing doses (1.5, 3.0 and 4.5 Kg / m²) and the harvest time (8, 12, 16 days). Where the study variables were the germination percentage, plant height, seed weight (biomass) and the final weight of hydroponic forage and cutting (yield). The conditions in which the T1 is developed favored its morphological development, its yield was high in relation to the height, so the cutting time and the sowing quantity benefited it, in the same way, it showed greater advantage in the weight of the forage. The most prominent treatment was D1C3 (0.15 kg / m² - 75 days) where the development time favored the amount of matter. While in hydroponic production with and without solution, there were no significant differences in the height of the plant, but in relation to weight, T2 showed a greater advantage to weight compared to T3. As for others with respect to the nutritional value of oats (*Arrenatherium elatius*) the most prominent values in protein, fat, and fiber in general is hydroponic oats, there are no significant differences between T2 and T3, however the variable fat percentage can be seen as an advantage in T2 with C1 (time of harvest 8 days). Finally, Q2 presented a better benefit / cost ratio for every dollar invested, 0.44 cents has been recovered. Thus, concluding that the production of hydroponic green forage under the effect of sowing doses and harvest times influenced the productive indices.

KEY WORDS: HYDROPONIC, FORAGE, DOSE, SOLUTION, QUALITY

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años en la provincia de Tungurahua, ha existido una serie de cambios climáticos desastrosos que ha logrado delimitar la producción forrajera convencional, afectando principalmente la alimentación en animales de la zona (*Núñez et al. 2017*). Frente a esta problemática se opta una alternativa para generar pastos de excelente calidad mediante cultivos hidropónicos, beneficiando no solo al alto rendimiento de producción sino también al gran beneficio económico que genera al ser empleado. (**Castillo, J. 2017**). La hidroponía en el Ecuador se ha convertido en una práctica que constantemente continua creciendo, pero al mismo tiempo existe un desconocimiento y desinformación de las especies que pueden ser implementadas de manera hidropónica en nuestra región. (**Orjuela Villalobos, WG. 2015**).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una técnica de cultivos sin suelo, una de las principales tecnologías que benefician el desarrollo de la agricultura, una de las características principales del forraje verde hidropónico (FVH) es la aceleración de producción de biomasa, una manera no convencional que permite su cosecha a partir de los 9 a 16 días desde su siembra al contrario de la siembra tradicional que no es posible cosecharla durante todo el año. (**Salas et, al 2010**).

La producción de FVH se inicia con la obtención de semillas viables (*Arrenatherium elatius*), brindándoles un seguimiento a partir de la germinación y crecimiento inicial de las plantas, además el cultivo requiere de factores bajo cubierta para brindarle las condiciones favorables (temperatura, luz, humedad) debido a la ausencia de suelo, semillas como: avena, cebada, maíz y trigo son usualmente utilizadas para generar un cultivo hidropónico que posteriormente es utilizado para la alimentación de animales y es apreciado por su nivel alto de palatabilidad y digestibilidad, sobre todo por su

excelente calidad nutricional, en el desarrollo es posible adicionar soluciones química u orgánicas (**López, R et, al 2009**).

De acuerdo a varias revisiones bibliográficas se estima que el sector rural las principales problemáticas de la producción de forraje de modo convencional es obstruido por los excesivos costos de las tierras como también el incremento de los minifundios, otro factor relevante es el incremento de la población que ha obligado que los espacios destinados para siembra de forrajes sean limitados es por ello que el uso de FVH se toma como una gran alternativa, como un medio de producción pecuaria con la finalidad de obtener forrajes de calidad y sobre todo los costos de producción se encuentre al alcance de los productores. La provincia de Tungurahua es un lugar estratégico al encontrarse en la zona centro del país, capaz de crecer en el mercado a nivel de producción ya sea agrícola o agropecuaria. (**Vásquez et al, 2014**)

1.2 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Cerrillo et al. (2012), estimaron la producción de biomasa y valor nutricional de forraje verde hidropónico (FVH) a base de trigo y avena en diferentes tiempos de cosecha y densidades de siembra. En primera instancia, se lavaron y desinfectaron las semillas de trigo (*Triticum aestivum*) variedad Anáhuac y de avena (*Avena sativa L.*), luego se las dejó reposar por 24 horas a temperatura ambiente y alejadas de la luz, para facilitar el proceso de germinación. Las semillas de trigo y avena se sembraron de forma manual a una cantidad de 400, 600 y 800 g de semilla germinada (56,7% de MS), lo cual equivale a densidades de siembra de 2,5; 3,75 y 5,0 kg de semilla/m². El tiempo de cosecha para el Forraje Verde Hidropónico (FVH) fue de 10 y 12 días. Los resultados del experimento revelaron interacción entre densidad y especie para la producción de biomasa. Esta variable registró un aumento progresivo para ambas especies con una densidad de siembra de hasta 600 g/charola, no obstante, para las semillas de trigo sembradas a una densidad de 800 g/charola (5,0 kg de semilla/m²), la producción de biomasa fue 100% mayor a la que se obtuvo con la avena, empleando un tiempo de 12 días para la cosecha. La producción de biomasa con esta densidad se obtuvo una relación de 1:5,5 de semilla sembrada: forraje producido para el caso del trigo, mientras que para la avena se calculó una relación de 1:2,8.

Fuentes et al. (2011), llevaron a cabo un estudio donde evaluaron la producción y calidad nutritiva de la avena como forraje verde hidropónico (FVH) en condiciones de desierto. Estos parámetros se evaluaron por medio de tres ensayos, en el sector Pampa del Tamarugal en Chile. El primer ensayo comprendía en la evaluación de cuatro tiempos de remojo para las semillas (0, 12, 24 y 48 horas), para lo cual se midió el porcentaje y tasa media de germinación, donde los resultados más óptimos se obtuvieron con un tiempo de remojo de 12 horas. El segundo ensayo tenía por objetivo evaluar diferentes dosis de siembra (densidad de siembra), empleando valores de 1,6; 3,2; 4,8 y 6,4 kg/m², donde se midió el porcentaje de plantas normales al cabo de 10 días post-siembra. En este caso, los mejores resultados se atribuyeron a la dosis de 6,4 kg/m² presentando el valor máximo de plantas normales. Por último, en el tercer ensayo se evaluó cuatro tiempos de cosecha,

entre los que se encontraban 7, 10, 13 y 16 días después de la siembra (DDS), donde se midieron parámetros de: altura de la planta, conversión (materia seca del forraje a materia por materia seca de semillas) y análisis químico del material que se había cosechado. Los resultados obtenidos reflejaron que el día 10 fue el que mejor tiempo para la cosecha, ya que la avena producida presentó valores de 36,86% en materia seca, 14,79% de proteína bruta, 18,77% de fibra cruda y una condición sanitaria superior en lo que respecta al forraje.

En el interior de las unidades de producción hidropónica, las plantas crecen adecuadamente bajo un sistema de control óptimo de factores como la nutrición y condiciones ambientales. Para llevar a cabo este proceso existen una variedad de métodos de producción, **Delgado (2016)**, realizó una investigación donde determinó la producción de avena (*Avena sativa*) como forraje verde hidropónico a base de tres métodos de producción (**FAO, Torillo y Molina**), en el distrito 8 de la ciudad de El Alto, Bolivia. Para el estudio se evaluaron distintas variables como: la altura de la planta, rendimiento productivo, conversión de grano a forraje hidropónico y conversión de forraje verde hidropónico a materia seca. El mayor porcentaje de germinación se obtuvo al cabo de cinco días de colocadas las semillas en las bandejas a una temperatura de 20°C. Con el método FAO, se obtuvo mayor rendimiento en peso verde de forraje con un 9,60 (kg/0,24m²). Así también, en lo que respecta a la altura de la planta este método, obtuvo mejores resultados con un valor promedio de 27,5 cm en comparación con los otros métodos. Por otro lado, en cuanto al crecimiento de la raíz los resultados no mostraron mucha variabilidad, no obstante, con el método de Tarrillo se obtuvo mejores resultados, con 3,79 cm de longitud de la raíz. Por último, en la relación costo/beneficio, el método de FAO resultó ser el más ideal.

Castillo Valdivieso, J. (2017), llevó a cabo un estudio donde evaluó la producción de biomasa y el valor nutricional de forraje verde hidropónico de avena (*Avena sativa L.*) y cebada (*Hordeum vulgare L.*) con dos cortes sucesivos. En los ensayos para cada especie forrajera (avena y cebada) se aplicaron macro y micronutrientes, empleando dos cortes sucesivos, a los 20 días luego de la siembra y otro a los 15 días después del primer corte. Se utilizaron siete tratamientos con distintas dosis

para macro y micronutrientes en las dos especies forrajeras. En el primer corte (20 días post-siembra) se alcanzó una mejor producción con el tratamiento T4 (Avena+ Macronutriente 2,5 ml/l + micronutriente 4,0 ml/l). El mejor valor nutricional se determinó a través de la proteína, donde el mejor resultado se obtuvo con el tratamiento T7 (Cebada + Macronutriente 7,0 ml/l + micronutriente 2,5 ml/l). La mejor producción en materia seca (MS) se obtuvo con el T3 (Avena + Macronutriente 7,0 ml/l + micronutriente 2,5 ml/l) y T7. Los mejores resultados en lo que respecta a la fibra se obtuvieron con los tratamientos T7 y T3. Para la ceniza y grasa se alcanzaron los mejores resultados con los tratamientos T2 (Avena + Macronutriente 5,0 ml/l+ micronutriente 4,0 ml/l). Con el segundo corte, lo obtuvo mayor rendimiento con los tratamientos T4 (Avena+ Macronutriente 2,5 ml/l + micronutriente 4,0 ml/l) y T8 (Cebada + Macronutriente 7,0 ml/l + micronutriente 4,0 ml/l). Para materia seca se obtuvo resultados más efectivos con los tratamientos T3 y T6. Para la fibra al segundo corte se obtuvo resultados ideales con los tratamientos T2 y T8. Así también, para el contenido de ceniza y grasa se consiguió mejores resultados con los tratamientos T7 y T3.

Morales et al., (2020) realizaron una investigación en la Región del Sur del Ecuador, donde compararon la producción de avena (*Avena sativa* L.) y trigo (*Triticum vulgare* L.) proveniente de un sistema de forraje verde hidropónico (FVH) así como de un sistema de producción convencional (CA). En dicho estudio se evaluaron la altura de la planta (AP) de cada cultivo en los dos sistemas productivos, mientras que para cada uno de los sistemas y tipo de cultivo se determinó la producción de biomasa, proteína cruda (PC) y el cociente de la relación beneficio costo. Se obtuvo mayor altura en el trigo FVH con 17,67 cm, por otro lado, con la avena bajo el CA se alcanzó una altura de 82,67 cm. En lo que respecta a la producción de biomasa, con el trigo FVH se produjo 23,75 kg/m² de materia verde o 3,10 kg/m² en materia seca. El porcentaje de proteína con el trigo CA fue superior con 19,90%, seguido de la avena bajo el mismo sistema de producción, mientras que el % de proteína para el trigo y la avena FVH solo alcanzó valores del 10%. Por último, en la relación beneficio costo, el trigo FVH alcanzó un puntaje mayor de 1,46 con la avena FVH (0,67), el trigo CA (0,26) y la avena CA (1,0). Por tal razón, el forraje verde hidropónico se muestra como una

alternativa complementaria dentro de la alimentación en rumiantes a base de forrajes, debido a su producción, composición química y en aspectos financieros para los cultivos, así también, su aplicabilidad en zonas que cuentan con áreas limitadas en espacios, suelos poco fértiles y que no puedan considerarse aptos para cultivos.

El forraje verde hidropónico (FVH), cada vez más es reconocido internacionalmente como una alternativa que permite garantizar la producción sostenible de biomasa por unidad de espacio en un tiempo menor y con la mayor calidad posible. Así pues, **Rivero et al. (2016)** evaluaron el efecto de dos soluciones nutritivas (con dos diluciones en cada caso) aplicadas en un sistema de producción hidropónico para avena y ray-grass sobre los parámetros de crecimiento, desarrollo y productividad de ambas especies forrajeras. El diseño experimental constó del montaje de dos módulos de 24 bandejas de semillas, en las que tanto la avena como el ray-grass se cultivaron empleando dos soluciones nutritivas (una de origen sintético y otra orgánica a base de humus líquido). Los resultados mostraron que, para las dos especies de plantas evaluadas, el uso de soluciones orgánicas afecta de forma significativa en las variables de conversión, rendimiento de la masa fresca por unidad de área, tasa de asimilación neta, tasa de crecimiento de cultivo y tasa de crecimiento absoluto. Esto puede verse influenciado por el contenido de nitrógeno relativamente elevado en la solución orgánica, mismo que proporciona un mayor grado celular pero menor acumulación en la expansión de fibras y reservas.

Albert et al. (2016) Comprobó tres especies de gramíneas, en la cual se recolectaron en distintos tiempos de cosecha, en este caso a los 10 y 12 días y a su vez se procedió a pesar las muestras frescas de maíz (*Zea mays*), Avena (*Avena strigosa*) y trigo (*Triticum vulgare*) en las cuales se evaluó el contenido de nutrientes como también el rendimiento productivo de Forraje hidropónico, puesto que se obtuvo como resultado lo siguiente maíz: 3,91 kg/m²; 4,64 kg/m²; avena: 4,44 kg/m², 4,96 kg/m² y trigo: 8,18 kg/m², 10,73 kg/m² , en el rendimiento productivo de forraje hidropónico en cada especie. De tal forma que el rendimiento promedio en materia verde de las tres especies no mostró diferencias significativas

al día 10, sin embargo, el rendimiento promedio de materia verde para del FVH de trigo en relación al promedio de las otras especies fue estadísticamente significativo tanto para el día 10 como el día 12. Los resultados de laboratorio para materia seca (MS) en el día 10 fueron superiores en el maíz: 25,55%, avena: 16,12% y trigo 7,97%, en relación al día 12, donde los valores fueron: maíz: 19,24%, avena: 13,75 y trigo: 8,68%. En cuanto al contenido de PB no se evidenciaron diferencias significativas para los días 10 y 12, no obstante, se registró un mayor porcentaje en avena 24%,25%; trigo 21%, 22% e inferior en el maíz con 13% y 13%. Por lo tanto, resulta viable la utilización de forraje verde hidropónico para la alimentación animal, tomando en cuenta el contenido de PB y MS, así como la elevada productividad de biomasa.

Avendaño (2017), llevó a cabo un estudio encargado de la evaluación productiva y nutricional de tres variedades de avena forrajera (*Avena sativa*): Cayuse, Ever Leaf y Avena Nativa, con tres niveles de ferti-riego hidropónico en Monguí- Boyaca. Para el presente estudio dos variedades fueron sometidas a un proceso de selección y conservación mientras que la otra variedad en condiciones naturales, no se sometió a conservación y selección. Cada especie se distribuyó, en cuatro grupos experimentales con 3kg de semilla para cada bandeja. Se llevaron a cabo tres tratamientos junto con el grupo testigo (T0, T1, T2 y T3). El grupo testigo (T0): el riego solo se realizó con agua, 4 riegos diarios de 200 a 400 ml y 80-90% de humedad. El grupo T1: empleó 25% de fertilizante orgánico, 4 riegos diarios de 200 a 400 ml y 80-90%. El grupo T2: empleó 50% de fertilizante orgánico, el mismo volumen de riego y la humedad. El grupo T3: empleó 75% de fertilizante orgánico y volumen similar de riego con mismo porcentaje de humedad. Los resultados obtenidos determinaron que la biomasa y calidad nutricional para la variedad avena Cayuse conjuntamente con el T2, fueron superiores a las otras especies.

En la actualidad la agricultura basa en el suelo está experimentando desafíos debido a numerosas razones de carácter antropogénico como la deforestación, urbanización e industrialización. **Shawal, et al.**, realizaron un experimento para evaluar el mejor cultivo de forraje para el potencial de forraje verde hidropónico

en CSI, NARC, Islamabad en condiciones de laboratorio con un estudio comparativo en verde. El estudio se realizó con siete tratamientos en tres repeticiones. Los tratamientos fueron T1= maíz (300g), T2= avena (300g), T3= sorgo (300g), T4= Maíz + Avena (150 + 150 g), T5= Avena + Sorgo (150 + 150 g), T6= Mijo + Avena (150 + 150 g) y T7= Maíz+ Sorgo (150 + 150g). El riego se llevó a cabo tres veces al día, anotando la temperatura tres veces al día. La cantidad máxima en forraje verde se registró para las especies de mijo + avena, maíz y avena con 888,00 g, 883,53 g y 721,21 g de rendimiento en forraje fresco/bandeja. El presente estudio, concluye en que producir forraje verde en condiciones de interior, tanto el maíz como la avena pueden emplearse para el cultivo hidropónico debido a su alta productividad en forraje verde fresco. Así también, la combinación de maíz y avena se puede utilizar para conseguir una mejor producción y eficiencia para el uso del agua bajo condiciones de hidroponía.

La investigación realizada por **Firehiwot et al. (2018)**, tenía por objetivo evaluar el rendimiento hidropónico y el valor nutritivo de diferentes variedades de forraje de avena (*Avena sativa*) por edades en la Universidad de Wollega. Para esta investigación se realizaron dos experimentos, el primero se llevó a cabo con el fin de evaluar el rendimiento productivo y valor nutritivo de variedades de avena. El segundo se encargó de analizar los efectos de la frecuencia de riego y fechas de cosecha sobre los mismos parámetros mencionados anteriormente. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre las variedades de avena como un efecto de la frecuencia de riego, rendimiento de forraje, rendimiento en fresco, altura de la planta, peso de la hoja, tallo y relación hoja con tallo. Sin embargo, hubo un efecto significativo con las fechas de cosecha sobre el rendimiento de forraje hidropónico, altura de la planta, entre otras, donde los mejores resultados se obtuvieron al cabo de 10 días después de la siembra y disminuyó constantemente hasta los 14 días de siembra. No obstante, se registró plantas mucho más altas al cabo del día 14. La variedad de avena V-6710, registró un valor de PC más alto (23,4%) en relación a las otras variedades, mostró además el contenido más bajo de fibra y lignina con una digestibilidad in vitro relativamente mejor. En conclusión, las variedades de avena no mostraron diferencia en lo que respecta al rendimiento de biomasa. Por otro lado, la cosecha de avena hidropónica a los 10

días después de la siembra tiende a proporcionar el mejor rendimiento en materia seca y proporción hoja-tallo.

1.3 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

1.3.1 AVENA (*Arrhenatherum elatius*)

El pasto avena es una gramínea anual, que se puede encontrar en zonas altas, bajas, salinas o secas, además posee una gran adaptabilidad desde climas semicálidos a fríos su vez es apreciada por su alto valor biológico en proteínas, minerales y vitaminas. Se considera que el pasto avena es originario de Europa pero a la vez se desconoce cómo fue introducida al Ecuador, actualmente se produce con mayor intensidad en las zonas andinas, y es caracterizada por ser una planta perenne que se desarrolla en matas y logra producir un follaje tierno útil para la alimentación de ganado u otros animales. La avena puede llegar a alcanzar una altura de aproximadamente de 100 a 120cm, con un ciclo vegetativo de 180 días. (FAO, 2001)

Tabla 1. CLASIFICACION TAXONÒMICA

<i>Reino</i>	<i>Plantae</i>
<i>División</i>	Magnoliophyta
<i>Clase</i>	Liliopsida
<i>Orden</i>	Poales
<i>Familia</i>	Poaceae
<i>Genero</i>	Arrhenatherum
<i>Especie</i>	<i>Arrhenatherum elatius L</i>

Fuente: Tomado de Simbaña, H (2015).

1.3.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

- **Raíz:** Es seudo fasciculado es decir que se caracteriza por ser una raíz fuerte, debido a su gran abundancia y sobre todo por su profundidad a comparación de otros cereales como el trigo o el maíz. (Contreras *et al.* 2019)

- **Tallo:** Son gruesos y rectos de forma cilíndrica y hueco, además poseen un alto valor forrajero, pueden alcanzar una altura de aproximadamente metro y medio esto puede variar dependiendo la variedad, posee una serie de entrenudos que van engrosando según crezca la planta. **(Simbaña, H . 2015)**

- **Hojas:** hojas alternas de forma alargada y planas caracterizada por la unión del limbo, no posee estipulas y el tallo contiene una lígula pelosa de color blanquecino ovalada con su borde dentado. **(Castillo Valdivieso, J. 2017)**

- **Inflorescencia:** Su inflorescencia es en forma de panícula, tipo racimo (espigas) que se encuentran sobre los pedúnculos y poseen de dos a tres flores. **(Castillo Valdivieso, J. 2017)**

- **Flores:** Tiene flores hermafroditas unisexuales en forma de panícula, además posee tres estambres y anteras grandes, el gineceo es plumoso y en su base se encuentran las lodículas. **(Simbaña, H . 2015)**

- **Semilla:** Es alargado que se encuentra contenida como un fruto cariósido, además presenta una estructura pericarpiosa y su embrión está conformado por la radícula, coleóptilo, coleorriza y el escutelo. **(Contreras *et al.* 2019)**

1.3.3 REQUERIMIENTO EDAFO-CLIMATICOS CONVENCIONAL

Cerdas, R. (2011), recalca que el cultivar de avena necesita una serie de parámetros para generar una producción adecuada de forraje, entre ellos los más significativos son:

- **Altitud:** Es adaptable en zonas frías, tropicales, subtropicales a una altura de 1500 a 3000 msnm, cabe recalcar que puede adaptarse a zonas áridas.

- **Fotoperiodo:** la avena es una especie que requiere días de luz largo de manera natural.
- **Temperatura:** Su condición térmico se encuentra de 5 a 30°C y a su vez una temperatura optima de 17.5°C.
- **Precipitaciones:** el cultivar puede tolerar las sequias pero no por periodos largos, la avena requiere de 400 a 1300 mm por ciclo. es considera que las precipitaciones óptimas para el cultivo es de 500mm.
- **Textura:** el cultivo prefiere suelos con gran retención de agua, se desarrolla mejor en suelos arcillosos-limosos o como también francos-arcillosos.
- **Salinidad/sodicidad:** es ligeramente tolerante a la salinidad.
- **pH:** requiere de un pH óptimo de 6.0 y un rango óptimo de 4.5 a 7.5.
- **Drenaje:** es necesario un buen drenaje para evitar presencia y enfermedades.

1.3.4 MANEJO AGRONÓMICO

- **Preparación del suelo:** el suelo se debe prepararlo para lograr obtener una buena germinación y sobre todo un crecimiento adecuado del cultivo, para ellos es necesario implementar las buenas prácticas agrícola como el barbecho que consiste en aflojar la tierra para brindarle mejores cualidades a la zona de producción como mayor aireación y mejorar su capacidad de retención de agua, no está demás el rastreo que permite establecer una superficie selecta para la germinación. **(Vargas Rodríguez, CF. 2008).**
- **Siembra:** Existe una serie de métodos de siembra pero la practica más común es el voleo, el cual consiste lanzar la semilla cada dos pasos para mejorar su distribución o en caso de tener la disponibilidad de maquina se utiliza una sembradora que marca los bordes finales de 30 a 40 cm de altura en forma de melgas con la finalidad de proporcionar un buen riego, con una distancia de 17 a 20cm entre hilera con una profundidad de 6cm. **(Contreras et al. 2019).**

- **Fertilización:** Es necesario la aplicación de nitrógeno, potasio y fosforo elementos fundamentales para el desarrollo del cultivo, cabe recalcar que el nitrógeno es uno de los elementos más fundamentales por lo general se implementa de 30 a 80 kg/ha, pero a la vez se sugiere reducir la cantidad en épocas secas. **(Vargas Rodríguez, CF. 2008).**
- **Cosecha:** Esto depende la variedad pero por lo general se promedia que se puede realizar cuando la plantación cumpla los 120 a 130 días, se puede utilizar diversas herramientas para su extracción y ser utilizada para el consumo. **(FAO, 2001)**

1.3.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES

(Simbaña, H. 2015) Señala que las principales plagas y enfermedades del cultivo de avena son:

- **Pulgón:** Es uno de los más comunes que se presenta principalmente en la espiga causando el amurallamiento de la planta por lo que requiere control.
- **Roya:** Es una de las enfermedades más comunes debido que ataca principalmente a las hojas, tallos una de sus desventajas de la enfermedad es la disminución de producción de avena afectado a la calidad del forraje. Presenta un color rojizo o café ocasionando lesiones redondas o a su vez ovaladas.

1.3.6 FORRAJE VERDE HIDROPONICO (FVH)

Consiste en la producción de plantas a base de sustratos con requerimientos especiales para su desarrollo por la ausencia de suelo. Uno de los principales hechos de realizar forraje hidropónico es con la finalidad de acelerar su cosecha y que su producción sea consecutivamente durante todo el año, generando un alimento de calidad para el beneficio de la dieta en los animales. **(Castillo Valdivieso, J. 2017)**

El forraje hidropónico se logra obtener mediante la germinación de semillas durante un periodo de 9 a 15 días, logrando alcanzar hasta una altura de 25 cm. Las semillas son sometidas a un proceso de remojo, lavado, y desinfección. Durante la germinación las semillas sufren varios cambios que a pesar de los pocos días de su crecimiento captan energía luminosa lo que permite desarrollar su follaje y su sistema radicular. **(Castillo, 2017)**

1.3.7 IMPORTANCIA DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El FVH es una herramienta de suma importancia para el desarrollo agropecuario debido ha logrado suplementar a la forma convencional de obtener el forraje, de cierta manera la producción de forraje hidropónicamente nos permite contar con un alimento contante durante el transcurso del año, teniendo mejores rendimientos y estabildades para el consumo animal evitando alteraciones en sus sistemas digestivos y reduciendo la incidencia de enfermedades de los mismos. Cabe recalcar brinda mejores condiciones y beneficios al consumidor como el incremento de su fertilidad, peso, y producción lechera, ventajas que ofrece el forraje hidropónico. **(Alvarado Vigo, EM. 2020)**

Brinda mejores resultados con un alto grado de aceptabilidad por parte de los animales monogástricos y poligástricos, ya que dichos animales prefieren el consumo de la parte área de las primeras hojas verdes, además la base como la semilla y la zona radicular no son desechadas al contrario con apetecidas y aprovechas complementado su alimentación con proteínas y carbohidratos. Sus características organolépticas como el sabor, textura, color generan un alto nivel de palatabilidad, así mejorado su metabolismo y asimilación de otros alimentos, es decir que el FVH es aprovechado al máximo. **(Alvarado Vigo, EM. 2020)**

1.3.8 VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH)

- **Ahorro de agua**

FAO (2001), asevera que en la producción de forraje verde hidropónico reduce los factores como la infiltración, evapotranspiración y el escurrimiento superficial a comparación de la siembra convencional.

- **Tiempo de producción**

FAO (2001) señala que la producción de FVH logra reducir el tiempo de cosecha que se obtiene de manera convencional, dicho forraje posee un ciclo de 10 a 15 días que se puede adquirir de manera consecutiva durante el año, cabe recalcar que las cosechas dependen de las necesidades del productor.

- **Costos de producción**

FAO, (2001) manifiesta que mediante varias investigaciones se ha llegado a concluir que la rentabilidad es aceptable para la instalación de producción del forraje, ya que se puede implementar este tipo de cultivo de manera sencilla y con materiales reciclables del hogar es decir que beneficia a pequeños y grandes productores favoreciendo su desarrollo económico.

1.3.9 FACTORES AMBIENTALES PARA LA PRODUCCIÓN DE FVH

- **Luz:** Para lograr obtener una producción óptima de FVH es recomendable que los tres primeros días se mantenga en una zona oscura para beneficiar a la semilla y empiece su brote, a partir del cuarto día se tiene la presencia de tallos formados que requieren una buena luminosidad, teniendo en cuenta que la luz se prolongue homogéneamente en las bandejas sembradas. Cabe mencionar que no se debe exponerles a la luz solar directa porque puede ocasionar quemaduras y lesiones a la planta. (**Tubòn Siza, M. 2013**)
- **Temperatura:** Esta gramínea requiere de temperaturas aproximadas que pueden variar de 25 a 28°C, al exceder temperaturas mayores de 30°C puede causar problemas y pérdidas de la producción del forraje, disminuye la

retención y absorción de agua causando que la planta agote su energía y proceda a amortiguar. (*Castillo. et al. 2013*)

- **Humedad:** Se requiere una excelente ventilación en el invernadero, también es muy importante mantener una humedad relativa de 65% a 70%, si el valor sobrepasa del 90% y no exista una buena aeración se presentara problemas fitosanitarios que pueden ser perjudiciales para su producción. (**Tubon Siza, M. 2013**)

1.3.10 PARÁMETROS PRIMORDIALES PARA LOS ESTABLECIMIENTOS DE FVH

- **La zona del establecimiento**

Capquique, Y. (2016), manifiesta que el cultivo hidropónico requiere de un lugar de preferencia libre de contaminación por diversos factores, es por ellos que se requiere de un lugar de ambiente abierto disponible para brindar las condiciones necesarias para el desarrollo de las plantas, cabe recalcar que mediante la hidroponía se puede aprovechar los espacios reducidos como terrazas y patios con gran exposición solar, también se puede implementar un invernadero dependiendo de la necesidad del productor o a su vez aprovechar de infraestructura ya instalada. Finalmente el sitio destinado a la producción hidropónica para mejor comodidad de los productores se recomienda que puede estar ubicado cerca al lugar de residencia (vivienda) para facilitar la vigilancia del invernadero como el riego, en caso de que no cuente con una infraestructura se debe evitar los fuertes vientos y la presencia de roedores dependiendo en la zona que se requiere desarrollar.

- **Volumen del cultivo**

Zagal et al. (2016), Expone que el volumen del cultivo dependerá del espacio disponible destinado a la producción hidropónica, se estima que la producción

variara dependiendo la dimensión de los recipientes, es decir a partir del 1m² de superficie (bandeja) puede ser sembrada en una hectárea, lo recomendable es seleccionar una extensión nivelada para brindar a los contenedores de semilla, obtengan un buen drenaje y evitar la presencia de factores Fito patógenos.

1.3.11 PARÁMETROS VARIABLES DEL CULTIVO HIDROPÓNICO

- **Densidad de siembra (FVH)**

FAO, (2001), señala que las dosis óptimas para el cultivo hidropónico en avena oscilan entre 2,2 a 3,4 kilos por metro cuadrado, esto también depende del espacio (bandeja) que se encuentre a disposición de las semillas.

Fuentes *et al*, (2011) muestra que mediante varias prácticas con FVH de avena se ha logrado discrepar varias versiones con respecto a la dosis de siembra, exponiendo las siguientes dosis de siembra: 2 a 3 kg/m², 3.9 kg/m² y 5,6 kg/m² las dosis de siembra están relacionadas con la superficie, la calidad y cantidad de forraje que se desea desarrollar el cultivo.

- **Nutrición (FVH)**

Acùrio Medina, MC. (2016), Indica que el éxito de la producción del FVH es una adecuada irrigación a partir de su siembra hasta el momento que es cosechada, además es recomendable la implementación de agua más una solución nutritiva rica en micro y macro elementos que beneficien a obtener mayor producción, se debe tener en cuenta que si se utiliza únicamente agua pura es muy útil pero a su vez el rendimiento será menor a comparación del desarrollo con solución.

- **Tiempo de Cosecha (FVH)**

Soto *et al.* (2012) recalca que los tiempos de cosecha del forraje hidropónico oscila entre los 8 a 14 días alcanzando una altura promedio de hasta 25 cm en la cual presenta una productividad de 8 a 15kg de FVH. El FVH en el séptimo y octavo día tiene mayor riqueza nutricional por lo que su peso y cosecha desde dichos días ya es considerable para iniciar su cosecha dependiendo la necesidad del productor. Se tiene en cuenta que la cosecha no es solamente de la parte aérea si no que comprende de la totalidad de la biomasa es decir todo lo que contiene la bandeja como hojas, tallos, el acolchado de la raíz como también las semillas que no lograron ser germinadas por ende toda la alfombra es un alimento es su totalidad.

FAO (2001), indica que la época de cosecha empieza a partir de los 12 a 14 días de su siembra, pero en caso de necesitar el alimento se puede realizar cosechas anticipadas como a los 8 a 9 días, el forraje se encuentra en su mayor esplendor de nutrientes ente los 7 a 8 días pero también mediante varias practicas se ha documentado que el periodo de 7 a 10 días también se encuentra dentro del circulo nutritivo. Además las cosechas realizadas a los 15 a 22 días son útiles para la alimentación pero se recalca que sus nutrientes empiezan a descender.

1.3.12 CALIDAD NUTRITIVA DEL FVH

López Martínez, LA. (2005) Menciona que la calidad nutritiva varía dependiendo de varios factores ya sea el tiempo de cosecha, variedad, edad, su manejo y el clima en el que se desarrolla el cultivo, el contenido de la proteína es uno de los factores más relevantes para definir la calidad del forraje de una ración de forraje que por otro lado resultara más económico y al gusto del animal. Cabe recalcar la **FAO (2001)** manifiesta que el forraje verde hidropónico tiene un gran contenido de vitamina E y pro- vitaminas A. **(Morales *et al* 2012)** Aporta que los forrajes especialmente los tiernos tiene un alto concentro de vitaminas A y E de igual manera los carotenoides. Además los minerales como el calcio, fosforo y el hierro se hacen presentes pero su concentración varía dependiendo en la fase que se encuentre la planta, como también

existe una alta digestibilidad debido que la lignina y la celulosa es escasa en los pastos tiernos es por ello que hace que el FVH sea muy apetecible y un alimento asimilable para los animales con la certeza de un producto de alta calidad.

1.3.13 COSTOS DE PRODUCCIÓN DE FVH

Los costos de producción del FVH dependerán de la escala de producción, para conllevar a un análisis de costos se debe considerar los riesgos que se encuentra expuesto en la zona como problemas climáticos adversos (sequias), además costos unitarios básicos como la suministración de la semilla de calidad y viable para la producción de forraje que se encuentre al alcance de pequeños y medianos productores.

La producción de forraje tiene como ventaja que los niveles de los costosfijos son aceptables a comparación de la producción convencional. Mediante varias investigaciones actuales se sostiene que producir FVH es totalmente rentable y es beneficioso principalmente en el mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de las familias productoras de la misma manera conservando su paulatina reconversión económica. **(López Martínez, LA. 2005)**

1.4 HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

1.4.1 HIPÒTESIS

El rendimiento de forraje verde hidropónico bajo efecto de dosis de siembra y tiempos de cosecha influyen sobre los índices productivos.

1.4.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar producción y calidad nutritiva de avena (*Arrenatherium elatius*) de corte e hidropónica bajo el efecto de dosis de siembra y tiempo de cosecha.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar el rendimiento de avena de corte en base a las dosis de siembra (0.150, 0.200 y 0,250Kg/m²) y el tiempo de cosecha (45,60 y 75días).
2. Evaluar la producción de avena hidropónica con y sin solución nutritiva con relación a las dosis de siembra (1.5, 3.0 y 4.5Kg/m²) y el tiempo de cosecha (8, 12, 16 días).
3. Determinar el valor nutritivo y la rentabilidad de avena de corte e hidropónica (*Arrenatherium elatius*).

CAPITULO II

METODOLOGIA

2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

La investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Granja Experimental Querochaca; la cual se encuentra en la Provincia de Tungurahua, cantón Cevallos con las siguientes coordenadas, latitud 01° 21'00" S y una longitud de 77° 35'00" O. (WeatherOnline, 2021).

2.2 CRACTERISTICAS DEL LUGAR

El proyecto se llevó a cabo en la Granja experimental de Querochaca la cual cuenta con las siguientes condiciones meteorológicas:

TABLA N°2. Características del lugar

Características	Descripción
Temperatura mínima día	12 °C
Temperatura mínima noche	10 °C
Temperatura máxima obtenida	°C

2
3

Temperatura mínima obtenida	3 °C
Fuerza del Viento	6km/h
Precipitación anual	251 a 500 mm

Fuente: (WeatherOnline, 2021)

Suelo: El suelo del cantón Cevallos es arenoso, poco arcilloso y ligeramente alcalino, tierra apta principalmente para frutales, legumbres, hortalizas y flores con una superficie ligeramente ondulada. (WeatherOnline, 2021)

2.3 EQUIPOS Y

MATERIALES

Materiales

- Invernadero (16.50 m2)
- Malla negra
- Bandejas plásticas
- Semilla de avena (*Arrenatherium elatius*)
- Solución nutritiva
- Soportes de madera
- Cinta métrica
- Herramientas (azadón, rastrillo)
- Recipientes
- Cloro
- Periódico
- Materiales de oficina
- Cajones de madera

Equipos

- Balanza
- Cámara

- Bomba pequeña

2.4 FACTORES DE ESTUDIO

Los factores de estudio son los siguientes:

2.4.1 Dosis y tiempo de cosechas

T1 (testigo): AVENA DE CORTE

- Dosis de siembra: 0.150 kg/m²; Tiempos de cosecha 45, 60, 75días
- Dosis de siembra: 0.200 kg /m²; Tiempos de cosecha 45, 60,75días
- Dosis de siembra: 0.250 kg/m²; Tiempos de cosecha 45, 60, 75días

T2: FVH CON SOLUCIÓN NUTRITIVA

- Dosis de siembra: 1.5 kg/m²; Tiempos de cosecha 8, 12, 16 días
- Dosis de siembra: 3.0 kg /m²; Tiempos de cosecha 8, 12, 16 días
- Dosis de siembra: 4.5 kg/m²; Tiempos de cosecha 8, 12, 16 días

Solución Nutritiva

Se desempeña como un gran programa nutritivo de mayor uso en sistemas hidropónicos, por su eminente contenido de oxígeno y en parte su totalidad de todos los nutrientes completamente disociados en forma disponible para la planta. Dentro de estos nutrientes se encontrarían los principales macro elementos como el Nitrógeno(N), Fósforo (P) y Potasio (K), de la misma manera se cuenta con la presencia de micro elementos, todos necesarios para el desarrollo de las plantas.

T3: FVH SIN SOLUCIÓN NUTRITIVA

- Dosis de siembra: 1.5 kg/m²; Tiempos de cosecha 8, 12, 16 días
- Dosis de siembra: 3.0 kg/m²; Tiempos de cosecha 8, 12, 16 días
- Dosis de siembra: 4.5 kg/m²; Tiempos de cosecha 8, 12, 16 días

2.5 TRATAMIENTOS

2.5.1 Esquema de la distribución de los tratamientos

Tabla N° 3. Tratamiento 1 (testigo) AVENA DE CORTE

N° Tratamiento	Dosis de siembra kg/m²	Repeticiones y tiempo de cosecha	Total
T1. Avena decorte	0.150	3- 45días	9
		3-60días	
		3-75días	
	0.200	3-45días	9
		3-60días	
		3-75días	
	0.250	3-45días	9
		3-60días	
		3-75días	
			27

Tabla N°4. Tratamiento 2 FVH CON SOLUCION

N° Tratamiento	Dosis de siembra kg/m²	Repeticiones y tiempo de cosecha	Total
	1.5	3- 8días	9
		3-12días	
		3-16días	
	3.0	3-8días	9
		3-12días	

T2. Forraje Verde		3-16días	
Hidropónico con		3-8días	
solución.	4.5	3-12días	9
		3-16días	

27

TABLA N° 5. TRATAMIENTO 3 SIN SOLUCION

N° Tratamiento	Dosis de siembra kg/m2	Repeticiones y tiempo de cosecha	Total
		3- 8días	
	1.5	3-12días	9
		3-16días	
T2. Forraje Verde		3-8días	
Hidropónico sin	3.0	3-12días	9
solución.		3-16días	
		3-8días	
	4.5	3-12días	9
		3-16días	
			27

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental con arreglo factorial 3x3x3, donde se realizó tres tratamientos con tres repeticiones y tres distintas dosis de siembra y tiempos de cosecha.

2.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

AVENA DE CORTE

2.7.1 Preparación del terreno

Se utilizó un lote de aproximadamente 285 m², mediante la maquinaria agrícola (arastrillo) se procedió a la limpieza y nivelación del terreno. Después con la ayuda de un flexómetro se midió 27 rectángulos de 1m de ancho y 4m de largo formados con herramientas tradicionales (azadón y rastrillo).

2.7.2 Siembra

Para la siembra se adquirió semilla certificada de Fertiza, para la siembra los rectángulos fueron distribuidos de la siguiente manera:

- 9 para la dosis de 0.150kg/m² es decir $0.150 \text{ kg} * 1000 = 150\text{gr} * 4\text{m}^2 = 600\text{gr}$ y 3 rectángulos para los respectivos cortes de 45, 60 y 75 días.
- 9 para la dosis de 0.200kg/m² es decir $0.200 \text{ kg} * 1000 = 200\text{gr} * 4\text{m}^2 = 800\text{gr}$ y 3 rectángulos para los respectivos cortes de 45, 60 y 75 días.
- 9 para la dosis de 0.250kg/m² es decir $0.250 \text{ kg} * 1000 = 250\text{gr} * 4\text{m}^2 = 1000\text{gr}$ y 3 rectángulos para los respectivos cortes de 45, 60 y 75 días

2.7.3 Cosecha

Se realizó por dosis y tiempos de cosecha de 45, 60 y 75 días respectivamente cada bloque fue tomado su peso final.

2.7.4 Muestras de Análisis bromatológicos

Luego de la cosecha se procedió a tomar 200g de muestra vegetal y se colocó los códigos respectivos para ser enviados al Laboratorio de Control y Análisis de Alimentos (LACONAL) en la Facultad de Ciencia E Ingeniería en Alimentos y Biotecnología en La Universidad Técnica De Ambato.

FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO CON Y SIN SOLUCIÓN.

2.7.5 Selección de semilla

Se utilizó semilla certificada de avena (*Arrenatherium elatius*) y se contó con una semilla recomendable que cuenta con un porcentaje de germinación de un 90%, libre de impurezas.

2.7.6 Dosis de siembra

Se implementó tres dosis de siembra en hidroponía 1.5, 3.5 y 4.5 kg/m² en un total de 27 bandejas con solución y 27 bandejas sin solución. Cada bandeja consta de una dimensión de 0.24 m²

2.7.7 Remojo o pre germinación de las semillas

El remojo se le considera como uno de los métodos fundamentales debido que en la primera etapa de la germinación la semilla absorbe el agua del exterior (imbibición), es donde se activa el proceso de la germinación. En esta fase se sumerge a las semillas en agua limpia durante un periodo de 24 horas, esta etapa es de suma importancia ya que nos ayuda a eliminar impurezas de las semillas.

2.7.8 Desinfección y lavado de semilla

Esta etapa tiene como principal objetivo disminuir la proliferación de hongos durante su desarrollo. Se sumergió la semilla en una solución de hipoclorito de sodio comercial es decir por cada litro de agua 10 mililitros de cloro por un tiempo de 3 minutos, finalmente se enjuaga y se procede a la siembra.

2.7.9 Siembra

Una vez obtenida la semilla desinfectada se procede a la siembra con las diversas dosis indicadas en una bandeja con las siguientes medidas, 0.60 cm de largo y 0.40 cm de ancho. De preferencia se utiliza de material plástico con perforaciones en un extremo para evitar inundaciones y pudriciones de semilla. A su vez es implementada una hoja de periódico por bandeja para ayudar a la retención de humedad. Finalmente son colocadas en una cámara de oscuridad.

2.7.10 Germinación

Para la etapa de germinación requiere por lo menos los 4 primeros días total oscuridad para asimilar estar bajo tierra. Al cumplir una altura de aproximadamente 2 cm es trasladada al invernadero para continuar con su desarrollo.

2.7.11 Ubicación de bandejas y riego

Una vez sacadas de la cámara de oscuridad son trasladadas al invernadero, las bandejas son colocadas en soportes de madera el objetivo del traslado es para que las plantas adquieran luz y continúen con su desarrollo. El riego es a partir de las 8 am hasta las 4 pm es decir 5 riegos (8am, 10am, 12pm, 14pm, 16pm) por día cada 2 horas por 4min.

2.7.12 Aplicaciones de solución nutritiva

La aplicación de la solución nutritiva (Quyfer Blue) es solo para el segundo tratamiento (T2) se aplica a partir del tercer día hasta el onceavo día, una vez al día después del riego donde se coloca 5ml por litro. La aplicación se realizó pasando un día. (3, 5, 7, 9, 11 días aplicados)

2.7.13 Cosecha

Se realizó por dosis y tiempos de cosecha de 8, 12 y 16 días respectivamente, se retiró la charola y se pesó la biomasa producida.

2.7.14 Muestras de Análisis bromatológicos

Finalmente después de la cosecha se extrajo una muestra de 200g por repetición según su tiempo de cosecha, se colocó los códigos respectivos para ser enviados al Laboratorio de Control y Análisis de Alimento (LACONAL) en la Facultad de Ciencia E Ingeniería en Alimentos y Biotecnología en La Universidad Técnica De Ambato.

2.8 VARIABLES RESPUESTAS

2.8.1 Porcentaje de Germinación

Para determinar el porcentaje de germinación se utilizó 100 granos de avena por bandeja y se realizó la siguiente relación:

$$\begin{array}{l} 100 (S) \\ X (S) \end{array} \begin{array}{l} \rightarrow 100\% \\ \rightarrow (\%) = \% \text{ de semillas germinadas.} \end{array}$$

(Albelaez Poloche, LM. 2003)

2.8.2 Altura de la planta.

Para tomar la altura se utilizó una cinta métrica en el cual se midió a partir del inicio del tallo hasta el desarrollo foliar de la planta, en la avena de corte se tomó la altura cada 15 días a partir de su siembra, de la misma manera en la de forraje verde hidropónica se tomó la altura de la planta cada 5 días. Se expresó en centímetros (cm) por tratamiento.

2.8.3 Peso de semilla (biomasa) FVH

El peso de la semilla (biomasa) de forraje verde hidropónico los dos tratamientos (T1

y T2) fueron pesados cada 5 días y se expresó en kilogramos (kg) por tratamiento.

2.8.4 Peso final de avena de corte e hidropónica (Rendimiento)

El rendimiento final de avena de corte y de forraje verde hidropónico fueron tomados al final de la cosecha, de avena de corte se cortó según su periodo de cosecha y se pesó en una balanza para obtener el rendimiento, de igual manera en el forraje verde hidropónico se pesó la biomasa de la charola dependiendo su tiempo de cosecha y fueron expresados en kilogramos (kg) por tratamiento.

2.8.5 Valor nutritivo (Análisis Bromatológicos)

Para determinar el valor nutritivo se envió 9 muestras de forraje verde hidropónico con solución, 9 muestras para forraje verde hidropónico sin solución con sus respectivas cosechas de 8, 12 y 16 días. De la misma manera se envió 9 muestras de avena de corte con sus respectivos tiempos de cosecha de 45, 60 y 75 días, teniendo un total de 27 muestras analizadas los siguientes parámetros:

- ✓ Cenizas
- ✓ Proteína
- ✓ Humedad
- ✓ Grasa
- ✓ Fibra cruda

2.9 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

Los datos de porcentaje de germinación, altura de la planta, peso de semilla, peso final y el valor nutritivo están sometidos a un análisis de varianza, además la prueba de comparación de medias de Turkey al 5% mediante el Software Estadístico Infostat.

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 RESULTADOS

3.1.1 T1 Avena de Corte

Tabla 6: Resumen medias de variables respuestas para T1 Avena de corte

Avena de Corte	TRATAMIENTOS								
	D1C1	D1C2	D1C3	D2C1	D2C2	D2C3	D3C1	D3C2	D3C3
% Germinación	87.33 (a)	87.33 (a)	88.33 (a)	88.33 (a)	87.00 (a)	87.67 (a)	87.67 (a)	88.33 (a)	88.00 (a)
Altura planta (cm)	33.29 (f)	41.59 (cd)	49.39 (a)	32.42 (f)	37.69 (ef)	44.77 (bc)	32.82 (f)	39.09 (de)	45.77 (b)
Peso forraje (kg)	8.87 (b)	15.60 (ab)	19.51 (a)	13.88 (ab)	13.88 (ab)	10.56 (b)	12.30 (ab)	8.53 (b)	10.03 (b)
% Proteína	2.99 (bc)	3.13 (ab)	2.22 (ef)	2.13 (f)	3.17 (a)	2.21 (ef)	2.30 (e)	2.95 (c)	2.54 (d)
% Humedad	86.39 (ab)	76.62 (c)	78.39 (bc)	89.52 (a)	78.23 (bc)	77.64 (bc)	88.73 (a)	80.24 (abc)	76.62 (c)
% Ceniza	2.91 (a)	6.61 (c)	2.54 (a)	2.83 (a)	4.80 (b)	2.30 (a)	2.87 (a)	4.54 (b)	1.99 (a)
% Grasa	0.28 (e)	0.40 (d)	0.79 (a)	0.48 (cd)	0.43 (d)	0.57 (bc)	0.21 (e)	0.46 (d)	0.73 (b)
% Fibra Cruda	2.55 (d)	5.23 (a)	4.15 (c)	1.84 (e)	4.43 (bc)	4.49 (bc)	2.11 (de)	4.36 (bc)	4.85 (ab)

Se evidencia que la interacción D1C3 (Dosis 0,15 kg/m² – Tiempo de cosecha 75 días) tiene los mejores valores para altura de planta en centímetros con una media de 49,39 cm, ubicándose en el rango A. Las interacciones D1C1 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 45 días); D3C1 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 45 días) y D2C1 (Dosis 0,2 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días), tienen las medias más bajas con 33,29 cm, 32,82 cm y 32,42 cm respectivamente.

Para peso de forraje se observa que la interacción D1C3 (Dosis 0,15 kg/m² – Tiempo de cosecha 75 días) tiene los mejores valores con una media de 19.51 kg/m², ubicándose en el rango A. Las interacciones D1C2 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 60 días); D2C2 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de cosecha 60 días); D2C1 (Dosis 0,2 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) y D3C1 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 45 días) comparten el rango AB con 15.60; 13.88; 13.88; y 12.30 kg/m² respectivamente. Las medias más bajas corresponden a D2C3 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) con 10.56 kg/m², D3C3 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) con 10.03 kg/m²; D1C1 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 45

días) con 8.87 kg/m², y D3C2 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 60 días) respectivamente con 8.53 kg/m², ubicándose en el rango B.

Para porcentaje proteína se evidencia que la interacción D2C2 (Dosis 0,20 kg/m² – Tiempo de cosecha 60 días) tiene los mejores valores con una media de 3.17 %, ubicándose en el rango A. Las interacciones D1C2 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 60 días) se ubica en el rango AB con una media de 3.13%; D1C1 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 45 días) se ubica en el rango BC con una media de 2.99%; D3C2 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) se ubica en el rango C con una media de 2.95%; D3C3 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) se ubican en el rango D con una media de 2.54%; D3C1 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) se ubica en el rango E con una media de 2.30%; D1C3 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de Cosecha 75 días) y D2C3 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 75 días) con medias de 2.22% y 2.21% comparten el rango EF. Finalmente D2C1 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) se ubica en el último rango, F, con una media de 2.13% de proteína.

Para porcentaje de humedad se evidencia que las interacción D3C3 (Dosis 0,25 kg/m² – Tiempo de cosecha 75 días), D2C3 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días), D1C3 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días), D2C1 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días), D3C1 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 45 días) y D1C1 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) se ubica en el rango A con medias de 1.99%, 2.30%, 2.54%, 2.83%, 2.87% y 2.91% de humedad respectivamente. En el rango B encontramos a D3C2 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) y D2C2 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) con medias de 4.54% y 4.80% de humedad respectivamente. Finalmente, D1C2 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) se ubica en el último rango, C, con una media de 6.61% de humedad.

Para porcentaje de grasa se evidencia que la interacción D1C3 (Dosis 0,15 kg/m² – Tiempo de cosecha 75 días) se ubica en el rango A con una media de 0.79 % de grasa; D3C3 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) se ubica en el rango B con una media de 0.67 % de grasa. D2C3 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) se ubica en el rango BC con una media de 0.57 % de grasa. D2C1 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) se ubica en el rango CD con una media de 0.48 %. En el

rango D se ubican simultáneamente D3C2 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 60 días) con un 0.46 % de grasa, D2C2 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) con 0.43 % de grasa y D1C2 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) con 0.40 % de grasa. Finalmente, D1C1 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) y D3C1 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) con 0.28 % y 0.21 % respectivamente se ubica en el último rango E.

Para porcentaje de fibra cruda se evidencia que la interacción D1C2 (Dosis 0,15 kg/m² – Tiempo de cosecha 60 días) se ubica en el rango A con una media de 5.23 % de fibra cruda; D3C3 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) se ubica en el rango AB con una media de 4.85 % de grasa. D2C3 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de cosecha 75 días) se ubica en el rango BC con una media de 4.49 % de fibra cruda al igual que D2C2 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 60 días) con una media de 4.43 % y D3C2 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de cosecha 60 días) con un 4.36% de fibra cruda. D1C3 (Dosis 0,15 kg/m² + Tiempo de Cosecha 75 días) con 4.15%% de fibra cruda, se ubica en el rango D. D3C1 (Dosis 0,25 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) con 2.55 % de fibra cruda se ubica en el rango DE. Finalmente, D2C1 (Dosis 0,20 kg/m² + Tiempo de Cosecha 45 días) se ubica en el rango E con una media de 1.84% de fibra cruda.

3.1.2 T2 FVH con Solución Nutritiva

Tabla 7: Resumen medias de variables respuestas para T2 FVH con Solución Nutritiva

FVH c/Solución Nutritiva	TRATAMIENTOS								
	D1C1	D1C2	D1C3	D2C1	D2C2	D2C3	D3C1	D3C2	D3C3
% Germinación	88.33 (a)	88.00 (a)	88.33 (a)	88.33 (a)	89.00 (a)	89.67 (a)	89.33 (a)	89.33 (a)	89.00 (a)
Altura planta (cm)	1.10 (f)	1.24 (e)	1.29 (de)	1.39 (cd)	1.50 (c)	1.62 (b)	2.05 (a)	2.06 (a)	2.16 (a)
Peso forraje (Kg)	4.83 (e)	7.27 (bcd)	7.23 (cd)	4.88 (e)	7.50 (a)	7.17 (d)	4.93 (e)	7.43 (abc)	7.48 (ab)
% Proteína	5.29 (a)	4.08 (b)	2.74 (c)	4.42 (b)	4.20 (b)	2.67 (c)	5.23 (a)	4.23 (b)	2.53 (c)
% Humedad	52.73 (a)	74.60 (b)	77.73 (b)	62.63 (a)	63.00 (a)	78.13 (b)	56.93 (a)	62.53 (a)	80.30 (b)
% Ceniza	1.39 (a)	0.90 (c)	0.81 (c)	1.13 (b)	1.17 (ab)	0.72 (c)	1.36 (ab)	1.31 (ab)	0.73 (c)
% Grasa	2.20 (b)	0.42 (f)	0.79 (d)	2.06 (c)	0.53 (ef)	0.53 (ef)	2.98 (a)	0.46 (ef)	0.57 (e)
% Fibra Cruda	4.60 (d)	6.06 (c)	4.27 (d)	7.77 (b)	8.55 (a)	4.71 (d)	8.35 (a)	8.68 (a)	3.66 (e)

Para altura de planta en centímetros, se aprecia que las interacciones D3C3 (4.50 kg/m²/16 días), D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) y D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) se colocan en el rango A con 2.16 cm, 2.06 cm y 2.05 cm de media en altura de planta respectivamente. En el rango B se ubica D2C3 (3.0 kg/m²/16 días) con una media de 1.62 cm de altura. D2C2 (3.0 kg/m²/12 días) se ubica en el rango C con 1.50 cm de altura de planta. D2C1 ((3.0 kg/m²/8 días) se ubica en el rango CD con una media de 1.39 cm de altura de planta. D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) se encuentra en el rango DE, D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) en el rango E y D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) en el rango F, con 1.29 cm, 1.24 cm y 1.10 cm de medias para altura de planta respectivamente.

Con relación al peso de forraje en kilogramos, se aprecia que las interacciones D2C2 (3.0 kg/m²/12 días), se ubica en el rango A con una media de 7.50 kg; D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) se ubica en el rango AB con una media de 7.48 kg; D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) se coloca en el rango ABC con un promedio de 7.43 kg de peso. D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) se ubica en el rango BCD con una media de 7.27 kg de peso; D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) con una media de 7.23 kg de peso se ubica en el rango CD. D2C3 (3.0 kg/m²/16 días) se coloca en el rango D con una media de 7.17 kg de peso. En el rango E se encuentran D3C1 (4.50 kg/m²/8 días), D2C1 (3.0 kg/m²/8 días) y D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) con 4.93 kg, 4.88 kg y 4.83 kg de peso respectivamente.

En el porcentaje de proteína, se aprecia que las interacciones D1C1 (1.50 kg/m²/8 días), se ubica en el rango A con una media de 5.29 % de proteína, al igual que D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 5.23 % de proteína. En el rango B se ubican las siguientes intersecciones: D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 4.42 % de proteína; D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con una media de 4.23 % de proteína; D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 4.20 % de proteína y D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) con una media de 4.08 % de proteína. En el rango C se encuentran D1C3 (1.50 kg/m²/16 días), D2C3 (3.0 kg/m²/16 días) y D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con 2.74 %, 2.67 % y 2.53 % de proteína respectivamente.

Con respecto al porcentaje de humedad, se aprecia que las interacciones D1C1 (1.50 kg/m²/8 días), se ubica en el rango A con una media de 52.73 % de humedad, al igual que D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 56.93 % de humedad, D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con una media de 4.23 % de humedad, D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 62.53 % de humedad; D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 62.63

% de humedad y D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 63.00 % de humedad. En el rango B se encuentran D1C2 (1.50 kg/m²/12 días), D1C3 (1.50 kg/m²/16 días), D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) y D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con 74.60 %, 77.73 %, 78.13 % y 80.30 % de humedad respectivamente.

En porcentaje de cenizas, se puede observar que la interacción D1C1 (1.50 kg/m²/8 días), se ubica en el rango A con una media de 1.39 % de cenizas. En el rango AB se ubican las interacciones D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 1.36 % de cenizas, D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con una media de 1.31 % de cenizas y D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 1.17 % de cenizas; D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 62.63 % de cenizas se ubica en el rango B. Finalmente, D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) con una media de 0.90 % de cenizas, D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) con una media de 0.81 % de cenizas, D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) y D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) con una media de 0.72 % de cenizas se ubican en el rango C.

A continuación, y con relación al porcentaje de grasa, se aprecia que las interacciones D3C1 (4.50 kg/m²/8 días), se ubica en el rango A con una media de 2.98 % de grasa. En el rango B se ubican la interacción D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) con una media de 2.20 % de grasa, en el rango C se ubica la interacción D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 2.06 % de grasa: la interacción D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) con una media de 0.79 % de grasa se ubica en el rango D. D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con una media de 0.57 % de grasa se ubica en el rango E. D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 0.53 % de grasa, D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) con una media de 0.52 % de grasa y D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con una media de 0.46 % de grasa comparten el rango EF. Finalmente, la interacción D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) con una media de 0.42 % de grasa se ubican en el rango F.

Con respecto al porcentaje de fibra cruda, se aprecia que las interacciones D3C2 (4.50 kg/m²/12 días), se ubica en el rango A con una media de 8.68 % de fibra cruda. En el mismo rango se ubican las interacciones D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 8.55% de fibra cruda y D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 8.35% de fibra cruda. En el rango B se ubican la interacción D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 7.77 % de fibra cruda, en el rango C se ubica la interacción D1C2 (1.50 kg/m²/12

días) con una media de 6.06% de fibra cruda. En el rango D las interacciones D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) con una media de 4.71 % de fibra cruda; D1C1 con una media de 4.60 % de fibra cruda y D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) con una media de 4.27 % de fibra cruda. Finalmente, la interacción D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con una media de 3.66 % de fibra cruda se ubican en el rango F.

3.1.3 T3 FVH sin Solución Nutritiva

Tabla 8: Resumen medias de variables respuestas para T3 FVH sin Solución Nutritiva

FVH s/Solución Nutritiva	TRATAMIENTOS								
	D1C1	D1C2	D1C3	D2C1	D2C2	D2C3	D3C1	D3C2	D3C3
% Germinación	87.33 (a)	88.33 (a)	86.67 (a)	87.67 (a)	87.67 (a)	88.00 (a)	88.00 (a)	89.00 (a)	87.67 (a)
Altura planta (cm)	3.50 (b)	5.27 (a)	5.75 (a)	3.40 (b)	5.25 (a)	5.78 (a)	3.48 (b)	5.25 (a)	5.78 (a)
Peso forraje (Kg)	0.99 (g)	0.94 (g)	1.10 (fg)	1.24 (ef)	1.35 (de)	1.50 (cd)	1.76 (b)	1.59 (bc)	1.95 (a)
% Proteína	4.65 (b)	2.70 (d)	2.17 (f)	5.02 (a)	3.20 (c)	2.27 (ef)	5.21 (a)	4.63 (b)	2.51 (de)
% Humedad	61.13 (a)	51.63 (a)	55.10 (a)	78.53 (b)	73.67 (b)	59.83 (a)	81.70 (b)	80.37 (b)	81.30 (b)
% Ceniza	1.25 (ab)	1.49 (a)	1.31 (ab)	0.69 (c)	1.04 (b)	1.31 (ab)	0.58 (c)	0.65 (c)	0.57 (c)
% Grasa	0.88 (bc)	2.30 (a)	2.31 (a)	0.09 (d)	1.13 (b)	0.66 (bc)	0.59 (bcd)	0.53 (cd)	0.54 (cd)
% Fibra Cruda	7.37 (bc)	7.63 (b)	6.98 (c)	6.16 (d)	6.03 (d)	8.79 (a)	3.69 (ef)	4.06 (e)	3.37 (f)

Como se puede observar para altura de planta, interacciones D3C3 (4.50 kg/m²/16 días), D2C3 (3.00 kg/m²/16 días), D1C3 (1.50 kg/m²/16 días), D1C2 (1.50 kg/m²/12 días), D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) y D2C2 (3.0 kg/m²/12 días) se colocan en el rango A con las siguientes medias: 5.78 cm, 5.78 cm, 5.75 cm, 5.27 cm, 5.25 cm y 5.25 cm respectivamente. En el rango B se ubican D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) con una media de 3.50 cm, D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 3.48 cm y finalmente D2C1 (3.0 kg/m²/8 días) con una media de 3.40 cm en altura de planta respectivamente.

Con respecto a peso de forraje, las interacciones D3C3 (4.50 kg/m²/16 días), se ubica en el rango A con una media de 1.95 kg; en el rango B se ubica D3C31 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 1.76 kg; D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) se coloca en el rango BC con un promedio de 1.59 kg de peso. D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) se ubica en el rango CD con una media de 1.50 kg de peso; D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 1.35 kg de peso se ubica en el rango DE. D2C1 (3.0 kg/m²/8 días) se coloca en el rango EF con una media de 1.24 kg de peso. En el rango FG se encuentra D1C3 (1.50

kg/m²/16 días) con una media de 1.10 kg. Finalmente, en el rango G, D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) y D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) con 0.99 kg y 0.94 kg respectivamente.

En relación a porcentaje de proteína, se aprecia que las interacciones D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) y D2C1 (3.00 kg/m²/8 días), se ubica en el rango A con 5.21 % y 5.02% de proteína respectivamente. En el rango B se ubican D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) al igual que D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con medias de 4.65 % y 4.63 % de proteína respectivamente. En el último rango se ubica D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) con una media de 2.17 % de proteína respectivamente.

En porcentaje de ceniza, se observa que la interacciones D1C2 (1.50 kg/m²/12 días), se ubica en el rango A con una media de 1.49 % de cenizas. En el rango AB se ubican las interacciones D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) con una media de 1.31 % de cenizas, D1C3 (1.50 kg/m²/16 días) con una media de 1.31 % de cenizas y D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) con una media de 1.25 % de cenizas; D2C2 (3.00 kg/m²/12 días) con una media de 1.04 % de cenizas se ubica en el rango B. Finalmente, D2C1 (3.00 kg/m²/8 días) con una media de 0.69 % de cenizas, D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con una media de 0.65 % de cenizas, D3C1 (4.50 kg/m²/8 días) y D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con una media de 0.57 % de cenizas se ubican en el rango C.

Se puede apreciar que, para porcentaje de grasa, las interacciones D1C3 (1.50 kg/m²/16 días), se ubica en el rango A con una media de 2.31 % de grasa, al igual que D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) con una media de 2.30 % de grasa. En el rango B se ubica la interacción D2C2 (3.0 kg/m²/12 días) con una media de 1.13 % de grasa, en el rango BC se ubica la interacción D1C1 (1.50 kg/m²/8 días) con una media de 0.88% de grasa; D2C3 (3.00 kg/m²/16 días) con una media de 0.66 % de grasa. En el rango BCD se ubica D3C31 (4.50 kg/m²/8 días) con una media de 0.59 % de grasa. En el rango CD se ubica D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con una media de 0.54 % de grasa, al igual que D3C2 (4.50 kg/m²/12 días) con una media de 0.53 % de grasa. Finalmente, la interacción D2C1 (3.0 kg/m²/8 días) con una media de 0.09 % de grasa se ubican en el rango D.

Finalmente, se aprecia que para porcentaje de fibra cruda, las interacciones D2C3 (3.0 kg/m²/16 días), se ubica en el rango A con una media de 8.79 % de fibra cruda. En el rango B se ubica la interacción D1C2 (1.50 kg/m²/12 días) con una media de 7.63%

de fibra cruda En el rango BC se ubica D1C1 (1.5 kg/m²/8 días) con una media de 7.37 % de fibra cruda. Finalmente, la interacción D3C3 (4.50 kg/m²/16 días) con una media de 3.37 % de fibra cruda se ubican en el rango F.

3.2 DISCUSIÓN

3.2.1 Porcentaje de germinación

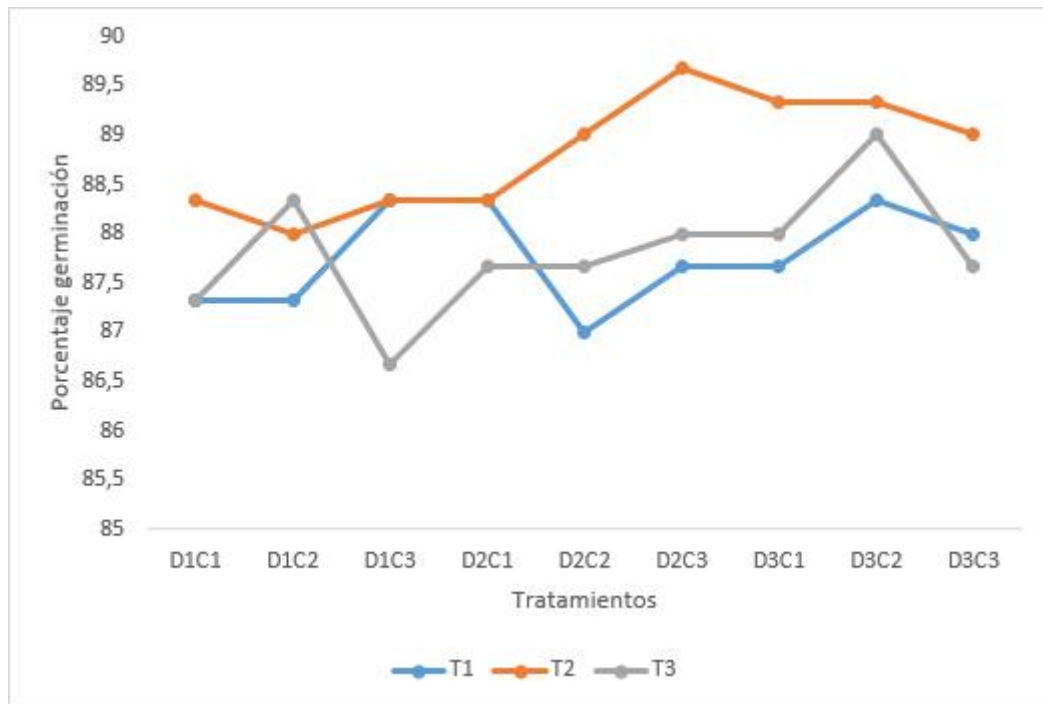


Gráfico 1: Comparación de T1, T2 y T3 para porcentaje de germinación

En el gráfico 1 se puede apreciar diferencias matemáticas para T2 donde se aprecian los mejores promedios para porcentaje de germinación. Este tratamiento al tener solución nutritiva, es evidente que presenta un mejor comportamiento frente al resto de tratamientos. Cabe destacar que no existieron diferencias significativas desde el punto de vista estadístico. El comportamiento de T3 es ligeramente mejor que T1, lo que demuestra que el comportamiento del cultivo hidropónico es más efectivo en lo que se refiere a esta variable.

3.2.2 Altura de Planta (cm)

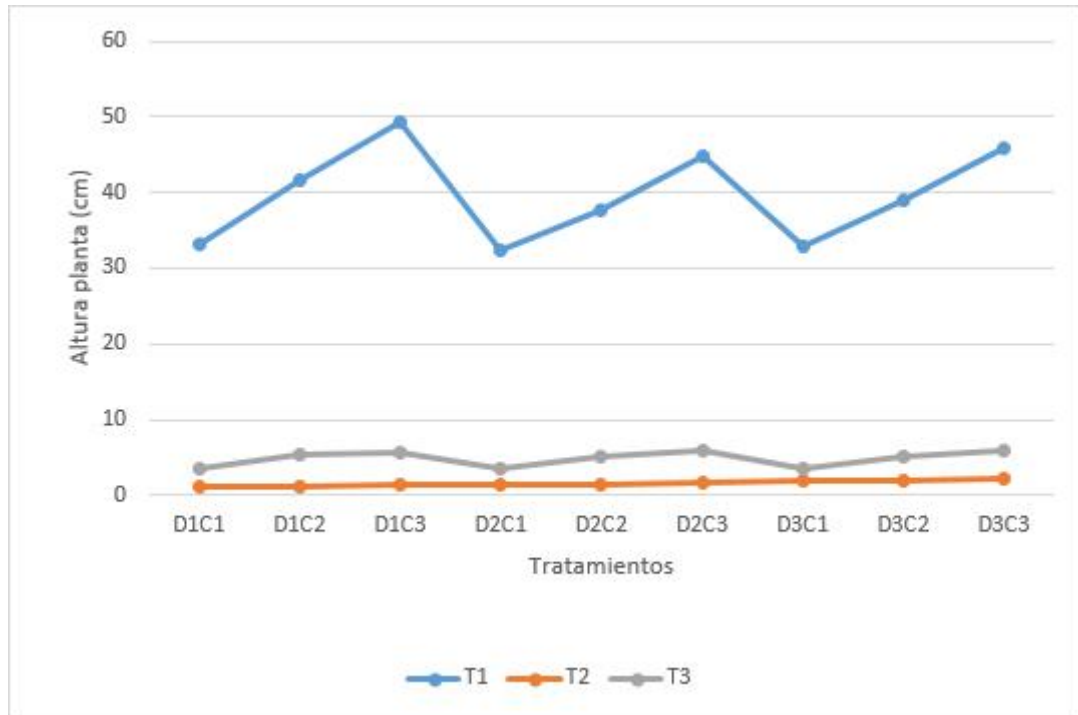


Gráfico 2: Comparación de T1, T2 y T3 para altura de planta (cm)

En el gráfico 2 se puede apreciar cómo se destaca T1 con los mejores promedios para altura de planta. Esto no sorprende, la avena de corte al estar en campo directo, recibe las condiciones adecuadas para el desarrollo vegetativo. Entre los tratamientos con forraje hidropónico, T3 muestra una ligera ventaja frente a T2, pero no es suficientemente significativa la diferencia. En este caso la solución nutritiva de T2 no influye en esta variable ya que el crecimiento de T3 que no tiene solución nutritiva es mayor en promedio en todos los tratamientos. Por otro lado, la altura de planta no es una variable que represente la calidad nutricional del forraje.

3.2.3 Peso de Forraje (kg)

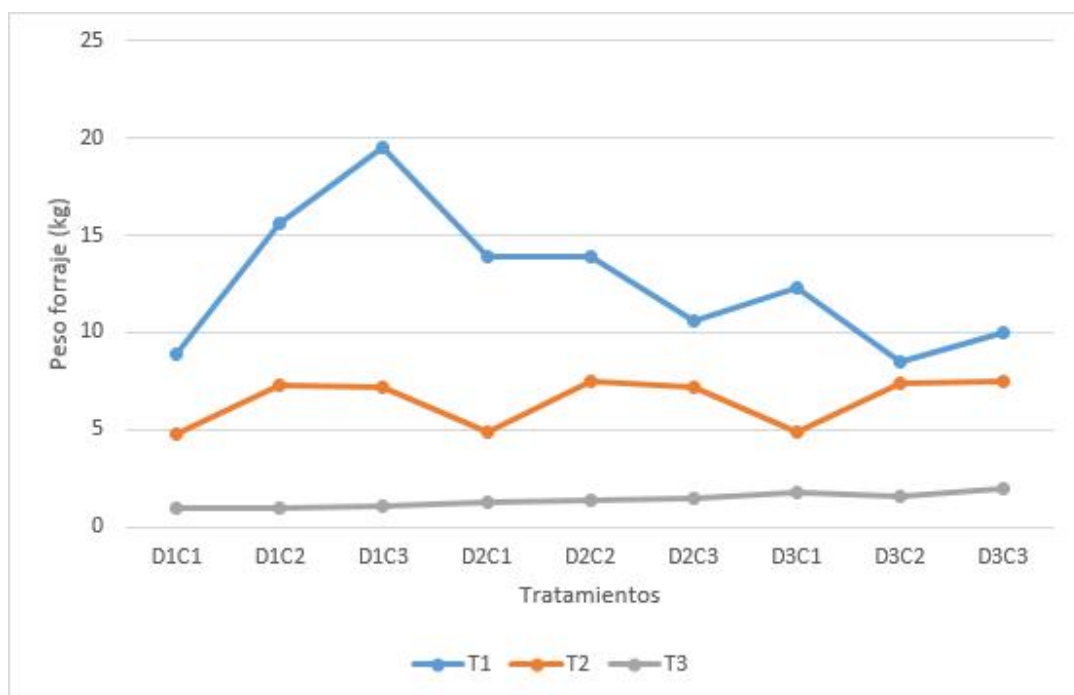


Gráfico 3: Comparación de T1, T2 y T3 para peso de forraje (kg)

En el gráfico 3 se puede apreciar cómo se destaca T1 con los mejores promedios para peso de forraje. Esto se debe a que la avena de corte al estar en campo directo, recibe las condiciones adecuadas para el desarrollo vegetativo. Entre los tratamientos con forraje hidropónico, T2 muestra una importante ventaja frente a T3, se puede apreciar que la solución nutritiva sí aumenta la carga de tejido vegetativo, formando un forraje más consistente, sin importar la altura en sí. El tratamiento D3C2 en T2, llega casi al nivel del forraje de corte, lo que no ocurre con la variable altura. Por otro lado, el peso de forraje si es una variable que represente la calidad nutricional del mismo, ya que, la cantidad de masa seca, refleja cuánto puede tener de proteína, grasa y fibra.

3.2.4 Porcentaje de Proteína

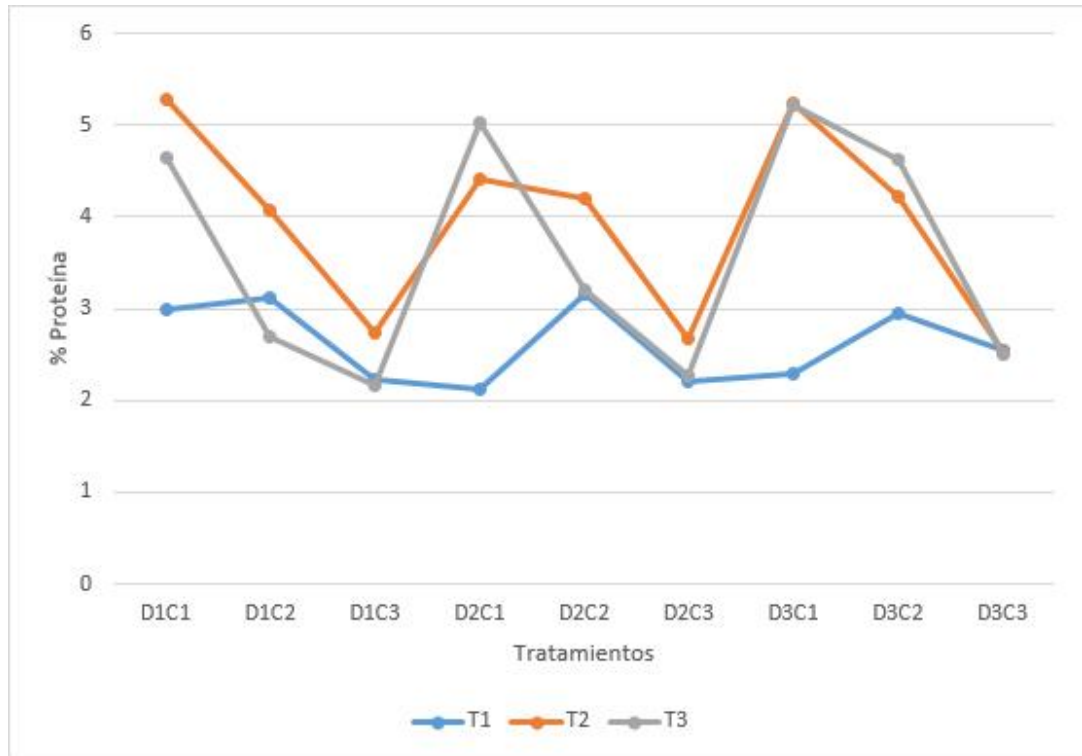


Gráfico 4: Comparación de T1, T2 y T3 para porcentaje de proteína

En el gráfico 4 se puede apreciar un comportamiento diferente a los gráficos analizados anteriormente, se observa tendencias más cercanas. T2 y T3 se destacan sobre T1, lo que demuestra que los forrajes hidropónicos desarrollan mejores niveles de proteína. El forraje hidropónico con solución nutritiva tiene una ligera ventaja en los promedios de porcentaje de proteína, pero no es muy marcado frente al forraje hidropónico sin solución nutritiva. En definitiva, los forrajes hidropónicos responden de mejor manera en la formación proteica y la solución nutritiva aplicada a T2 no marca una diferencia significativa.

3.2.5 Porcentaje de Humedad

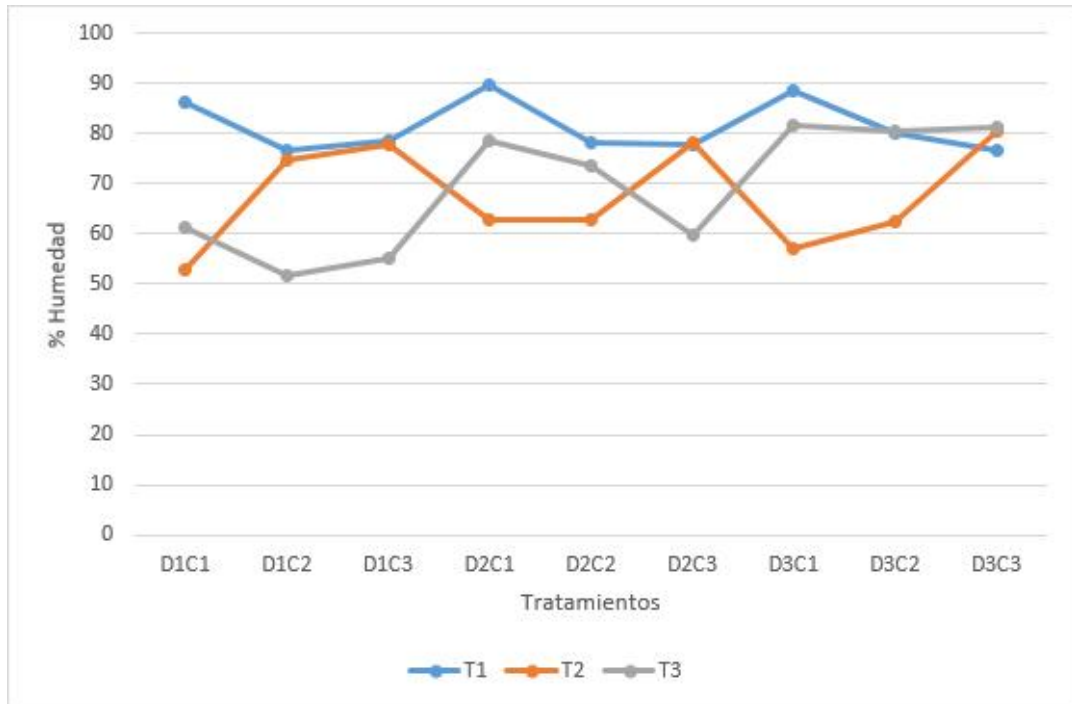


Gráfico 5: Comparación de T1, T2 y T3 para porcentaje de humedad

El gráfico 5 muestra la superioridad que tiene T1 con respecto al porcentaje de humedad. Las condiciones ambientales y nutricionales dentro de un cultivo de campo son menos controladas, por tal motivo, los niveles de humedad dentro del forraje son más elevados, disminuyendo su calidad bromatológica. Por su parte T2 y T3 al ser forrajes hidropónicos, presentan mejores condiciones de control en los factores de clima, sustrato y nutrición, mejorando los niveles de proteína, grasa y fibra. Como se pudo apreciar en la variable anterior, la solución nutritiva de T2 no marca una diferencia significativa frente a T3 que no tiene solución nutritiva, la diferencia hace el manejo general del cultivo hidropónico, frente al manejo cultural del cultivo de campo para mejorar los niveles bromatológicos.

3.2.6 Porcentaje de Cenizas

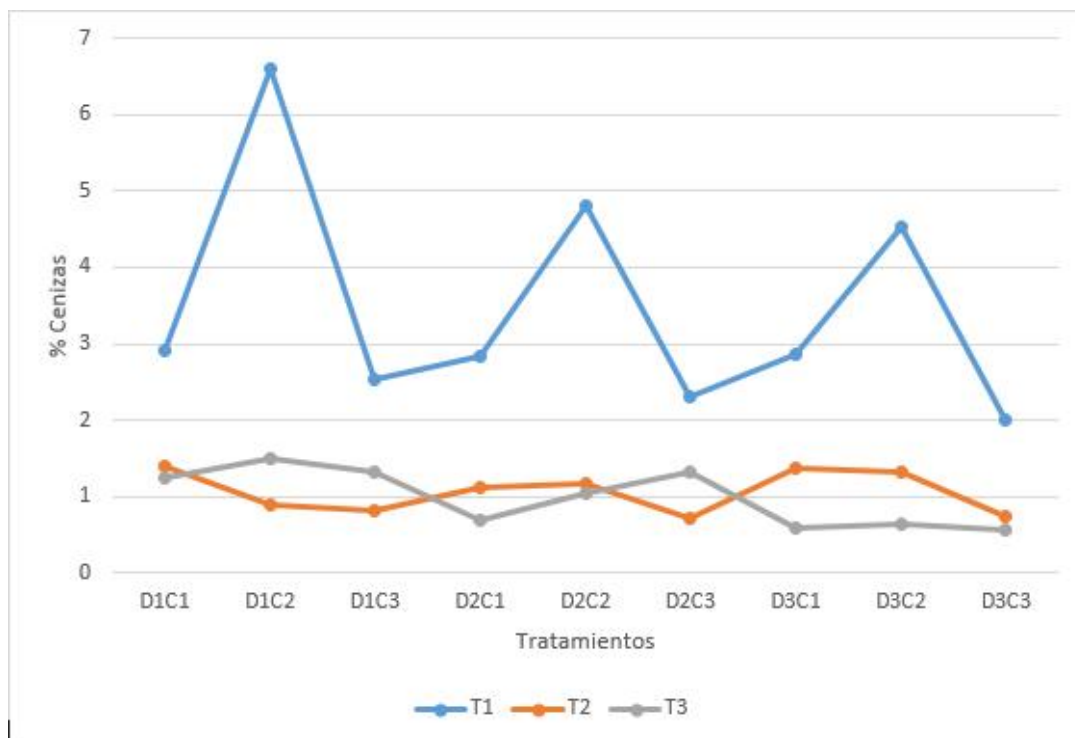


Gráfico 6: Comparación de T1, T2 y T3 para porcentaje de ceniza

Como se puede apreciar en el gráfico 6, T1 muestra una superioridad en porcentaje de ceniza, frente a los tratamientos T2 y T3. Al igual que la variable anterior, las condiciones ambientales y nutricionales dentro de un cultivo de campo son menos controladas, por tal motivo, los niveles de cenizas dentro del forraje son más elevados, disminuyendo su calidad bromatológica. Por su parte T2 y T3 al ser forrajes hidropónicos, presentan mejores condiciones de control en los factores de clima, sustrato y nutrición, mejorando los niveles de proteína, grasa y fibra frente a la disminución de niveles de humedad y proteína. Como se pudo apreciar en la variable anterior, la solución nutritiva de T2 no marca una diferencia significativa frente a T3 que no tiene solución nutritiva, la diferencia hace el manejo general del cultivo hidropónico, frente al manejo cultural del cultivo de campo para mejorar los niveles bromatológicos.

3.2.7 Porcentaje de Grasas

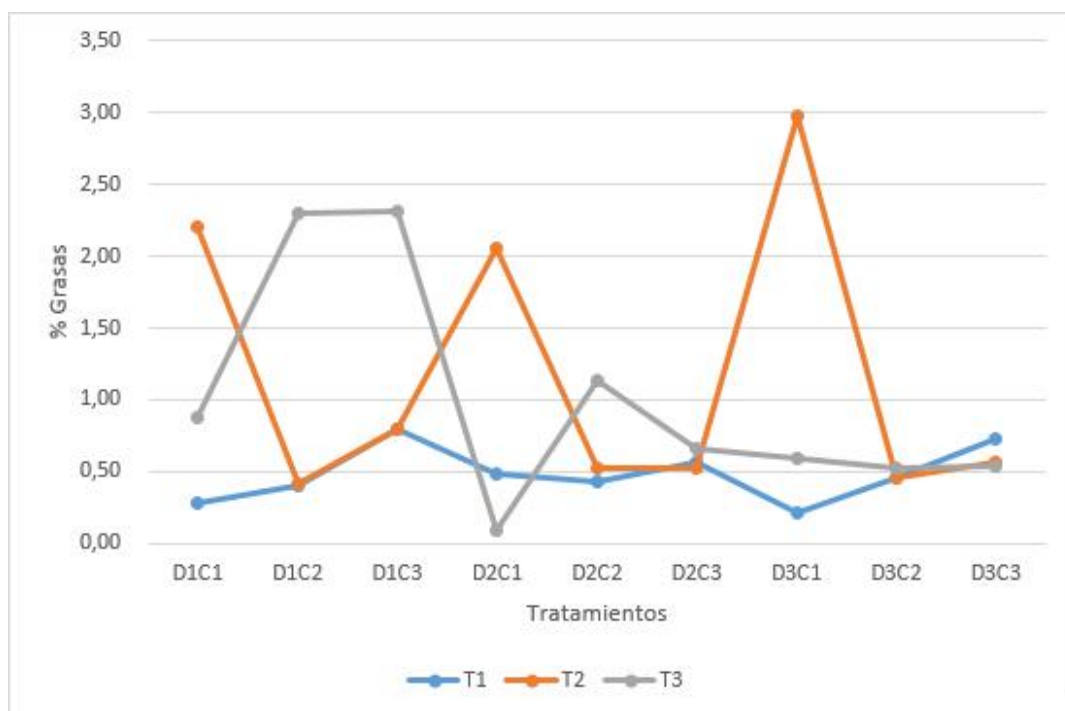


Gráfico 7: Comparación de T1, T2 y T3 para porcentaje de grasa

En el gráfico 7 es evidente que los forrajes hidropónicos se destacan frente al forraje de corte en la variable porcentaje de grasa. T2 presenta los picos más altos en promedios, específicamente en aquellos tratamientos relacionados con C1, es decir, al menor tiempo de cosecha (8 días). El forraje hidropónico presenta las mejores condiciones bromatológicas en niveles de grasa cuando este es más tierno, conforme pasa el tiempo, la grasa pasa a formar parte de las reservas en la formación de semillas y también se convierte en polisacáridos como el almidón y la celulosa característicos de tejidos más maduros. Con esta observación se deduce que la solución nutritiva de T2, si surte efecto sobre el desarrollo del forraje hidropónico en esta variable, pero que es aprovechable esta ventaja siempre y cuando el tiempo de cosecha sea lo más pronto posible.

3.2.8 Porcentaje de Fibra Cruda

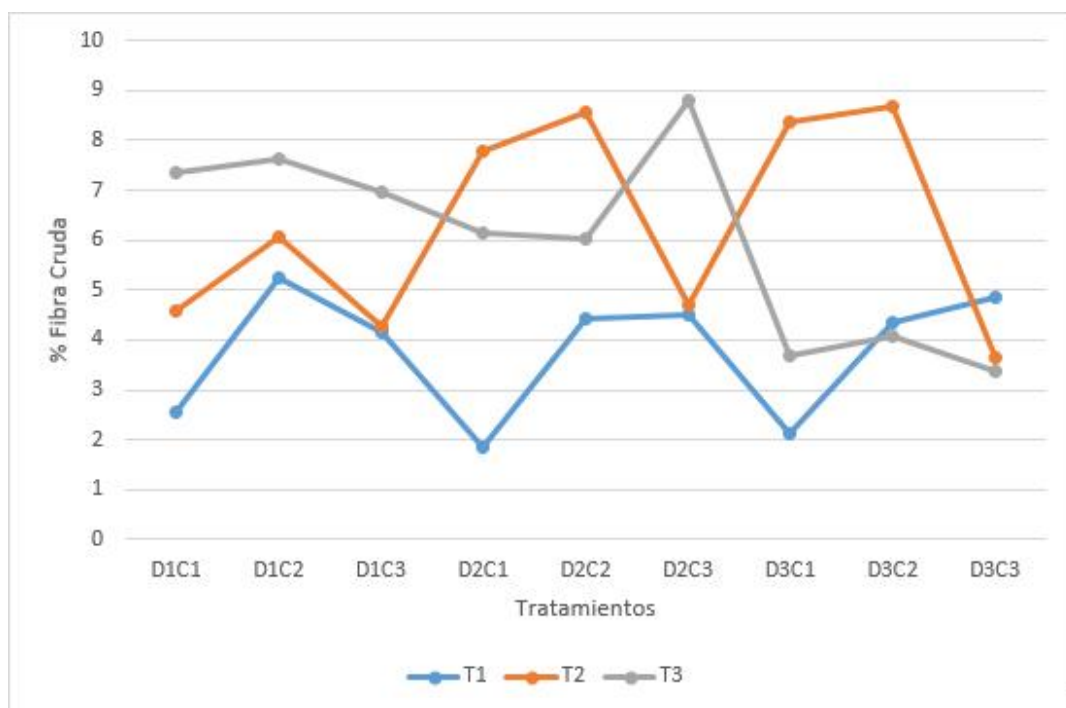


Gráfico 8: Comparación de T1, T2 y T3 para porcentaje de fibra cruda

En el gráfico 8 se puede apreciar que T2 y T3 tienen mejores resultados frente a T1 con relación al porcentaje de fibra cruda, lo que demuestra que los forrajes hidropónicos desarrollan mejores niveles en esta variable. El forraje hidropónico con solución nutritiva tiene una ligera ventaja en los promedios de porcentaje de fibra, pero no es muy marcado frente al forraje hidropónico sin solución nutritiva. En definitiva, los forrajes hidropónicos responden de mejor manera en la formación proteica y la solución nutritiva aplicada a T2 no marca una diferencia significativa.

3.2.9 Análisis de Costos

En la tabla 9 se puede observar el análisis de rentabilidad como también los costos de inversión por cada tratamiento en la producción de FVH y avena de corte, en el cual se puede apreciar los rubros, cantidad, el costo unitario y total de los insumos utilizados durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla N° 9. Costos totales de la inversión.

RUBROS	TRATAMIENTOS	UNIDAD	CANTIDAD		COSTO/KG (\$)	TOTAL COSTO (\$)
			CANTIDAD	TIEMPO/DÍAS		
AVENA DE CORTE	T1	KG/M ₂	4.05	45	0.60	2.43
				60		
				75		
			5.40	45		3.24
				60		
				75		
			6.75	45		4.05
				60		
				75		
AVENA FVH CON SOLUCIÓN	T2	KG/M ₂	18.75	8	0.60	11.25
				12		
				16		
			37.5	8		22.50
				12		
				16		
			56.25	8		33.75
				12		
				16		
AVENA FVH SIN SOLUCIÓN	T3	KG/M ₂	18.75	8	0.60	11.25
				12		
				16		
			37.5	8		22.50
				12		
				16		
			56.25	8		

				12		33.75
				16		
INVERNADERO	T1	HORAS /UTILI ZADAS	15	60	2.5	37.5
	T2		30			75
	T3		30			75
SOLUCIÓN NUTRITIVA	T1	0	0	0	0	0
	T2	KG	2	60	20	40
	T3	0	0	0	0	0

\$= dólares

Fuente: Investigación

TABLA 10. COSTOS POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	COSTO/TRAT	PRODUC/F	COSTO/KG
	(\$)	(KG)	(\$)
T1	47.22	81	0.58
T2	182.5	1200	0.15
T3	142.5	900	0.15

\$= dólares

Fuente: Investigación

La tabla 10 muestra las diferencias numéricas de los costos entre los tratamientos, en los costos del T1 fue menor de 47.22 dólares con una producción de 81 kg total con un costo de 0.58 por kg producido. Mientras que en el T2 se obtuvo un costo de 182.5 dólares pero con una producción de 1200kg totales con un costo de 0.15 por kilogramo producido. El T3 se empleó 142.5 dólares con una producción de 900kg el costo de kilogramo producido es similar al T2. Es decir la variación numérica fue significativa por las dosis de siembra y la aplicación de solución nutritiva en el caso del T2.

TABLA 11. INGRESOS POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	CANTIDAD (KG/PRODUC)	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
T1	81	0.20	16.20
T4	1200	0.22	264
T5	900	0.22	198

\$= dólares

Fuente: Investigación

En la tabla 11 muestra los ingresos por tratamiento en el caso del T1 se puede apreciar una diferencia numérica en los ingresos teniendo como valor total de 16.20 dólares, mientras que en el T2 se obtuvo un ingreso de 264 dólares como también el T3 un valor total de 198 dólares

TABLA N° 12. CALCULO DE RELACION BENEFICIO/COSTO DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	GASTO TOTAL (\$)	INGRESO TOTAL (\$)	UTILIDAD (\$)	RENTABILIDAD (%)	RELACION B/C
T1	47.22	16.20	31.02	191.4	0.34
T2	182.5	264	81.50	30.87	1.44
T3	142.5	198	55.50	28.03	1.38

\$= dólares

Fuente: Investigación

En la tabla 12 presenta la relación beneficio/costo de los tres tratamientos, en relación a la utilidad y la rentabilidad se obtiene que el T1 tuvo un valor diferencial numérico de 191.4% con una relación b/c de 0.34, mientras que en el T2 = 30.87% y en el T3= 28.03% con una relación de b/c de 1.44 y 1.38 respectivamente. Según la respuesta económica se puede señalar una recuperación de 34 centavos en el T1, mientras que en el T2 se obtuvo una recuperación de 44

centavos de dólar de la misma manera en el T3 se puede apreciar la cantidad de 38 centavos de cada dólar invertido en los tratamientos de avena de corte, FVH con solución y nutritiva y FVH sin solución nutritiva. Es decir que existió una diferencia numérica obteniendo un mejor beneficio en el T2 con 0.44 dólares.

3.3 VERIFICACION DE LA HIPOTESIS

La investigación cumple con la hipótesis planteada, porque el rendimiento de forraje verde hidropónico bajo efecto de dosis de siembra y tiempos de cosecha si influye sobre los índices productivos.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Las condiciones de la avena de corte favorecen el desarrollo de características morfológicas y se refleja en mejores condiciones de rendimiento, ya que presentan en forma general mejores promedios frente a altura de planta, lo que beneficia los tiempos de corte y las cantidades de forraje utilizado, también muestra ventajas en peso de forraje, siendo el tratamiento más destacado D1C3 (0,15 kg/m² – 75 días). Evidentemente el tiempo de desarrollo de la avena de corte influye directamente en los factores de rendimiento, ya que desarrolla mayor cantidad de materia.

Al evaluar la producción de avena hidropónica con y sin solución nutritiva, encontramos que las diferencias entre estos dos tratamientos no presentan diferencias significativas en altura de planta, pero con relación a peso de forraje, T2 (con solución nutritiva) muestra ventaja en peso de forraje frente a T3 (sin solución nutritiva) al tener

los mejores promedios en esta variable.

Con respecto al valor nutritivo de la avena (*Arrenathetium elatius*) los valores más destacados para porcentaje de proteína, grasa y fibra están en la avena hidropónica de forma general y no existen diferencias significativas entre la avena hidropónica con solución nutritiva y la avena hidropónica sin solución nutritiva, aunque en la variable porcentaje de grasa se puede apreciar una ventaja en aquellos tratamientos de T2 con C1 (tiempo de cosecha 8 días)

En el análisis económico se puede apreciar que en el T2 de FVH con solución nutritiva obtuvo una recuperación de 0.44 centavos por dólar invertido en relación beneficio/costo de igual manera señalando que es el tratamiento con mayor rentabilidad y de la misma manera posee una utilidad superior al T1 (Avena de corte) y T3 (FVH sin solución).

4.1 RECOMENDACIONES

La Universidad Técnica de Ambato debe incentivar la producción de avena hidropónica para mejorar la producción pecuaria.

Realizar investigaciones con otros tipos de pastos utilizando técnicas de hidroponía, ya que si muestra ventajas sobre todo en el valor nutritivo del material vegetal utilizado para la producción pecuaria.

La cosecha óptima para la avena hidropónica (*Arrenatherium elatius*) es de 8 días.

No utilizar la avena de corte como única alternativa de alimento para especies menores como cuyes o conejos, se puede obtener importantes ventajas al utilizar avena hidropónica.

La producción de forraje verde hidropónico con respecto a costos es bajo, ya que se puede implementar de manera rustica utilizando materiales que se encuentren en casa.

BILIOGRAFIAS

- Albert, G., Alonso, N., Cabrera, A., Rojas, L. 2018. Evaluación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, avena y trigo. Compendio de Ciencias Veterinarias, 6(1): 7-10. DOI: <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2016.06.01.7-10>
- Albelaez Poloche, LM. 2003. Pruebas de Germinación. Disponible en : <https://es.slideshare.net/jorgecaal52/fuentes-bibliograficas-iica>
- Alvarado Vigo, EM. 2020. Evaluación del rendimiento productivo y rentabilidad de cuyes tipo I alimentados con forraje verde hidropónico de cebada frente a cuyes alimentados con alfalfa. Universidad Nacional de Cajamarca. Tesis .Ing. Zootecnista. Perú. 6p. Consultado 15 de Agosto 2021. Disponible en: https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/4177/T016_71403282_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Avendaño, A.P. 2017. Evaluación productiva y nutricional de tres variedades de avena forrajera (avena sativa): Cayuse, Ever Leaf y Avena Nativa, con tres niveles de ferti-riego hidropónico en Monguí-Boyacá. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Boyacá, Colombia. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13728/1052384235..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Acúrio Medina, MC. 2016. evaluación de avena hidropónica en la alimentación de conejos de raza neozelandés en la etapa de engorde. Universidad Técnica de Ambato. Tesis. Ing. Agro. Cevallos. 22p. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/19227/1/Tesis%2039%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20382.pdf>
- Capquique, Y. 2016. Producción de forraje verde en avena forrajera (*Avena*

sativa), bajo un sistema hidropónico con diferentes épocas de cosecha y densidades de siembra en la localidad de Pucarani. Universidad Mayor De San Andrés. Tesis. Ing. Zootecnista. La Paz, Bolivia. 24p. Consultado 5 de octubre 2021. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10666/TD-2363.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Castillo Valdivieso, J. 2017. Producción de biomasa y calidad nutricional de forraje verde hidropónico de *Avena sativa L.* y *Hordeum vulgare L.* con dos cortes sucesivos. Universidad Nacional de Loja. Tesis .Ing. Agr. Ecuador, Loja.3p. Consultado 5 de octubre 2021. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/19630/1/JAMES%20RODRIGO%20CASTILLO%20VALDIVIESO.pdf>
- Cerdas, 2011. Programa de fertilización de forrajes. Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. InterSedes: Revista de las Sedes Regionales. 12(24):109-128. Consultado el 12 de agosto 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/666/66622581007.pdf>
- Cerillo, M., Juárez, A., Rivera, J., Cervantes, M., Ramírez, R. & Bernal, H. (2012). Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. *Interciencia*, 37(12): 906-913. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33925592007.pdf>
- Contreras, C; Burgos, G; Portilla, S; Rojas, A; Rojas, L. 2019. Producción y utilización de forraje verde hidropónico en Caprinos. Instituto de Investigación Agropecuaria INIA. 37(12):906-913. Consultado el 9 de agosto 2021. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/6749/Bolet%c3%adn%20INIA%20N%c2%b0%20393?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado, J. (2016). Producción de avena (*Avena sativa*) como forraje verde

hidropónico con tres métodos de producción, en el distrito 8 de La Ciudad de El Alto. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Disponible en:

<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/10520/T-2347.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2001. Manual Técnico. Forraje verde hidropónico. Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del ANNFA". Santiago, Chile. 69p. Consultado 27 Sep.2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/ah472s/ah472s01.pdf>
- Firehiwot, G., Diríba, D., Kassahún, G. & Diribe, K. (2018). Evaluation of Hydroponics Performance and Nutritive Value of Different Oat (*A. sativa*) Forage Varieties in Wollega University, Western Ethiopia. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 13(3): 39-46. DOI: 10.5829/idosi.aejrsr.2018.39.46
- Fuentes, F; Poblete, C; Huerta, M. 2011. Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial de concentrado comercial. *Productive response of rabbits fed with green hydroponic oats forage as partial replacement of commercial concéntrate. Print version ISSN.* 60(2). Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122011000200010
- Fuentes, F., Poblete, C., Huerta, M. & Palapé, I. (2011). Evaluación de la producción y calidad nutritiva de avena como forraje verde hidropónico en condiciones de desierto. *IDESIA (Chile)*, 2(3): 75-82. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292011000300011>

- López Martínez, LA. 2005. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO. Centro de Investigación en Química Aplicada. Especialización. Químico. Saltillo. 15p. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/403/1/Luis%20Angel%20Lopez%20Martinez.pdf>
- López, R; Murillo, B; Rodríguez, G. 2009. El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*. 34(2). Consultado el 5 de agosto 2021. Disponible en : http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442009000200009
- Morales, R., Danès, G., López, J., Loya, O., Coss, A. 2012. Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea maíz 1.*) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico Veterinario*, 2(3): 2007-4202. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/forraje_hidroponico/28-hidroponico_de_maiz_20.pdf
- Morales, D., Jiménez, L., Burneo, I., Capa, E. 2020. Producción de forrajes de avena y trigo bajo sistemas hidropónico y convencional. *Alimentación y nutrición animal*, 21(3): 1-16. DOI: https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1386
- Núñez, O; Guerrero, R. 2021. Forrajes hidropónicos: una alternativa para la alimentación de animales domésticos Hydroponic foods: an alternative for the feeding of domestic animals. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 8(1):44-52. Consultado 3 agosto 2021. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/198/1982165011/1982165011.pdf>
- Orjuela Villalobos, WG. 2015. Evaluación Del Uso De Forraje Verde Hidropónico de Trigo Como Alternativa Nutricional en la Producción de Leche del Ganado Bovino en Turmeque Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Tesis .Ing. Zootecnista. Tunja. 21p. Consultado 18 de Agosto 2021.

Disponibleen:

<https://repositorio.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/3719/1054372103.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/4177/T016_71403282_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Vásquez, J.M., Puentes, J, Martinez, J.J., Lopez, M.J., Vasquez, J.M., Camacho, S.Y., Santana, R. (2014). Seaman internacional de agronomia.n.r.215790. Disponible en: http://faz.ujed.mx/files/sia_2014.pdf
- Salas, L; Preciado, P; Esparza, J; Álvarez, V; Palomo, A; Rodríguez, N; Márquez. 2010. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. Terra Latinoamericana. 28(4) 355-360. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57318502007.pdf>
- Shawal, Jamal, Y., Ilahi, H., Adnan, M., Rehman, F., Ullah, A., Rehman, M., Ullah, A. & Zubair, S. (2021). Evaluation of fodder crops for hydroponic greenfodder potential. AGIBR, 37(2): 108-111. Disponible en: <https://www.abrinternationaljournal.org/articles/evaluation-of-fodder-crops-for-hydroponic-green-fodder-potential.pdf>
- Simbaña Sanuña, HP. 2015. “Adaptación y valor forrajero de pasto avena (*Arrhenatherum elatius L.*) con diferentes niveles de fertilización nitrogenada en prefloración y floración en la hacienda el prado. Universidad de las Fuerzas Armadas. Universidad de las Fuerzas Armadas. Ing. Agro. 20 p. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10225/1/T-ESPE-002786.pdf>
- Soto, M; Juárez, A; Rivera, J; Guerrero, M; Ramírez, R; Bernal, H. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. Revista Interciencia. 37(12):906-913. Consultado el 8 de agosto 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33925592007.pdf>

- Tubon Siza, M. 2013. Utilización de forraje hidropónico más balanceado

comercial como alimento en la crianza de cuyes a partir de la tercera hasta la décima tercera semana de edad. Universidad Técnica de Ambato. Tesis

.Medic.Veterinario. 18 p. Consultado 15 de agosto 2021. Disponible en:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6480/1/Tesis%2008%20Medicina%20Veterinaria%20y%20Zootecnia%20-CD%20196.pdf>

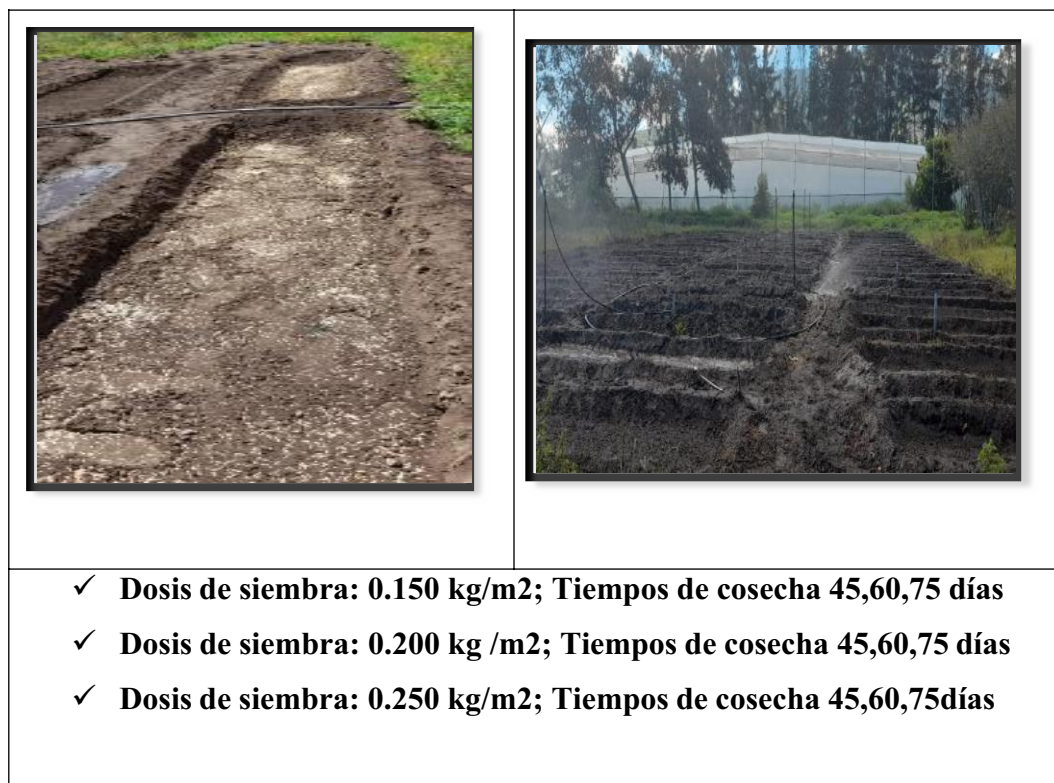
- Vargas Rodríguez, CF. 2008 Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. 19(2):233-240. Universidad de Costa Rica. Consultado 12 agosto 2021. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711425008.pdf>
- WeatherOnline. 2021. Pronostico del clima Querochaca, (en línea). Consultado 22 ago. 2021. Disponible en: <https://www.woespana.es/weather/maps/city>
- Zagal, M; Martínez, S; Salgado, S; Escalera, V; Peña, B; Carrillo, D. 2016. Hydroponics maize green forage production with watering every 24 hours Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. ABANICO VETERINARIO ISSN. 6(1):29-34. Consultado el 15 de agosto 2021. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/av/v6n1/2448-6132-av-6-01-00029.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1. Avena de Corte



ANEXO 2. Siembra del T1 Avena de corte



ANEXO 3. Toma de datos cada 15 días



Se utilizó una cinta métrica para la medición de altura

ANEXO 4. Cosecha (45, 60, 75 días)





ANEXO 5. Forraje Verde Hidropónico



Pesaje de las distintas dosis de siembra

ANEXO 6. Remojo de semilla (24hrs) y desinfección (3min)



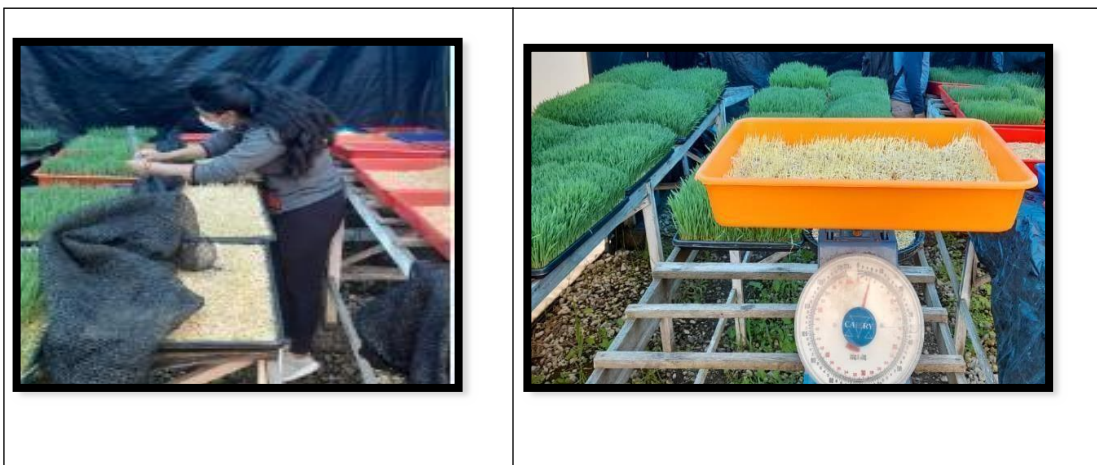
ANEXO 7. Siembra y Germinación de semillas



ANEXO 8. Aplicación de solución nutritiva en el T2



ANEXO 9. Toma de datos



ANEXO 10. Cosecha (8, 12, 16 Días)



ANEXO 11. Toma de muestras para análisis bromatológicos T1, T2, T3



ANEXO 12. TABLA DE COMPARACIONES ORTOGONALES PARA TRATAMIENTOS

Contrastes	% Germinación	Altura planta cm	Peso forraje kg	% Proteína	% Humedad	% Ceniza	% Grasa	% Fibra
T1 vs Resto	0.0321 *	<0.0001**	<0.0001**	0.0091*	0.0032*	<0.0001**	0.0540*	0.0032*
T2 vs T3	0.0012 *	0.0713*	0.0041*	0.4742ns	0.7239ns	0.8720ns	0.6303ns	0.7360ns

T1: Avena de corte

T2: Avena hidropónica c/solución nutritiva

T3: Avena hidropónica s/solución nutritiva

ANEXO 13. TABLA DE PRUEBAS DE TUKEY PARA TRATAMIENTOS

Tratamientos	% Germinación	Altura planta cm	Peso forraje kg	% Proteína	% Humedad	% Ceniza	% Grasa	% Fibra
T1	87.78 (a)	39.65 (b)	12.57 (c)	2.63 (a)	81.38 (b)	3.49 (b)	0.48 (a)	3.78 (a)
T2	88.81 (b)	1.60 (a)	1,72 (a)	3.93 (b)	67.62 (a)	1.06 (a)	1.00 (a)	6.29 (b)
T3	87.82 (a)	4.83 (a)	4.64 (b)	3.60 (b)	69.25 (a)	0.99 (a)	1.17 (a)	6.01 (b)

T1: Avena de corte

T2: Avena hidropónica c/solución nutritiva

T3: Avena hidropónica s/solución nutritiva