

	<b>GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>		<b>Código</b>	FO-GS-15	
			<b>VERSIÓN</b>	02	
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>			<b>FECHA</b>	03/04/2017
				<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>	<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>		
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad		

### RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): ALIX AMANDA APELLIDOS: ESLAVA PEDRAZA

NOMBRE(S): \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_\_\_\_\_

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA PECUARIA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): RUBEN DARIO APELLIDOS: CARREÑO CORREA

NOMBRE(S): LUIS FERNANDO APELLIDOS: ESCALANTE RAMIREZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) COMO ALTERNATIVA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL

RESUMEN

La importancia de la nutrición animal es evidente y representa uno de los aspectos más relevantes que determinan la rentabilidad y optimización de los sistemas de producción pecuarios. Ante esta situación se han buscado diferentes alternativas como ensilajes, bancos proteicos y forrajes basados en hidroponía, siendo este último una tecnología para producir forrajes sin el uso de suelo. En esta investigación se evaluó el forraje verde hidropónico de arroz (*O. sativa*) en la cosecha principal (tallo y hojas) y la soca como alternativa para alimentación animal. Se registró al día 38 la biomasa y altura en 1147,12 g/m<sup>2</sup> y 57 mm en la cosecha principal, adicionalmente se evidencia que el día 26 fue el óptimo para el corte, debido a que posterior a esta fecha la planta no presentó un crecimiento relevante. El análisis de la composición nutricional indicó resultados óptimos destacando el rendimiento proteico con un valor de 22,74% parámetro similar al presentando en las principales leguminosas. Respecto a la soca se observa rebrote en algunas áreas dispersas del tapete radicular alcanzando una altura a los 21 días menor a la registrada en la cosecha principal, sin embargo, esta fase se consideró no viable para las condiciones del experimento por observarse muerte prematura de las plántulas. Finalmente se puede concluir que en las condiciones ambientales del experimento el rendimiento en biomasa y altura fue bajo, sin embargo, la composición nutricional indica que esta gramínea manejada como FVH de *O. sativa* puede ser una alternativa para el uso en la alimentación de rumiantes.

PALABRAS CLAVE: Hidroponía, forraje verde hidropónico, biomasa, composición nutricional, soca.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 77      PLANOS:      ILUSTRACIONES:      CD ROOM: 1

EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) COMO  
ALTERNATIVA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL

ALIX AMANDA ESLAVA PEDRAZA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA PECUARIA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) COMO  
ALTERNATIVA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL

ALIX AMANDA ESLAVA PEDRAZA

Trabajo de grado modalidad investigación presentado como requisito para  
optar al título de Ingeniero Pecuario

Director:

RUBEN DARÍO CARREÑO CORREA

Ing. de Producción Animal, Esp., M.Sc.

Codirector

LUIS FERNANDO ESCALANTE RAMÍREZ

Ing. de Producción Animal. M.Sc.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA PECUARIA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

**ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO  
MODALIDAD INVESTIGACIÓN**

**FECHA:** 07 de mayo de 2021

**HORA:** 08:00 a.m.

**LUGAR:** Sesión virtual (Videoconferencia por plataforma Google meet)

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA PECUARIA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:** "EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE  
HIDROPÓNICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) COMO ALTERNATIVA PARA  
ALIMENTACIÓN ANIMAL"

**JURADOS:** EVARISTO ALBERTO CARVAJAL VALDERRAMA  
EFRAIN FRANCISCO VISCONTI MORENO  
CAMILO ERNESTO GUERRERO ALVARADO

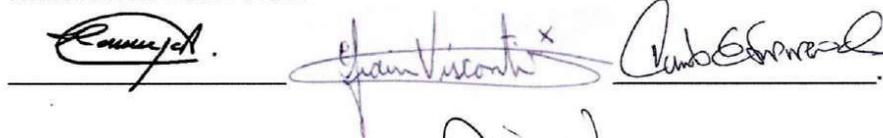
**DIRECTOR:** RUBEN DARIO CARREÑO CORREA  
**CODIRECTOR:** LUIS FERNANDO ESCALANTE RAMIREZ

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
ALIX AMANDA ESLAVA PEDRAZA	1630568	4.4

**OBSERVACIONES:**

APROBADO

**FIRMA DE LOS JURADOS:**



VoBo. Coordinador Comité Curricular



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA  
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta, 10 de mayo 2021

Señores  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS  
Ciudad

Cordial saludo:

ALIX AMANDA ESLAVA PEDRAZA, identificado(s) con la C.C. N° 1092156533 , autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ARROZ (*Oryza sativa*) COMO ALTERNATIVA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de INGENIERA PECUARIA; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que “**los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores**”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

*Alix Amanda Eslava P*

FIRMA Y CEDULA  
CC: 1092156533 de Gramalote

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero darle las gracias en primer lugar a Dios quien durante este proceso de investigación me iluminó y me lleno de bendiciones, sin él no hubiese sido posible cada paso dado en esta etapa académica y científica otorgando sabiduría paciencia y perseverancia

Agradecimiento infinito a mis padres, hermana y familiares que fueron el pilar fundamental para conseguir cada una de mis metas, además agradezco a mis amigos y compañeros de estudio que aportaron su granito de arena durante este proceso.

A mis profesores de la Facultad que forjaron las columnas de mi carrera y me orientaron en el camino de la investigación inculcándome sus valores, principios y experiencias.

A mi querida alma mater, la Universidad Francisco de Paula Santander por brindarme la oportunidad de formarme como persona y especialmente como profesional íntegra.

Al director Rubén Darío Carreño Correa y codirector Luis Fernando Escalante Ramírez quienes me orientaron y guiaron durante el desarrollo de este proyecto.

## Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	15
1. PROBLEMA	17
1.1 TITULO	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.4 JUSTIFICACIÓN	20
1.5 OBJETIVOS	21
1.5.1 Objetivo general.	21
1.5.2 Objetivos específicos.	21
1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES	22
1.6.1 Alcances	22
1.6.2 Limitaciones.	22
1.7 DELIMITACIONES.	22
1.7.1 Delimitación temporal.	22
1.7.2 Delimitación espacial.	22
1.7.3 Delimitación conceptual.	23

2.	MARCO REFERENCIAL	23
2.1	ANTECEDENTES	23
2.2	MARCO TEÓRICO	25
2.2.1	Hidroponía.	25
2.2.2	Solución nutritiva.	26
2.2.3	El forraje verde hidropónico (FVH).	26
2.2.4	Uso de la hidroponía en la alimentación animal.	26
2.2.5	Ventajas y desventajas del FVH.	27
2.2.6	Métodos de producción.	28
2.2.7	Producción y cosecha del FVH.	29
2.2.8	Cultivo de Arroz.	31
2.2.9	FVH de arroz.	32
2.2.10	Técnicas para determinar composición nutricional en forrajes	34
2.3	MARCO CONCEPTUAL.	35
2.4	MARCO CONTEXTUAL	37
2.5	MARCO LEGAL	37
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	38

3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
3.2	POBLACIÓN Y MUESTRA	38
3.2.1	Población.	38
3.2.2	Muestra.	38
3.3	HIPÓTESIS	38
3.4	VARIABLES	39
3.5	FASES DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.5.1	Fase pre experimental.	41
3.5.2	Fase experimental.	44
3.6	ANÁLISIS DE DATOS.	47
4.	RESULTADOS	48
4.1	ALTURA DE LAS PLANTAS DURANTE LA COSECHA PRINCIPAL Y LA SOCA	48
4.2	BIOMASA Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL FVH DE O. sativa DURANTE LA COSECHA PRINCIPAL Y LA SOCA	52
5.	DISCUSIÓN	54
6.	CONCLUSIONES	63
7.	RECOMENDACIONES	64

8.	BIBLIOGRAFÍA	65
9.	ANEXOS	74

## TABLA DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 1</b> Fenología del arroz.	32
<b>Figura 2</b> Comportamiento de humedad y precipitación del FVH <i>O. sativa</i> durante la cosecha principal y la soca del cultivo.	40
<b>Figura 3</b> Comportamiento de la temperatura durante la cosecha principal y la soca de FVH de arroz ( <i>O. sativa</i> ).	41
<b>Figura 4</b> Implementos para el desarrollo del cultivo.	43
<b>Figura 5</b> Etapas para la prueba de campo.	44
<b>Figura 6</b> Pasos para la producción de FVH.	46
<b>Figura 7</b> Altura del tallo (mm) discriminada según edad de la planta (días) y la condición de planta pequeña, mediana y grande.	49
<b>Figura 8</b> Relación de la longitud de la hoja y la altura del tallo del FVH de <i>O. sativa</i> .	50

## LISTA DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1.</b> Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz en cada una de sus etapas de crecimiento.	32
<b>Tabla 2</b> Contenidos bromatológicos de forraje verde hidropónico.	33
<b>Tabla 3</b> Parámetros productivos de especies usadas en FVH.	33
<b>Tabla 4</b> Matriz de correlaciones entre variables.	50
<b>Tabla 5</b> Identificación y selección de un modelo lineal para explicar la variable respuesta Longitud de la hoja (mm) a partir de los posibles predictores.	51
<b>Tabla 6</b> Validación de supuestos para modelo ajustado.	52
<b>Tabla 7</b> Biomasa promedio de las plantas de FVH O. sativa durante la cosecha principal.	52
<b>Tabla 8</b> Composición bromatológica del FVH O. sativa.	53
<b>Tabla 9</b> Comparación del manejo y desarrollo de Forrajes Hidropónicos.	57
<b>Tabla 10</b> Composición nutricional entre tallo y hoja en diferentes forrajes.	58
<b>Tabla 11</b> Composición nutricional del FVH de O. sativa y forrajes convencionales.	59
<b>Tabla 12</b> Requerimiento nutricional de rumiantes comparado con la composición del FVH de O. sativa.	61

## **LISTA DE ANEXOS**

**Pág.**

<b>Anexo 1</b> Constancia alcaldía de Gramalote al cumplimiento de normas de bioseguridad.	74
<b>Anexo 2</b> Resultados bromatológicos del FVH O. Sativa – tallo.	75
<b>Anexo 3</b> Resultados bromatológicos del FVH O. Sativa – hoja.	76

## RESUMEN

La importancia de la nutrición animal es evidente y representa uno de los aspectos más relevantes que determinan la rentabilidad y optimización de los sistemas de producción pecuarios. Ante esta situación se han buscado diferentes alternativas como ensilajes, bancos proteicos y forrajes basados en hidroponía, siendo este último una tecnología para producir forrajes sin el uso de suelo. En esta investigación se evaluó el forraje verde hidropónico de arroz (*O. sativa*) en la cosecha principal (tallo y hojas) y la soca como alternativa para alimentación animal. Se registró al día 38 la biomasa y altura en 1147,12 g/m<sup>2</sup> y 57 mm en la cosecha principal, adicionalmente se evidencia que el día 26 fue el óptimo para el corte, debido a que posterior a esta fecha la planta no presentó un crecimiento relevante. El análisis de la composición nutricional indicó resultados óptimos destacando el rendimiento proteico con un valor de 22,74% parámetro similar al presentando en las principales leguminosas. Respecto a la soca se observa rebrote en algunas áreas dispersas del tapete radicular alcanzando una altura a los 21 días menor a la registrada en la cosecha principal, sin embargo, esta fase se consideró no viable para las condiciones del experimento por observarse muerte prematura de las plántulas. Finalmente se puede concluir que en las condiciones ambientales del experimento el rendimiento en biomasa y altura fue bajo, sin embargo, la composición nutricional indica que esta gramínea manejada como FVH de *O. sativa* puede ser una alternativa para el uso en la alimentación de rumiantes.

## Abstract

The importance of animal nutrition is evident and represents one of the most relevant aspects that determines the profitability and optimization of livestock production systems. Faced with this situation, different alternatives such as silage, protein banks and forages based on hydroponics have been sought, the latter being a technology to produce forages without the use of soil. In this research, hydroponic rice green forage (*O. sativa*) was evaluated in the main crop (stem and leaves) and soca as an alternative for animal feed. On day 38 the biomass and height were recorded at 1147.12 g / m<sup>2</sup> and 57 mm in the main harvest, additionally it is evidenced that day 26 was the optimum for cutting, because after this date the plant did not present a relevant growth. The analysis of the nutritional composition indicated optimal results, highlighting the protein yield with a value of 22.74%, a parameter similar to that presented in the main legumes. Regarding the soca, regrowth is observed in some scattered areas of the root mat reaching a height at 21 days lower than that registered in the main harvest, however, this phase was considered not viable for the conditions of the experiment because premature death of the seeds was observed. seedlings. Finally, it can be concluded that under the environmental conditions of the experiment the biomass and height yield was low, however, the nutritional composition indicates that this grass managed as FVH of *O. sativa* can be an alternative for use in ruminant feeding.

## INTRODUCCIÓN

La producción animal a lo largo del tiempo se ha encargado de incluir y mejorar diversos parámetros productivos, para lograr una mayor eficiencia en las áreas de la reproducción, genética y nutrición Mora (2007), teniendo en cuenta que los productos de origen animal como leche, carne, huevos entre otros, son cada día más exigidos por la población.

Nutricionalmente se debe disponer de forrajes que presenten una excelente calidad nutricional Osorno et al., (2012), dificultad que crece rápidamente por los suelos infértiles, la tasa de urbanización y el aumento en el precio de los terrenos (Fernández, citado por Vargas, 2008., Glauco et al., 2008), razón por la cual, se enmarca el estudio de la hidroponía en la producción de forraje verde hidropónico (FVH), como alternativa para la alimentación animal. Este método surge como una opción en paralelo a los cultivos tradicionales, con altos índices de rentabilidad y productividad (Rodríguez, 2003 citado por Rodríguez *et al.*, 2009), además de mantener una producción de forma constante sin hacer uso del suelo Estrada (2002).

A medida que el FVH se ha venido usando en la alimentación animal, se diversificaron las gramíneas usadas en esta técnica, resaltando el maíz, la cebada, el trigo y el sorgo, las cuales presentan una alta calidad nutricional como fuente de proteína y vitaminas (Rodríguez, 2002 citado por Rodríguez *et al.*, 2009., Lamnganbi *et al.*, 2017), evidenciándose menor disponibilidad de información referente al uso del arroz como alternativa en la producción de FVH.

Teniendo en cuenta la literatura disponible del uso de hidroponía en gramíneas para la obtención de forraje de utilidad en sistemas de producción pecuaria, se propone como objetivo de la investigación, evaluar la producción del forraje verde hidropónico de arroz (*Oryza sativa*) en la

cosecha principal (tallo y hojas de las plántulas) y la soca como alternativa para la alimentación animal.

## 1. PROBLEMA

### 1.1 TITULO

EVALUACIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE ARROZ (*Oryza sativa*)  
COMO ALTERNATIVA PARA ALIMENTACIÓN ANIMAL.

### 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La nutrición animal es la ciencia que estudia las reacciones bioquímicas y procesos fisiológicos que sufre el alimento en el organismo para transformarse en términos productivos en leche, carne, huevos, piel y pelo, propiciando para que los animales expresen al máximo su potencial genético. También se puede definir como los fenómenos interrelacionados mediante los cuales un organismo vivo asimila alimento y lo utiliza para crecer, reparar y mantener tejidos, o elaborar productos Church *et al.*, (2002), INATEC (2016).

La importancia de la nutrición animal es evidente y representa uno de los aspectos más importantes que determina la rentabilidad y optimización de los sistemas de producción pecuarios. Por este motivo, se ha hecho un gran esfuerzo en conocer los requerimientos nutricionales del animal y el desarrollo de las raciones alimenticias, situación para la cual es necesario, entre otros aspectos, identificar el valor nutricional del alimento que se le va a proporcionar al animal y abordar la forma en que se obtiene dicho alimento Church *et al.*, (2002).

Actualmente los sistemas de producción con rumiantes basan la alimentación en el manejo de pasturas y la implementación de estrategias para producción de forrajes como los sistemas silvopastoriles para ramoneo o los bancos de corte y acarreo. Algunas experiencias favorables son el uso de harina de Morera (*Morus alba*) y Avena (*Avena sativa*) para la ceiba de

ovinos Rodríguez *et al.*, (2011) y el uso de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*) como reemplazo parcial del alimento concentrado en vacas lecheras Holstein x Cebú Mahecha *et al.*, (2007).

Los anteriores estudios son evidencia de algunas de las estrategias que se pueden implementar para evolucionar en la alimentación animal y ser más competitivos a las adversidades que se presenten día a día en los sistemas pecuarios. Sin embargo, el desafío es la obtención de forrajes en cantidad y calidad, implicando grandes producciones en volumen y en el menor tiempo posible. A su vez, para que cada forraje exprese el mayor valor alimenticio se requiere disponer de suelo, agua y nutrientes que por condiciones climáticas como la temperatura, precipitación, humedad o el manejo de una agricultura intensiva se han perdido Medrano (2015).

Otra alternativa convencional es el uso de concentrados comerciales para suplir las demandas nutricionales asegurando el balance deseado de nutrientes, sin embargo, esta opción hace más costosa la alimentación del animal, ya que los productos con que se realizan son mayormente importados DANE, SIPSA, Min Agricultura (2013).

Desde la perspectiva planteada, los sistemas convencionales para producción de forrajes dependen de factores como los efectos naturales ocasionados principalmente por el desequilibrio del balance hídrico en ciertas épocas del año Santacoloma *et al.*, (2017), a su vez, las enfermedades por su interacción con los factores climáticos se ven favorecidas alterando el rendimiento y calidad del forraje en la producción de semilla y en la persistencia de la pastura (Chakraborty *et al.*, 1996 citado por Altier, 2010). Otro aspecto que interfiere es el tipo de forraje que se utiliza variando entre otros aspectos el tiempo para el primer corte, la disponibilidad de forraje, limitando la selección de forraje por parte del animal, provocando desgaste en la pradera y baja en los rendimientos productivos Silva *et al.*, (2014)., Mena (2015).

Ante la situación descrita se han buscado diferentes alternativas como la hidroponía, una tecnología para producir forrajes (FVH), flores, hortalizas y hasta pequeños arbustos, independiente de factores ambientales (temperaturas extremas, alta humedad, velocidad del viento) y del suelo Estrada (2002). El FVH se ha venido investigando e implementando en la alimentación de especies como aves, conejos, cerdos, bovinos, caballos, ovinos y caprinos Romero *et al.*, (2009), (Rodríguez, 2003 citado por Rodríguez *et al.*, 2009), (Espinoza *et al.*, 2004 como citó Rivera *et al.*, 2010), siendo una de las gramíneas más estudiadas el maíz, encontrándose información de avena y trigo, sin embargo, el arroz ha sido poco abordado como alternativa para producción en FVH.

Otro aspecto importante en los cultivos hidropónicos que empieza a dar resultados trascendentales es el uso del rebrote de la cosecha, por ejemplo, se conoció un aumento de producción en un cultivo hidropónico de pimiento con un 27% en comparación con el recién plantado Riga (2008).

Al consultar literatura, a pesar de encontrar algunos reportes como los ya mencionados, aún se desconoce el valor nutricional específico del FVH que se pudiese obtener, ya que este depende del tipo de gramínea sembrada, el tiempo de cosecha, el número de riegos al día, el uso o no de nutrientes, la densidad de siembra (Kg de semilla/m<sup>2</sup>), la estructura y material en que se realiza la siembra e incluso de las condiciones ambientales adaptándose alguno de estos forrajes a clima frío, otros a clima cálido.

Considerando que Norte de Santander es un departamento arrocero, la presente investigación propone evaluar la eficacia de esta gramínea al cultivarse en hidroponía, comparando el rendimiento productivo (biomasa total, altura de la plántula en días) y la

composición nutricional (Materia Seca (MS), humedad, proteína cruda (PB), materia mineral (MM), extracto etéreo (EE) , Calcio (Ca), fósforo (P), magnesio (Mg), fibra de detergente neutra (FDN), fibra de detergente ácido (FDA), Lignina, hemicelulosa, carbohidratos no estructurales (CNE), Energía bruta (EB), energía metabolizable (EM)) en la cosecha principal (tallos y hojas de las plántulas) y la soca como alternativa para la alimentación animal.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es una alternativa para la alimentación animal el forraje verde hidropónico de arroz (*O. sativa*)?

### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

Diversos parámetros se deben tener en cuenta en los sistemas de producción pecuaria, uno de los más significativos es la nutrición, en donde sus costos representan un 60 % y 85% de toda su producción Mora (2007). Otro aspecto a considerar es la escasa disponibilidad y baja calidad de forrajes, factores que limitan la producción animal. Por ello, se ha trabajado en la búsqueda de soluciones haciendo uso de sistemas silvopastoriles, bancos forrajeros Rodríguez et al., (2011) y estrategias de conservación de forrajes como ensilaje, heno y henolaje (Elizondo, 2004 citado por Osorno et al., 2012). Sin embargo, no se ha cumplido con las expectativas esperadas, debido a que requieren una inversión alta en maquinaria y equipos.

Basados en lo anterior, se propone el desarrollo e investigación en cultivos hidropónicos, técnicas sencillas pero eficientes que demuestran su utilidad en la alimentación animal, orientada en la producción constante de forrajes (Estrada, 2002; Rotar, 2004 citado por Osorno *et al.*,

2012), y la disminuir pérdidas por infiltración y evaporación, siendo estos una alternativa a los cultivos convencionales para la disposición de los recursos hídricos y biológicos Gilsanz (2007).

Teniendo en cuenta los beneficios aportados por los cultivos hidropónicos se presenta la idea de investigar el arroz, una gramínea de alto impacto en Norte de Santander y departamentos como Tolima, Huila y Cauca (Federación Nacional de Arroceros, 2017) que se fortalecen con los nuevos acuerdos como la Resolución 071 del 29 de abril de 2019, en el cual se permite la exportación a Ecuador. Tomando estos datos se concluye que aparte de ser empleado en el consumo humano se puede presentar como una alternativa de alto potencial en alimentación animal (Vargas, 2008) como opción para aplicarse en diferentes sectores del país dedicados a los sistemas pecuarios. A su vez, esta gramínea en condiciones de cultivo tradicional tiene la capacidad de rebrote generando cosechas a partir de la soca (Morejón et al., 2004), característica que favorece la intención del presente proyecto al abordar la obtención del forraje verde hidropónico en la cosecha principal y la soca del cultivo bajo condiciones de hidroponía.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo general.**

Evaluar el forraje verde hidropónico de arroz (*O. sativa*) en la cosecha principal (tallos y hojas) y la soca como alternativa para alimentación animal.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

Comparar el rendimiento productivo (biomasa total y altura de la planta en días) del forraje verde hidropónico de arroz en la cosecha principal y la soca del cultivo.

Analizar la composición nutricional (% de materia seca, % de humedad, % proteína cruda, % extracto etéreo, % de cenizas, % calcio, % fósforo, % magnesio, % carbohidratos no estructurales, % FDN, % FDA, % lignina, % hemicelulosa, energía bruta en kcal/kg, energía metabolizable kcal/kg) del forraje verde hidropónico de arroz en la cosecha principal.

## **1.6 ALCANCES Y LIMITACIONES**

**1.6.1 Alcances.** El trabajo busca evaluar el rendimiento productivo del forraje verde hidropónico de arroz, esto en la cosecha principal (tallos y hojas) y la soca de , teniendo en cuenta la altura de la planta al momento de la cosecha. El Forraje verde hidropónico será obtenido como potencial y/o alternativa para alimentación animal.

**1.6.2 Limitaciones.** El desarrollo del cultivo de forraje verde hidropónico de arroz en condiciones semi-tecnificadas estará indirectamente afectado por posibles condiciones climáticas extremas, ya que aun cuando se dispondrá de una estructura básica, esta no regulará o controlará factores ambientales dentro de la estructura.

## **1.7 DELIMITACIONES.**

**1.7.1 Delimitación temporal.** El tiempo estipulado para la ejecución del proyecto y posterior redacción del documento final es de un semestre académico.

**1.7.2 Delimitación espacial.** El proyecto se llevó a cabo en la finca la Fortuna San Miguel de la vereda de la Garza municipio de Gramalote, Norte de Santander; con coordenadas de Latitud 7°91'42"N y Longitud de 72°82'64" W.

**1.7.3 Delimitación conceptual.** Los términos que se emplearán en el proyecto serán los siguientes: análisis bromatológico, biomasa, fertirrigación, FVH, gramínea, soca, *Oryza sativa*, semilla.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 ANTECEDENTES

Se determinan los siguientes antecedentes directos con respecto al siguiente trabajo.

Vargas, (2008) realizó una comparación productiva del forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero, utilizando cuatro bandejas por gramínea con fertirrigación, una densidad de siembra de 4 kg para bandejas de 720 cm<sup>2</sup> y manejo del ambiente en el cultivo como la ventilación, luz y temperatura, hasta cosechar a los 25 cm de altura; estas muestras se sometieron a un análisis de laboratorio usando follaje, semillas y raíces. Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar. Como resultado, se verificó la mayor producción de biomasa fresca y proteína en el sorgo con un 21,65 kg/720 cm<sup>2</sup> y 10,47% respectivamente. El arroz resultó ser la especie con el mejor contenido de materia seca (15,82%) y ceniza (9,17%), mientras que el maíz presentó mejor calidad de fibra. Con estos resultados se puede deducir que los sistemas de producción en hidroponía representan una alternativa para la producción de forraje de utilidad en alimentación animal como un cultivo de producción rápida y constante durante épocas adversas.

Ramírez et al., (2017) investigaron el uso de fertilizantes en FVH de maíz aplicando dos concentraciones de nutrientes: Nutrición alta (Na) y Nutrición baja (Nb) (fertilizantes hidrosolubles como fosfato monopotásico, sulfato potásico, sulfato de magnesio, nitrato cálcico, nitrato potásico y premezclas de micronutriente) y un tratamiento control con agua (Te) para evaluar el efecto de la nutrición mineral sobre las variables de altura, peso fresco (PF), materia

seca (MS) y eficiencia de conversión (EC). Se utilizó un diseño unifactorial e irrestricto al azar. Se registraron valores promedios para todos los tratamientos de 15,28 kg.m<sup>-2</sup> de PF, 8,7% de MS, 1,32 kg.m<sup>-2</sup> de MS y 5,08 kg.kg<sup>-1</sup> de EC; respecto a la altura la diferencia fue mínima. Se determinó que no hubo efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas, concluyendo que bajo condiciones similares a este estudio no es necesaria la utilización de soluciones nutritivas para la producción de FVH.

Morales et al., (2012) iniciaron la investigación con el objetivo de caracterizar el forraje verde hidropónico de maíz, con diferentes niveles de solución nutritiva (Nitrato de Calcio 116.3 g, Nitrato de potasio 30.3 g, sulfato de magnesio 98.4 g, sulfato de potasio 52.2 g, Fosfato Monopotásico (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 13.6 g, Hierro (Fe) 0.187 g, Zinc (Zn) 0.015 g, Manganeso (Mn) 0.092 g, Boro (B) 0.017 g, Cobre (Cu) 0.0075 g, Molibdeno (Mo) 0.005 g), en tres tiempos de cosecha (ocho, diez y doce días). Se empleó charolas de plástico con 1 kg de Zea mayz F2 de la marca Dekalb® híbrido DK 2020, recurrieron a cinco tratamientos del 0%, 25%, 50%, 75%, 100% de solución nutritiva para evaluar conversión de maíz en biomasa de germinado en base húmeda, altura de la planta y longitud de la raíz. Para el análisis de datos tomaron un diseño completamente al azar reportando resultados favorables para el día doce respecto a la cosecha en biomasa en base húmeda y la altura de la planta, con una concentración del 75%, igualmente los datos para la longitud de la raíz en los días de cosecha 10 y 12 fueron similares con una solución del 75% y una longitud de  $23.03 \pm 4.74$  y diferentes al de 8 días. Con los datos registrados se concluye que los parámetros productivos del Forraje Verde Hidropónico de maíz de la marca Dekalb variedad 2020, son mejores cuando se cultiva a un 75% de la solución nutritiva con una edad de cosecha de 12 días.

Zagal et al., (2016) tenían como objetivo la producción de forraje verde hidropónico de maíz en charolas de cartón con riego cada 24 horas y disposición de un litro de agua por kg de maíz F2 Dekalb® híbrido DK 2020. Se evaluaron altura de la planta, kg de rendimiento total, % de germinación, kg de raíz, kg de tallo y hojas, kg de grano no germinado, efectuando cosecha los días 13, 14 y 15. Para el análisis de resultados se aplicó ANOVA y Tukey con el paquete estadístico SPSS Versión 20.0 presentando valores mayores en el día 13: altura media de  $30.45 \pm 4.5$  cm, un rendimiento  $2.5335 \pm 0.3$  Kg y un 80.5 % de germinación. Se concluye que es factible la producción de FVH de maíz en charolas de cartón sin embargo es necesario investigar la técnica con el uso de soluciones nutritivas.

Riga, (2008) analizó las ventajas de la técnica poda – rebrote asociado al carácter plurianual de *Capsicum annum* L. para su producción en cultivo sin suelo. El estudio se llevó a cabo en un invernadero con apoyo de calefacción y posteriormente con la ejecución de poda cada 6 meses durante dos años para efectuar una comparación en la producción con cultivos recién trasplantados. A través un diseño experimental con tres bloques por tratamiento y 48 plantas por repetición, aplicando un análisis de varianza mediante procedimiento GLM univariable se analizaron los resultados. Presentando la poda – rebrote un incremento significativo del 27% de la producción comercial en comparación con el recién plantado, sin embargo, esta técnica se puede ver limitada por la transmisión mecánica de virus y el buen estado sanitario de las raíces.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

**2.2.1 Hidroponía.** Técnica que permite realizar cultivos en un medio libre de suelo y usar estructuras simples o complejas aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos e invernaderos climatizados. La alimentación de las plantas se realiza por

medio del riego, en el cual se aplican soluciones nutritivas que aportan los nutrientes minerales que los cultivos requieren para su mantenimiento y producción Soto (2015), Beltrano *et al.*, (2015).

**2.2.2 Solución nutritiva.** Son los nutrientes suministrados a través de sales o fertilizantes químicos que se agregan al agua, diluyéndose en cantidades y concentraciones óptimas, y permite a la planta un correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas (Chávez *et al.*, 2001 citado por García, 2007).

La forma más exitosa en países de América latina sobre la preparación de soluciones nutritivas para cultivos hidropónicos comprende la preparación de dos soluciones madres concentradas que luego son disueltas en agua según el nivel de nutrientes requerido por cada cultivo. (Castañeda 1997 citado por García, 2007). A estas soluciones concentradas se les denomina solución concentrada A la cual aporta a las plantas los macro elementos y solución concentrada B que aporta los meso y micronutrientes (Guzmán, 2004 citado por García, 2007).

**2.2.3 El forraje verde hidropónico (FVH).** Es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH es un pienso o forraje de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal FAO (2001). Este tipo de forraje se obtiene en cortos periodos que van desde los 9 días hasta cosechas realizadas a los 15 días, considerando una altura promedio de 20 a 30 cm como criterio para cosecha Vargas (2008).

**2.2.4 Uso de la hidroponía en la alimentación animal.** La hidroponía se crea como una alternativa innovadora para mantener una constante producción de forraje, destacándose por su palatabilidad, alto nivel de energía, aminoácidos, vitaminas, minerales y enzimas disponibles y asimilables por los animales Vargas-Rodríguez (2008); Candía (2014).

Experiencias prácticas comerciales han demostrado la eficacia del FVH en la alimentación animal, empleándose en la alimentación de aves, bovinos, cerdos, ovinos y caballos logrando ganancias significativas en el de peso del animal (Rodríguez, et al., 2003 citado por Osorno et al., 2012; Espinoza, et al., 2004 citado por Osorno et al., 2012). En cabras alimentadas con FVH de maíz se evidenció una excelente ganancia de peso en condiciones áridas y semiáridas (López, et al., 2009), en conejos el FVH de avena se presentó como un recurso forrajero alternativo en la alimentación (Fuentes et al., 2011). En vacas lecheras la producción aumentó entre el 10 y 20 % frente a dietas tradicionales (FAO, 2002).

### **2.2.5 Ventajas y desventajas del FVH.**

Algunas de las ventajas de esta técnica son las siguientes

Las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas en comparación con producciones convencionales en especies forrajeras FAO (2001).

Eficiencia en el uso del espacio: el sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil Torre. (2010).

Eficiencia en el tiempo de producción: la producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. Aproximadamente a partir del día 15 se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH FAO (2001). Calidad del forraje para los animales: el FVH es de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento). En general un el grano contiene una energía digestible algo superior a los 3300kcal. /Kg FAO (2001).

Algunas de las desventajas de esta técnica son las siguientes:

Desinformación y sobrevaloración de la tecnología: en el que se desconoce las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones climáticas y niveles óptimos de concentración de CO<sub>2</sub> (Marulanda e Izquierdo.1993 como citó la FAO 2001).

Costo de instalación elevado: Elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado que, utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados (Morales. 1987; Sánchez, 1996, 1997 como citó FAO 2001).

**2.2.6 Métodos de producción.** La producción de FVH cubre un amplio espacio de posibilidades y oportunidades a la hora de implementar el cultivo, existiendo diversas maneras como las presentó Gilsanz (2007), Carrijo *et al.*, (2000).

**Sistema flotante.** Este sistema es de bajo costo; consta de un recipiente para la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espuma que soporta las plantas, el recambio de solución se efectúa semanalmente o renovar una parte. Las desventajas de este sistema es la formulación frecuente de la solución nutritiva, airear el medio y prevenir la contaminación de la espuma por algas. En este sistema los cultivos que mejor se adaptan son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas.

**Sistema nft (nutrient flow technic).** El sistema NFT (técnica de flujo de nutrientes) se basa en el flujo permanente de solución a través de conductos que el cultivo toma para su nutrición. Su costo es elevado, requiere de agua constante y energía en el proceso de bombeo. El sistema consta de ductos, tanque de almacenamiento de la solución, tanques de formulación y una

bomba que contemple las necesidades del sistema. En este sistema se instalan cultivos como el tomate, morrón, melón etc. Requiere de formulación y chequeo frecuente del pH y salinidad de la solución.

**Sistema dft (deep flow technique).** El sistema DFT (técnica de flujo profundo), se cataloga como un híbrido entre los dos sistemas anteriores, presenta recirculación de la solución nutritiva igual que el NFT, por medio de una bomba, eliminando la necesidad de aireación y presenta la disposición de una plancha sobre la superficie de la solución nutritiva con las mismas ventajas y desventajas del sistema flotante. En este sistema pueden ser instalados preponderantemente los mismos cultivos que en el sistema flotante: cultivos de hoja y plantas aromáticas.

**Sistema estático.** Este sistema es aplicable fundamentalmente para cultivos de ciclo corto como lechuga, espinaca etc., prevé una sola carga de solución al comienzo de ciclo de crecimiento, no requiere de energía, al eliminar el bombeo. La aireación del sistema está basada en el ancho del contenedor y de la cámara de aire que va quedando al consumirse la solución nutritiva.

**2.2.7 Producción y cosecha del FVH.** Para iniciar un cultivo hidropónico es indispensable un establecimiento que brinde ciertas condiciones tales como riego y control de las condiciones ambientales para lo cual se pueden establecer instalaciones rudimentarias como galpones agrícolas; hasta métodos sofisticados como, fábricas de forraje, en estructuras cerradas, totalmente automatizadas y climatizadas. Los hidropónicos son muy versátiles pueden estar instalados en bandejas de plástico, estantes viejos de muebles (se forra con plástico), bandejas de

fibra de vidrio, madera pintada, cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado. FAO, (2001).

Independientemente del material utilizado el proceso a seguir para una buena producción de FVH es el mismo y debe considerarse los siguientes elementos y etapas según la FAO, (2001); Rodríguez *et al.*, (2000).

**Etapas 1. Selección de las especies de granos utilizados en FVH:** Este parámetro se rige principalmente por la disponibilidad del grano en la localidad y del precio en el que se pueda adquirir. Esencialmente se usa cebada, avena, maíz, trigo y sorgo.

**Etapas 2. Selección de la Semilla:** Idealmente la semilla que se use debe ser de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, de probada germinación y rendimiento. La selección implica que el grano se encuentre libre de piedras, paja, tierra, semillas partidas o de otras plantas, las que son luego fuente de contaminación, adicional que no hayan sido tratadas con curasemillas, agentes pre-emergentes o algún otro pesticida tóxico.

**Etapas 3. Lavado de la semilla:** Con el objetivo de eliminar hongos y bacterias las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (10 ml de solución por cada litro de agua) sumergiéndose alrededor de 3 minutos.

**Etapas 4. Pre-germinación de semillas:** Inmediatamente las semillas fueron desinfectadas y lavadas, se sumergen en agua limpia en un tiempo de 24 horas dividiéndose en dos etapas 12 horas cada una y dando un lapso de oreado de dos horas por cada una.

**Etapa 5. Dosis de siembra:** La cantidad óptima de semilla a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que las semillas no superen los 1,5 cm de altura en la bandeja.

**Etapa 6. Siembra:** Previamente se ubican las bandejas ya perforadas en un extremo para impedir la acumulación de agua. Se distribuye una delgada capa de semillas y se cubren con plástico negro o poli sombras hasta el momento de la germinación.

**Etapa 7. Riego de las bandejas:** El riego del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o mochila de mano. Cuando se aplican soluciones nutritivas se realiza al momento en que emergen las primeras hojas.

**Etapa 8. Cosecha:** La cosecha del FVH se efectúa entre los días 12 a 14, sin embargo, se puede realizar cosechas anticipadas a los 8 o 9 días o evaluando la altura de la planta a los 20 a 25 cm.

**2.2.8 Cultivo de Arroz.** El Arroz es una especie perteneciente a la familia de las Poáceas, cuya semilla debidamente procesada constituye la base alimentaria de más de un tercio de la población mundial Bernardi (2017).

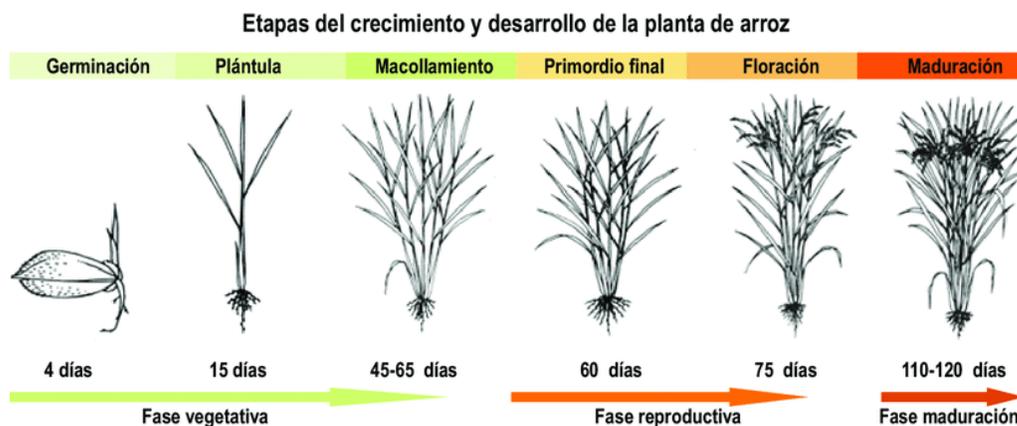
El cultivo del arroz se originó hace casi 10.000 años, Franquet *et al.*, (2004). El proceso de domesticación de la especie *O. sativa* no está bien claro (Candoll en 1882 citado por Acevedo, *et al.*, 2006) propone que el arroz es originario de India o de Indochina. Es el cereal que más se ha extendido en el mundo, es el fruto en grano de la planta del arroz, un herbáceo anual que se cultiva ampliamente en los cinco continentes, especialmente en regiones pantanosas de clima templado o cálido y húmedo Khush, (1997), Friedmann, *et al.*, (2010).

Los principales requerimientos en nutrientes del cultivo son el nitrógeno, el fósforo y el potasio, además de estos, el arroz absorbe también cantidades importantes de silicio, magnesio, azufre y zinc Amador (2012). La figura 1, indica la fenología del cultivo arroz; y la tabla 1, detalla los requerimientos nutricionales del cultivo de arroz en sus etapas de crecimiento.

**Tabla 1.** Requerimientos nutricionales del cultivo de arroz en cada una de sus etapas de crecimiento.

ETAPA	Kg/ha										
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	ZN	B
Plántula	1.0	0.1	1.0	0.14	0.07	0.07	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00
Macollamiento	68.0	9.0	93.9	9.2	7.0	6.5	0.09	1.84	3.77	0.19	0.02
Elongación de tallo	67.3	10.4	104.2	10.8	6.5	5.0	0.14	0.90	3.94	0.10	0.05
Floración	107.6	19.0	159.0	17.0	13.9	8.4	0.11	2.15	7.03	0.21	0.03
Grano maduro	60.1	32.6	201.0	19.7	22.2	8.8	0.41	4.15	8.83	1.50	0.14
Total	304	71.1	559.1	56.8	49.6	28.8	0.76	9.06	23.59	2.00	0.24

Fuente: (Camargo et al., 2014).



**Figura 1** Fenología del arroz.

Fuente: Camargo et al., (2014).

**2.2.9 FVH de arroz.** Es muy poca la literatura encontrada acerca del FVH de arroz; sin embargo, Vargas en el 2008 realizó una comparación del arroz, maíz y sorgo negro forrajero exponiendo resultados favorables para el *Oryza Sativa* respecto al contenido de materia seca y

cenizas con porcentajes superiores a las demás gramíneas, logrando deducir que el FVH arroz puede presentarse como alternativa para la producción de forrajes con utilidad en alimentación animal.

En la tabla 2 se observa la composición bromatológica de algunas especies cultivadas mediante la técnica de FVH, conjuntamente se evidencia los resultados que se han podido conocer a cerca del cultivo de arroz en estas condiciones

**Tabla 2** Contenidos bromatológicos de forraje verde hidropónico.

<b>CONTENIDOS PORCENTUALES</b>								
<b>Especie</b>	<b>MS</b>	<b>PC</b>	<b>Cenizas</b>	<b>FDN</b>	<b>Celulosa</b>	<b>Hemicelulosa</b>	<b>Lignina</b>	<b>FDA</b>
<b>Arroz</b>	15,82	7,92	9,17	58,25	27,76	19,82 (71)*	10,67	38,54
<b>Maíz</b>	11,54	9,61	2,41	43,13	11,21	24,25 (24)*	7,67	18,89
<b>sorgo</b>	11,48	10,47	6,54	66,66	30,96	21,42 (49)*	14,28	45,17
<b>Trigo</b>	8,12	33,38	5	50,48	19,4	28,1	3,2	21,31
<b>Avena</b>	36,9	14,8	5,1	46,8	24,1	20,6	3,4	26,3

Fuente: (Cartago 2007 citado por Vargas 2008., \* Datos ajustados por el autor; Cerrillo *et al* 2012; Valiente *et al.*, 2016).

En la tabla 3 se indican algunos parámetros productivos del trigo, sorgo, arroz, avena y maíz reportados por diversos autores en investigaciones enfocadas en inclusión de FVH en la dieta de los animales.

**Tabla 3** Parámetros productivos de especies usadas en FVH.

<b>Especie</b>	<b>Autor y año</b>	<b>Densidad de siembra</b>	<b>Edad al corte/cosecha</b>	<b>Producción forraje verde (Kg/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Trigo</b>	Valiente <i>et al.</i> , 2016	600 g	8 y 10 días	1,80 y 1,62 kg/m <sup>2</sup>
<b>Sorgo</b>	Vargas 2008	1,7 kg	20 días	5,45 kg
<b>Arroz</b>	Vargas 2008	1,7 kg	20 días	3,58 kg
<b>Avena</b>	Fuentes <i>et al.</i> , 2011; FAO (2001) *	6,3 kg/ m <sup>2</sup>	10,15 días*	9.60 (kg/0,24m <sup>2</sup> )
<b>Maíz</b>	López <i>et al.</i> , 2009	2,5(kg/m <sup>2</sup> )	14 días	12,95

**2.2.10 Técnicas para determinar composición nutricional en forrajes** la composición bromatológica se puede determinar con diferentes métodos y equipos, en los cuales se encuentran los tradicionales y con técnicas más avanzadas como el método de NIRS.

**Tradicionales:** La materia seca es determinada por la eliminación del agua libre por medio del calor y secado rápido para descartar pérdidas por acción enzimática y respiración celular, posterior determinación del peso del residuo (Batteman, 1970 citado por De La Roza *et al* 2002).

El procedimiento para determinar las cenizas requiere que el material se incinere a temperaturas entre los 500 y 600 °C, temperatura a la cual algunos minerales se volatilizan, tales como el yodo y el selenio (De Gracia, 2015).

El método de análisis proximal o de Weende la fracción resultante identificada como fibra cruda no está constituida de manera uniforme por compuestos específicos, y se dan casos donde pueden retenerse o perderse compuestos que no son propiamente parte de la fibra del alimento (De Gracia, 2015).

El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. El contenido en proteína se puede calcular seguidamente, presuponiendo una proporción entre la proteína y el nitrógeno para el alimento específico que está siendo analizado, tal y como explicaremos más adelante (De Gracia, 2015).

**Método de NIRS.** Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano. Esta técnica se basa en la quimiométrica, asociando la luz absorbida en una muestra de alimento con la composición química de la misma, desarrollando ecuaciones de predicción por cada componente

químico del alimento. Los modeladores de predicción son desarrollados en tres fases: calibración, validación interna y validación externa se evalúa de acuerdo a criterios estadísticos. Este análisis es muy eficiente pues provee información acerca del valor nutricional de un alimento en pocos segundos, dando resultados precisos simultáneamente y minimiza el impacto ambiental Rivera *et al.*, (2017).

### 2.3 MARCO CONCEPTUAL.

Se presentarán conceptos que ayudarán a que el lector tenga un mejor entendimiento del proyecto.

**Análisis bromatológicos:** Pruebas de laboratorio que se realizan con el fin de determinar las características que posea una planta, forraje, alimento, etc. Por medio de estos análisis se puede conocer el contenido de proteína, fibra, materia mineral, materia seca, humedad, entre otros que posee una muestra.

**Biomasa:** Cantidad de materia orgánica de origen vegetal o animal que se encuentra en un ecosistema.

**Fertirrigación:** Técnica de aplicación de abonos disueltos en el agua de riego a los cultivos, utilizado principalmente en hortalizas, césped, árboles frutales y las plantas ornamentales.

**FVH:** Se refiere al producto que se obtiene del proceso de germinación de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, trigo, alfalfa etc.) sobre bandejas. Se realiza durante un periodo de 7 a 14 días, captando la energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva.

**Germinación:** La germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula.

***Oryza sativa*:** Nombre científico del arroz perteneciente a la familia de las Poáceas (gramíneas) del cual la semilla es comestible.

**Poáceas:** Son una familia de plantas herbáceas, muy raramente leñosas tienen tallos cilíndricos, comúnmente huecos, interrumpidos de trecho en trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos nudos y abrazan el tallo, flores muy sencillas, dispuestas en espigas o en panojas, y grano seco cubierto por las escamas de la flor.

**Semillas:** Parte del fruto de las fanerógamas, que contiene el embrión de una futura planta, provisto de yemas, como tubérculos, bulbos.

**Soca:** hace referencia al cultivo posterior al corte de cada ciclo de cultivo, es decir sembrado por primera vez, en el cual no se le ha realizado ningún corte, se denomina plantilla, y posterior a este se denomina socas.

**Soluciones nutritivas:** Conjunto de sales inorgánicas (fertilizantes) disueltas en el agua de riego, que origina una solución con nutrimentos asimilables y en proporciones adecuadas, de los elementos nutritivos requeridos por las plantas, como son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Azufre (S), Magnesio (Mg), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl).

## 2.4 MARCO CONTEXTUAL

El proyecto se llevó a cabo en la finca la Fortuna San Miguel de la vereda de la Garza municipio de Gramalote, Norte de Santander; con coordenadas de Latitud 7°91'42"N y Longitud de 72°82'64" W.

## 2.5 MARCO LEGAL

En el siguiente trabajo se abordarán los artículos 65 y 79 de la constitución política de Colombia los cuales nos sirven de referencia para reglamentarnos y darle bases legales al proyecto.

**Artículo 65.** La producción de alimentos gozará de la especial protección del Estado. Para tal efecto, se otorgará prioridad al desarrollo integral de las actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras, forestales y agroindustriales, así como también a la construcción de obras de infraestructura física y adecuación de tierras. De igual manera, el Estado promoverá la investigación y la transferencia de tecnología para la producción de alimentos y materias primas de origen agropecuario, con el propósito de incrementar la productividad.

**Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA (2010).

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se realizó de forma experimental con enfoque cuantitativo, implementando estadística descriptiva y modelos lineales generalizados. El experimento presenta un enfoque descriptivo y exploratorio.

#### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

**3.2.1 Población.** La población objeto de estudio es el cultivo de arroz (*O. sativa*) manejado en condiciones de hidroponía.

**3.2.2 Muestra.** Para la ejecución del trabajo se manejan cinco bandejas (material plástico, dimensiones 0,58 m x 0,30 m) utilizando semilla no certificada de la variedad Fedearroz 2000 con una densidad de siembra ajustada según prueba de campo a realizarse durante la fase preexperimental. Se utilizó semilla no certificada considerando el menor costo de adquisición criterio de interés en la relación costo beneficio en la obtención del forraje.

#### 3.3 HIPÓTESIS

La hipótesis se planteó teniendo en cuenta las variables experimentales:

H<sub>0</sub>: El rendimiento productivo y la composición nutricional del FVH de arroz, será igual en la cosecha principal y la obtenida a partir de la soca del cultivo.

H<sub>1</sub>: El rendimiento productivo y la composición nutricional del FVH de arroz, disminuirá a partir de la soca respecto a la cosecha principal.

### 3.4 VARIABLES

Las variables a evaluar a partir de la cosecha principal y la soca en el cultivo de forraje verde hidropónico de arroz, son:

**Altura.** Se registró cada dos días a partir del día 18, registrando el dato, desde la base del tallo hasta el extremo de la hoja más madura y la medida del tallo.

**Biomasa fresca.** Se registró a los 38 días con una altura promedio de 57,3 mm. En la cosecha principal se pesó hoja y tallo del forraje obtenido por bandeja, empleando una balanza digital marca Boeco con dos décimas de precisión. En la soca no fue posible registrar biomasa.

**Biomasa seca.** Posterior a obtener el peso fresco del forraje, este se troceó una muestra de hoja y tallo (50 g por bandeja); se utilizó un microondas marca Samsung para la deshidratación por intervalos de 5 min. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%MS = \frac{(W1)}{W2} * 100$$

Dónde: W1: Peso (g) de la muestra deshidratada; W2: Peso (g) de la muestra húmeda

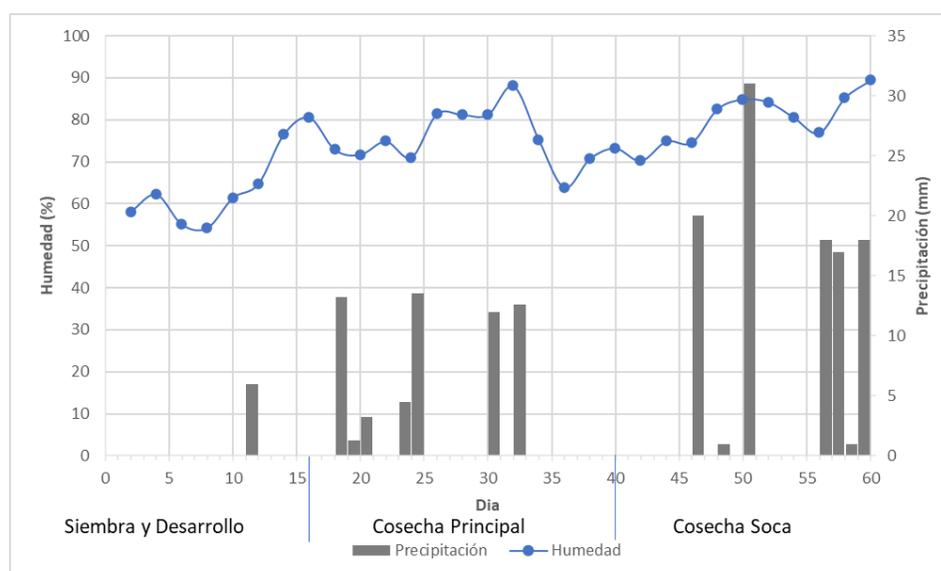
**Relación hoja/Tallo:** Se dividió la longitud de la hoja principal en la altura del tallo.

**Composición nutricional.** Se tomó una sub muestra de hojas y de tallos de cada una de las cinco bandejas, mezclando y homogenizando una única muestra. A partir de la muestra homogenizada se envió un total de 100 g de hojas y 100 g tallos al laboratorio de AGROSAVIA (Anexo 3-4) para el respectivo análisis. Se obtuvo el valor de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, materia mineral, calcio, fosforo, magnesio, fibra detergente neutra, fibra

detergente acida, lignina, hemicelulosa, carbohidratos no estructurales, energía bruta, energía metabolizable a través del método de NIRS.

**Condiciones climáticas del lugar del experimento.** Durante el transcurso del experimento se registró humedad (%) y temperatura (°C), mediante un termohigrómetro digital HTC-2 en tres horarios del día (6:00, 12:00, 18:00). Asimismo, se empleó un pluviómetro WalMur para la recolección y medición de precipitaciones atmosféricas.

La figura 2 y 3 indican las condiciones climáticas durante el experimento. En relación con la figura 2 se puede evidenciar que, en los periodos sin registro de precipitación, la humedad relativa tiene un comportamiento constante, caso contrario, sucedió con la presencia de lluvias y la tendencia al incremento de la humedad relativa.

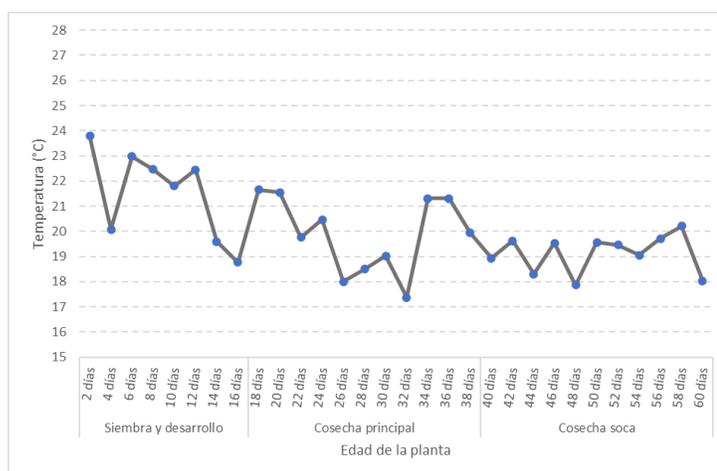


**Figura 2** Comportamiento de humedad y precipitación del FVH O. sativa durante la cosecha principal y la soca del cultivo.

Durante los primeros diez días del periodo de siembra y desarrollo del FVH la humedad estuvo cerca al 60%, posteriormente (11 a 19 días) se incrementó alcanzando cifras del 80%,

evidenciando la precipitación constante en un rango de 10 a 15 mm. También se puede evidenciar que durante el periodo de estudio la humedad se registró entre 60 y 90% y las precipitaciones estuvieron entre 5 y 15 mm alcanzando niveles máximos de 30 mm.

Haciendo un análisis de las figuras 2 y 3 se puede deducir que durante el experimento se observó una relación o tendencia inversamente proporcional entre la temperatura y la humedad relativa, indicándose que a menor temperatura mayor fue el nivel de humedad. Como se puede evidenciar en los días 32 y 60 cuando la temperatura fue más baja se alcanzó el valor máximo la humedad. En general, durante el experimento la tendencia en la temperatura fue a disminuir pasando de 24°C hasta 17 a 18°C.



**Figura 3** Comportamiento de la temperatura durante la cosecha principal y la soca de FVH de arroz (*O. sativa*).

### 3.5 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.5.1 Fase pre experimental.

Esta fase incluye la adecuación del área de trabajo, la adecuación de una estructura según dimensiones de las bandejas y la ejecución de la prueba de campo para determinar densidad de siembra. A continuación, se describirá cada una de estas actividades:

**Adecuación del área de trabajo.** El proyecto se llevó a cabo en la finca la Fortuna San Miguel de la vereda de la Garza municipio de Gramalote, Norte de Santander; con coordenadas de Latitud 7°91'42"N y Longitud de 72°82'64" W, finca en la cual se desarrollan diferentes actividades principalmente en el sector pecuario en vacas lecheras, cerdos de engorde etc. El lugar cuenta con un convenio aprobado con la Universidad Francisco de Paula Santander para el desarrollo de práctica profesional y trabajos de grado (anexo 2), además de la aprobación de protocolos de bioseguridad (anexo 1).

En el lugar se dispone de un área de 2,5 m de largo y 2,0 m ancho con una altura aproximada de 0,94 m. Esta área se acondicionó con una cubierta en plástico de uso en invernadero y dentro de esta área se ubicarán las bandejas.

**Fabricación de la estructura.** La figura 4 presenta los materiales estructurales que se emplearon para el desarrollo del proyecto de FVH de *O. sativa*, empelando una estructura usada para el secado de café comúnmente denominada marquesina fabricada en tubo PVC (policloruro de vinilo), madera y plástico de uso invernadero, por otro lado, las bandejas (0.58 m x 0.30 m) que se emplean se adquirieron en una empresa comercial dedicada al manejo técnico de cultivos hidropónicos. Se adaptó una sección con polisombra para dar cumplimiento a la fase de oscuridad.



**Figura 4** Implementos para el desarrollo del cultivo.

**Prueba de campo.** La Figura 5 presenta las etapas en las que se lleva a cabo la prueba de campo iniciando con una densidad de siembra 3 Kg de semilla y se procede con la etapa de desinfección de la semilla sumergida durante dos minutos en solución de hipoclorito de sodio al 5,25 % (1200 ml de cloro comercial en 5 litros de agua) seguido se enjuagó con abundante agua para eliminar residuos del hipoclorito de sodio.

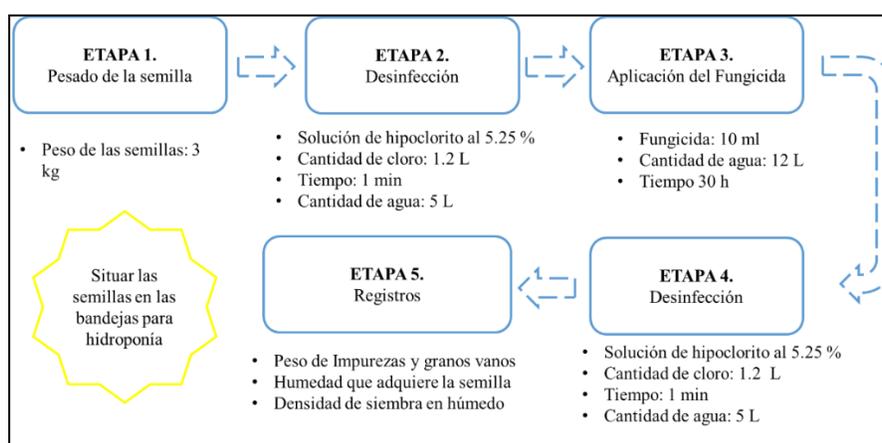
Se continúa sumergiendo en agua el grano para retirar las impurezas y granos vanos (se utilizará 12 Litros de agua/3.000 g de semilla) se agrega adicionalmente 10 cm<sup>3</sup> de fungicida Azoxystrobin. Las impurezas y los granos vanos fueron pesados una vez se retiraron del recipiente y se pesaron 12 horas después de secado bajo sombra. Este último dato, permitió estimar en peso seco, la pérdida de semilla por concepto de impurezas y granos vanos.

Una vez se conoce el peso seco de impurezas y vanos, se estimó el porcentaje de semilla considerada como viable para la siembra (2,908 g).

Terminadas las treinta horas se realizó una nueva desinfección de la semilla clasificada como viable para siembra, se deja escurrir usando un colador de uso doméstico registrando el peso húmedo.

Basados en el peso seco de la semilla (3000 g) y peso húmedo después de sumergir en agua durante 30 horas (3900 g), se estimó el contenido de humedad que adquiere la semilla durante el proceso de desinfección y el de sumergir en agua durante las 30 horas (30%).

Posterior a dejar escurrir la semilla se colocó sobre la bandeja a utilizar en el experimento. La densidad de siembra se determinó mediante una prueba piloto, en donde se usó 1kg de semilla siendo sometida a las etapas antes mencionada. Se extendieron por la bandeja y a través del método de observación se determinó la cantidad adecuada en 700 gramos por bandeja.



**Figura 5** Etapas para la prueba de campo.

**3.5.2 Fase experimental.** La siembra y cosecha del FVH de arroz se desarrolló en 60 días divididos en 38 días para la cosecha principal y 22 días para la soca.

Cada dos días postsiembra se registró la altura en milímetros. Al obtener la cosecha principal se registró la biomasa de la hoja y el tallo en fresco y en materia seca. En la primera cosecha a partir de la soca se obtiene la biomasa de la hoja y el tallo y se realizó seguimiento al primer rebrote. La composición nutricional se realizó según lo descrito en el ítem.

**Producción del FVH.** La Figura 6 detalla el procedimiento para la producción del FVH realizado según lo reportado por (Valdivia, 1997; Carballo, 2000; Chang, et al; 2002; Carballido, 2005 y Elizondo, 2005 citados por Vargas, 2008). Donde, los pasos 4 y 5 comprenden la aplicación del riego y fertilizante, respecto a este último se usó NITRAX (5g /10L agua) compuesto por nitrógeno (28%), fósforo (4%) y azufre (6%); aplicando tres litros por riego para las 5 bandejas durante un periodo de 7 días, cabe resaltar que, durante los días de aplicación de fertilización, la aplicación del producto disuelto en agua remplazo el riego.

Adicionalmente ante la presencia del hongo para su control se aplicó 2 cc/L de agua de Azoxystrobin los días 11, 13 y 16; finalmente el día 18 post siembra el tapete radicular se sumergió en agua con hipoclorito de sodio al 1% (1200 ml producto comercial al 5,25% en 5L de agua) durante 2 minutos; y día por medio se realizó el riego con cal disuelta en agua (50g/L de agua).



**Figura 6** Pasos para la producción de FVH.

### **3.6 ANÁLISIS DE DATOS.**

El experimento se ejecutó bajo condiciones de una única muestra con cinco repeticiones (cinco bandejas). Se registró altura de la planta (altura del tallo y longitud de la hoja principal) y cantidad de hojas cada dos días; la biomasa de la cosecha principal se registró a los 38 días. Se registró la temperatura y humedad ambiental diaria. Se calculó la relación tallo/hoja. Se determinó la correlación entre las variables edad de la planta, altura total y altura del tallo, longitud de la hoja principal, cantidad de hojas. A partir de estas variables se realizó un análisis con modelos lineales generalizados planteando un modelo de regresión lineal. Las variables de biomasa fresca y seca; la relación tallo/hoja; y la referente a composición nutricional se analizaron de manera descriptiva. Se utilizó el software R versión 4.0.2 y el software InfoStat versión libre.

## **4. RESULTADOS**

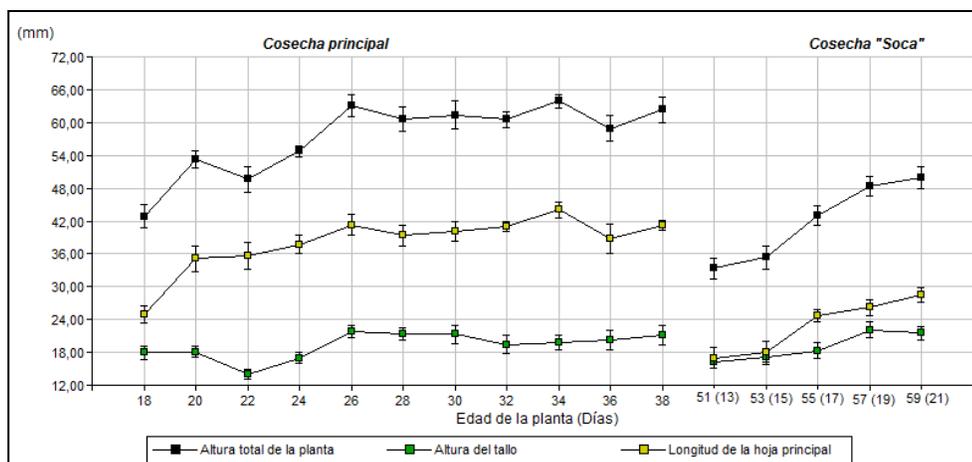
En la presente investigación, el experimento se consideró viable hasta la primera cosecha (principal), actividad desarrollada al día 38 post siembra en las bandejas. El cultivo de FVH de arroz (*Oryza sativa*) evidenció a partir del día 11 post siembra presencia de hongo en el tapete radicular, el cual se controló, más no se logró eliminar. El seguimiento a la fase de rebrote se delimitó entre el día 39 post siembra (Día 1 en fase de rebrote) hasta el día 60 (Día 21 en fase de rebrote). Esta etapa se consideró no viable bajo las condiciones climáticas del experimento (temperatura 20,3 °C, humedad 74,17 %, precipitación atmosférica 11,48 L/m<sup>2</sup>). A continuación, se describen las variables referentes a las condiciones climáticas, los resultados obtenidos hasta la primera cosecha y los datos registrados durante el seguimiento de la soca.

### **4.1 ALTURA DE LAS PLANTAS DURANTE LA COSECHA PRINCIPAL Y LA SOCA**

En la figura 7 se observa la altura total de la planta, altura del tallo y longitud de la hoja principal para la cosecha principal y la soca. Hasta el día 26 se obtuvo un comportamiento accedente en estas variables, asumiéndolo como el día propicio para el corte, debido a que posteriormente no se muestra crecimiento representativo. Hasta el día 28 de edad del FVH, las plántulas presentaron una a dos hojas; en los días siguientes algunas plántulas tenían hasta tres hojas.

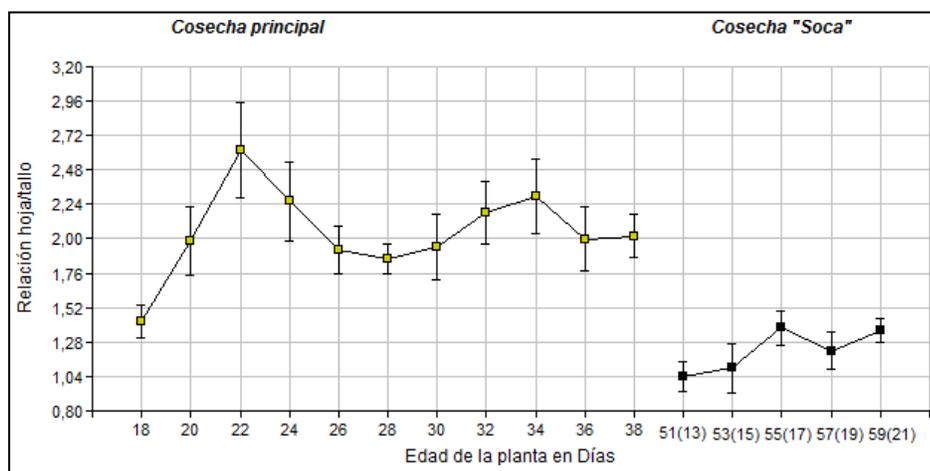
Referente a la soca, visualmente rebrotó aproximadamente el 15% del área de del tapete radicular, esto de manera dispersa por la bandeja. La tendencia fue al marchitamiento y muerte de las plantas.

A partir del seguimiento de la soca, se identificó que a partir del día 15 hasta el día 21 se presenta un leve crecimiento de las plantas de 33,33 a 50,00 mm de altura total. En general, la altura alcanzada por las plantas durante la soca fue menor respecto a la altura alcanzada durante la cosecha principal (Figura 7).



**Figura 7** Altura del tallo (mm) discriminada según edad de la planta (días) y la condición de planta pequeña, mediana y grande.

En el rango de 18 a 22 días de edad del FVH, la longitud de la hoja (Se divide la longitud de la hoja en la altura del tallo) se evidencia aproximadamente de 1,5 a 2,5 veces la altura del tallo de la planta, posteriormente esta relación disminuye a casi 2,0 veces la altura del tallo, esto debido a que el tallo creció más respecto al periodo del día 18 a 22 de vida. En los siguientes días (hasta el día 38) la variación fue mínima, esto se explica por la tendencia al bajo crecimiento después del día 26 de vida. En la soca la relación fue menor oscilando entre 1 y menos de 1,5 veces, es decir, la altura del tallo fue casi proporcional a la longitud de la hoja (Figura 7 y 8).



**Figura 8** Relación de la longitud de la hoja y la altura del tallo del FVH de *O. sativa*.

De manera coherente se identificó correlación media positiva (0,61) entre altura del tallo y longitud de la hoja determinándose que a mayor altura del tallo mayor longitud de la hoja; asimismo, a mayor edad en días de las plantas mayor cantidad de hojas. La longitud de la hoja mantiene correlación baja con el número de hojas, estableciéndose que la tendencia es a mayor cantidad de hojas mayor será la longitud de la hoja principal, esto se explica en función del tiempo, ya que a mayor cantidad de días mayor cantidad hojas y mayor desarrollo de las hojas (Tabla 4).

**Tabla 4** Matriz de correlaciones entre variables.

	Altura del tallo (mm)	Longitud hoja principal (mm)	Cantidad de hojas (#)	Edad (Días)
Altura del tallo	1	0,61	0,08	0,18
Longitud hoja p.	--	1	0,28	0,21
Cantidad hojas	--	--	1	0,71
Edad	--	--	--	1

A partir de las variables existentes (posibles predictores registrados) se logró ajustar un modelo de predicción para la variable Y = Longitud de la hoja en mm. El modelo se construyó agregando posibles predictores. Se consideró la significancia del coeficiente beta (p-valor) y se

tomó el criterio AIC para definir el mejor modelo; se consideró el cumplimiento de linealidad explorando la inclusión de variables cuadráticas (Tabla 5).

**Tabla 5** Identificación y selección de un modelo lineal para explicar la variable respuesta Longitud de la hoja (mm) a partir de los posibles predictores.

Variable	Linealidad (RESET de Ramsey)	R <sup>2</sup> (%)	AIC	P-valor
Condición 2				1,87*10 <sup>-11</sup>
Condición 3	N/A	75,61	1180,46	2,00*10 <sup>-16</sup>
Edad (días)	0,1199	3,88	1405,78	0,0064
Altura del tallo (mm)	0,0914	36,90	1336,35	2,00*10 <sup>-16</sup>
Hojas (#)	0,0024	7,74	1399,02	0,00017
Hojas (#) ^2	N/A	5,10	1403,68	0,0020
Temp. Ambiente (°C)	--	--	--	0,1454
Humedad (%)	--	--	--	0,157
Precipitación (SI – NO)	--	--	--	0,115
Modelo ajustado	0,2405	42,21	1322,85	2,00*10 <sup>-16</sup> 9,68*10 <sup>-05</sup>

El modelo definitivo ajusto con un R<sup>2</sup> del 42,21%; considerando un ajuste medio para explicar el modelo. La ecuación de predicción es la siguiente:

Y: Longitud de la hoja (mm) = 1,4199 (Altura del tallo en mm) + 6,9211 (Cantidad de hojas #)

El modelo cumplió con los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas y los datos no presentaron auto correlación (Tabla 6). No se identificaron datos atípicos en influyentes.

**Tabla 6** Validación de supuestos para modelo ajustado.

Normalidad (Kolmogorov Smirnov)	Homogeneidad de varianzas (Breusch Pagan)	Auto correlación (Durbin-Watson)
0,1392	0,161	0,7215

#### 4.2 BIOMASA Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL FVH DE *O. sativa* DURANTE LA COSECHA PRINCIPAL Y LA SOCA

La tabla 7 presenta los valores de forraje verde fresco y materia seca obtenidos en el cultivo de FVH de *O. sativa* con un promedio por bandeja de 199,6 g distribuidos en 117 g para la hoja y 82,4 g para el tallo, equivalentes a un estimado de 1147 g/m<sup>2</sup>, de los cuales el 58,71% (673,56 g) corresponde a hojas y 473,56 g al tallo (41,29%). Se registró un 18,40% y 22,00% de materia seca para tallo y hoja respectivamente. En general, los datos presentaron un coeficiente de variación cercano al rango del 20% indicando poca variabilidad y dispersión. Respecto a los datos correspondientes a la soca no se produjo forraje representativo para el registro de biomasa.

**Tabla 7** Biomasa promedio de las plantas de FVH *O. sativa* durante la cosecha principal.

Ítem	Total	Hoja	Tallo
Fresco (g/bandeja)	199,60±6,37[7,14%]	117,20±8,68[16,56%]	82,40±8,93[24,23%]
Fresco (g/m <sup>2</sup> )	1147,12	673,56	473,56
MS (%)	20,20	22,00 ± 0,89[9,09 %]	18,40 ± 0,98[11,91 %]

La tabla 8 indica la composición bromatológica del FVH de *O. sativa*. El nivel de proteína fue mayor en las hojas respecto al tallo. El mayor nivel de FDN se presentó en el tallo, resultado coherente con el mayor contenido de hemicelulosa y lignina. El restante de parámetros evaluados fue similar entre la muestra de hojas y tallos.

**Tabla 8** Composición bromatológica del FVH *O. sativa*.

<b>Parámetro evaluado</b>	<b>Hoja (58,71%)</b>	<b>Tallo (41,29%)</b>	<b>Promedio</b>
Humedad (%)	79,94	79,62	79,81
Materia seca total (%)	20,06	20,38	20,19
Proteína cruda (%)	23,89	21,12	22,74
Extracto etéreo (%)	2,82	2,63	2,76
Materia mineral (%)	12,13	10,36	11,39
Calcio	0,34	0,39	0,36
Fosforo	0,48	0,32	0,41
Magnesio	0,28	0,23	0,25
FDN %	49,58	54,21	51,49
FDA %	24,36	25,12	24,67
Lignina %	5,16	5,96	5,49
Hemicelulosa %	25,22	29,09	26,81
Carbohidratos no estructurales	10,23	9,69	10,00
Energía bruta (Kcal/ kg)	4,170	4,210	4,186
Energía metabolizable (Kcal/kg)	2,410	2,310	2,368

## 5. DISCUSIÓN

Durante el experimento se presentó hongo en el tapete radicular el cual se controló, sin embargo, más no se logró eliminar; esto a pesar de haber agregado 10 cc de Azoxystrobin/12L de agua durante el período de inmersión y haber desinfectado la semilla durante dos minutos en agua con hipoclorito de sodio al 1%. Al respecto algunos autores lograron prevenir la presencia de hongos; Maldonado et al., (2013) desinfectó la semilla con hipoclorito de sodio al 6% sumergiéndola durante 3 minutos y Burgos et al., (2018) implementó cal (50g/8 L agua) al día 7 en el riego.

El desarrollo del hongo evidenciado en la presente investigación puede obedecer al elevado nivel de humedad ambiental y presencia de lluvias en la zona durante el experimento. Maldonado et al., (2013) reportaron 18°C y 54,4% de humedad frente a las condiciones de la presente investigación con 74,17% de humedad y un constante incremento en la precipitación, alcanzando los 30 mm de lluvia. Otro aspecto para considerar fue la densidad de siembra, la cual una vez se inició y desarrolló el experimento, se consideró alta. Al respecto el ICA, (2007) sugiere evitar altas densidades de siembra como control biológico, ya que los hongos se diseminan fácilmente por el viento, las herramientas y salpicadura del agua de lluvia.

En el actual proyecto se presentó un promedio de 5,7 cm de altura de la planta y una biomasa de 1147,12 g/m<sup>2</sup>, rendimiento bastante bajo respecto a otros reportes. Estos resultados se presentaron posiblemente debido a las condiciones climáticas (templado a frío, bajas radiación solar y temperatura ambiental), el uso de un fertilizante no balanceado en macro y micronutrientes y la presencia del hongo en el tapete radicular.

Vargas, (2018) reporta un valor de biomasa de 1993 g/m<sup>2</sup>, por otro lado, Osorno (2012) detalla valores alrededor de los 27200 g/m<sup>2</sup> datos tomados con base al tapete completo de FVH (tapete radicular, tallo y hojas), en comparación con la presente investigación en donde el valor es medido únicamente del tallo y las hojas.

Como lo indica Vargas, (2018) otro elemento que se puede atribuir al bajo rendimiento del FVH de *O. sativa* son las condiciones climáticas y atmosféricas que oscilaban alrededor de 19 a 20°C, a diferencia de la investigación que participa Osorno, (2012) en donde su temperatura promedio fue 27°C. En general, en climas con bajas temperaturas se reduce la habilidad para germinar y se produce crecimiento anormal o daños en las distintas partes de la planta (Sthapit et al., 1996 citado por Castillo et al., 2002); sin embargo, otras investigaciones indican obtener mejores resultados en condiciones similares a la presente investigación. Por otra parte, Camargo., et al (2014) reporta que el cultivo de arroz inicia su macollamiento a los 45 días después de la siembra y alcanza su máxima expresión entre los 50 y 60 días factor el cual influyó probablemente en el rendimiento de biomasa debido a la realización del corte del cultivo a los 38 días de edad donde el FVH de *O. sativa* no alcanzo su etapa de macollamiento. Adicionalmente es importante recalcar que para obtener buenos rendimientos en la soca se deben considerar parámetros como el cuidado del cultivo antes de la misma, además de presentar una excelente calidad sanitaria de la raíz del cultivo Morejón et al., (2004).

La variable altura se comparó con algunos autores como Vargas, (2008) quien registró condiciones climáticas de 19,5 °C y rendimientos de 25 cm a los 20 días de cosecha. Por otra parte, Espinosa, (2019) realizó su investigación en clima cálido y reportó una altura de 13,28 cm en 12 días. Asumiendo un crecimiento lineal, las plántulas de Vargas, (2008) a los 12 días presentaría una altura de 15,00 cm, dato superior al reporte de Espinosa, (2019) en clima cálido;

esta situación restringe la posibilidad de asociar la baja altura y biomasa alcanzada por las plántulas con las condiciones climáticas de la presente investigación.

Metodológicamente se encuentra diferencia en la aplicación de solución nutritiva concentrada en elementos mayores y menores (Camargo et al., 2014) y la fertilización de la presente investigación con una composición de solo nitrógeno, fósforo y azufre, situación ante la cual se puede deducir que el cultivo posiblemente sufrió deficiencia nutricional en relación con los demás elementos (Catilla et al., 2019). Según lo expuesto por Valero, (2019) el potasio es un elemento esencial en la nutrición de la planta su deficiencia puede generar quemadura en los bordes y tallos débiles para lo cual el fertilizante usado no contaba con tal elemento a lo que puede atribuirse ser unos de los factores ante el bajo desarrollo del cultivo y la no viabilidad de la soca.

Otro posible factor incidente en el menor desarrollo de las plantas obedece a los efectos secundarios del uso de hipoclorito de sodio para controlar el hongo; al respecto, se encontró que el hipoclorito de sodio genera anomalías celulares cromosómicas e inhibe la división celular (Causil et al., 2017), lo que podría limitar la correcta absorción de nutrientes.

Como se observa en la Tabla 9 el FVH de *O. sativa* presenta un porcentaje de materia seca del 20,19 % resultados que concuerdan con lo mencionado por (Rodríguez 2000 citado por Osorno et al., 2012) quien menciona que de acuerdo con cada especie usada en hidroponía se obtienen porcentajes entre el 12 % y 30 % MS.

Autores como (Müller et al., 2005 como citó Trevizan, 2020) mencionan que puede haber reducciones nutricionales a medida que avanza la madurez del cultivo. Al respecto, los resultados respecto a la proteína (22,74 %) evidencian valores relativamente altos en comparación con otros hidropónicos de *O. sativa*, encontrando diferencias promedio de un 13% respecto a (Osorno et

al., 2012) y (Espinosa, 2019); esto a pesar de haber cortado el FVH de *O. sativa* a los 38 días respecto a los 12 y 12 días reportados por los dos autores indicados (Tabla 9).

Los registros reportados por (Cerrillo, 2012) del *Triticum aestivum* con relación al extracto etéreo (2,6%) son similares a los resultados obtenidos en la presente investigación (2,7%), sin embargo, la *Avena sativa L* presentó 6,6%; esto probablemente a que esta forrajera presenta mayor contenido de grasa vegetal (Coral, 2014). El porcentaje de materia mineral fue del ligeramente mayor que los datos reportados por Vargas, (2008) y Osorno et al., (2012) (Tabla 9).

**Tabla 9** Comparación del manejo y desarrollo de Forrajes Hidropónicos.

Autor	Cultivo	Días de cosecha	Biomasa Fresco (g/m <sup>2</sup> )	Altura (cm)	Condiciones climatológicas			Composición nutricional			
					T (°C)	H (%)	P (mm)	MS %	PB %	EE %	Mm %
Autor	<i>O. sativa</i>	38	1147,12	5,7	20,3	74,17	1148	20,19	22,74	2,7	11,39
Espinosa, (2019)	<i>O. sativa</i>	12		13,28	27,0	80	2630		9,93		
Osorno et al., (2012)	<i>O. sativa</i>	12	27200		27,8	73,2	1132	16,48	9,76		9,31
Vargas, (2008)	<i>O. sativa</i>	20	1993	25,00	19,5		2050	15,82	7,92		9,17
Cerrillo, (2012)	<i>Triticum aestivum</i>	12	12000		17,5		450		17,8	2,6	
	<i>Avena sativa L</i>	12	12000		17,5		450		13,0	6,6	

En la Tabla 8 y 10 se evidencia una comparación de la composición nutricional entre cultivos convencionales y el FVH de *O. sativa*. Existe variabilidad tanto para hoja y tallo entre en los valores de materia seca de cultivos hidropónicos y convencionales. En la proteína bruta el maíz presenta el porcentaje más bajo en las dos partes de la planta, sin embargo, la avena reporta

niveles más altos, pero no superiores a los obtenidos en la presente investigación. La materia mineral del FVH de *O. sativa* y avena presenta valores similares, respecto al maíz, el FVH presenta mayor contenido mineral en tallo y menor contenido en las hojas.

**Tabla 10** Composición nutricional entre tallo y hoja en diferentes forrajes.

Autor	Forrajera	Parte de la planta	MS %	PB %	MM %
Mieres (2004) adapt. de NRC 1988	Maíz (Siembra convencional)	Hoja	95,41	8,48	14,56
		tallo	92,04	2,7	5,36
Autor	Avena (Siembra convencional)	Hoja	91,31	18,34	12,18
		Tallo	90,49	14,10	11,89
	FVH de <i>O. sativa</i>	Hoja	20,0	23,8	12,13
		tallo	20,3	21,1	10,36

En la Tabla 11 se presenta una comparación entre diferentes forrajes presentes en el departamento de Antioquia, parámetros suministrados por el laboratorio de AGROSAVIA. En los pastos se encuentra la *Brachiaria decumbens* variedad de clima cálido que se adapta a suelos deficientes Ramírez *et al.*, (2017) y el Kikuyo variedad que corresponde a clima frío, usado en la ganadería especializada por su alto contenido proteico Correa *et al.*, (2008). El valor de proteína para estas dos gramíneas es de 9,95 y 19,46 % respectivamente, cifras inferiores con el 22,74 % reportado en la presente investigación, esto posiblemente al corto tiempo en que se cosechan los hidropónicos respecto a los cultivos convencionales y a la aplicación del fertilizante rico en nitrógeno usado en el desarrollo del cultivo del FVH de *O. sativa*. Adicionalmente, si evaluamos el parámetro de la proteína, la presente investigación detalla valores similares a los obtenidos por las principales leguminosas, plantas sobresalientes por su alto nivel proteico Torres *et al.*, (2015)

Los valores más bajos respecto al extracto etéreo los presentan las leguminosas, respecto a los pastos se observa baja diferencia. La *Brachiaria decumbens* reporta los valores más bajos en

relación a la materia mineral, los demás forrajes presentan valores similares aun perteneciendo a clasificaciones taxonómicas diferentes (Tabla 11).

Los carbohidratos no estructurales varían su porcentaje de acuerdo a las condiciones climáticas Rodríguez (2017). Relacionando el tema de CNE, el *Arachis pintoï* presenta valores superiores a los demás forrajes con un 10,50%, contrariamente al *Cenchrus clandestinius* que presenta los valores más bajos 7,66%. Teniendo en cuenta este análisis el FVH de *O. sativa* presenta buenos valores en cuanto a esta característica (Tabla 11).

El FVH de *O. sativa* presentó una composición energética similar a los pastos y leguminosas presentados en la tabla 11, sin embargo, la *Brachiaria decumbens* con 4.060 (Kcal/kg) se sitúa en ser el forraje con menor valor energético de la comparación y el FVH de *O. sativa* el de mayor nivel con 4.186 (Kcal/kg).

**Tabla 11** Composición nutricional del FVH de *O. sativa* y forrajes convencionales.

Pastos y leguminosas	MS %	PB %	EE %	MM %	CNE %	EB (Kcal/kg)
<i>Brachiaria decumbens</i>	23,83	9,95	2,12	9,51	8,50	4.060
Kikuyo ( <i>cenchrus clandestinius</i> )	17,34	19,46	1,90	10,65	7,66	4.140
Maní forrajero ( <i>Arachis pintoï</i> )	19,28	21,84	1,57	10,61	10,50	4.110
Trébol blanco ( <i>Trifolium repens</i> )	17,59	21,85	1,75	11,91	9,98	4.120
FVH arroz ( <i>O. sativa</i> )	20,19	22,74	2,76	11,39	10,00	4.186

Fuente: AGROSAVIA 2021

Los requerimientos nutricionales de los rumiantes se relacionan en la Tabla 12. A continuación se presenta un comparativo de la composición nutricional del FVH de *O. sativa* con dichos requerimientos con el propósito de plantear el FVH parte de la dieta. Con relación a la materia seca un cultivo hidrópico tiene un bajo porcentaje en comparación con los cultivos convencionales, pero es complementado con un alto contenido proteico, como se puede observar

según Mieres, (2004 adapt. de NRC 1988) y Purina un bovino y una cabra lechera requieren entre 14% y 18% de proteína, valor que se cumple a diferencia del ovino donde sería necesario integrar otro alimento para suplir el requerimiento proteico.

Para el extracto etéreo se obtuvo un valor de 2,7% por debajo del requerimiento en vaca lechera, sin embargo, se cumple con el porcentaje necesario en cabra lechera de 2,5%. La materia mineral reportada de 11,39% es superior a los requerimientos de los rumiantes (vaca 9,32%, novillos 5,54%, ovino 5, 22%) en consecuencia, es necesario considerar esta composición durante el balanceo de una dieta, ya que se puede provocar un desequilibrio y alterar diferentes funciones en el animal Ceballos (2019) (Tabla 12).

Desglosando la materia mineral se presentan los registros de Ca 0,36%, P 0,41% y Mg 0,25% de los cuales el FVH de *O. sativa* cumple con el valor respecto al fosforo y magnesio, minerales necesarios en vacas lecheras, un requerimiento indispensable para producción y mantenimiento del animal Ceballos (2019), respecto a la cabra lechera los porcentajes en estos minerales son muy bajos lo cual hace necesario integrar otro alimento para suplir su insuficiencia (Tabla 12).

El porcentaje de FDN en los forrajes del trópico según Francesa, (2017) por el clima, temperatura, luz y humedad son elevados, sin embargo, el resultado de FDN en 51,49% y FDA en 24,67% obtenido en la presente investigación es un nivel manejable ya que los rumiantes tienen la capacidad de digerirlo Barahona *et al.*, (2005). El elevado nivel de FDN y FDA se relacionan a la edad de corte (38 días), aumentándose la lignina para darle rigidez y sostén a la planta Di Marco (2011). Al respecto se debe tener en cuenta que un corte o cosecha a los 38 días es superior al tiempo de cosecha común en hidropónicos (Tabla 9).

Los valores energéticos requeridos se están presentando en energía metabolizable, es decir, aquella a la cual se le resta la energía contenida en los compuestos orgánicos digeridos por el animal, las heces, los gases (particularmente el metano) y la orina Mieres (2004). El FVH de *O. sativa* reportó un valor de 2,368 Kcal/kg, es decir, no satisface los requerimientos energéticos de los rumiantes, por lo tanto, es necesario suplementar con otros productos (Tabla 12). Este dato es común en forrajes hidropónicos, siendo estos ricos en proteína y bajos en fibra y energía.

Según datos expuestos por Solla® y Mieres (2004) el extracto etéreo necesario para una vaca oscila entre el 3,40 % y 4 % rangos superiores a los registrados en el FVH de arroz quien cuenta con 2,76 % es decir al emplearse este producto es necesario realizar un balance con otra fuente de grasa para suplir los requerimientos del animal. La materia mineral registrada en el FVH de *O. Sativa* presenta valores superiores a los requeridos por estas entidades por lo que se hace necesario un balance respecto a esta composición (Tabla 12).

**Tabla 12** Requerimiento nutricional de rumiantes comparado con la composición del FVH de *O. sativa*.

Especie animal	Requerimiento nutricional de rumiantes									
	MS %	PB %	EE %	MM %	Ca %	P %	Mg %	FDN %	FDA %	Energía M (Kcal/kg)
Vaca lechera1	89,27	18,76	3,40	9,32	0,64	0,41	0,25	27,63	12,03	2,880
Novillos1	85,23	14,09	--	5,54	0,5	0,35	--	14,16	7,42	2,920
Ovino de engorde1	85,91	23,11	--	5,22	0,49	0,26	--	31,71	10,28	2,920
Cabras 2	88,00	16	2,50	--	0,80	0,60	--	--	--	--
Vaca lechera3	87,00	18,00	4,00	10,00	--	--	--	--	--	--
Composición nutricional										
FVH arroz	20,19	22,74	2,7	11,39	0,36	0,41	0,25	51,49	24,67	2,368

Fuente: Mieres (2004) adapt. de NRC 1988<sup>1</sup> Purina concentrado comercial (2021)<sup>2</sup> Solla concentrado comercial (2021)<sup>3</sup>

Posteriormente Gioffredo *et al.*, (2010) afirman que una cabra lechera requiere el 4 % de su peso corporal en forraje, por lo cual, el FVH *O. sativa* es una alternativa para la alimentación en cabras ya que son animales de bajo tamaño y por lo tanto requieren menor cantidad de alimento respecto a otros rumiantes como las vacas lecheras que requieren entre 2.5 y 4.5% de su peso corporal NRC (2001), para lo cual la cantidad de biomasa y calidad nutricional producida en la investigación tendría la capacidad de suplir esta necesidad.

## 6. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones ambientales del presente experimento el rendimiento de biomasa y la altura del FVH de *O. sativa* en la cosecha principal fueron valores bajos respecto a los datos reportados por otras investigaciones. La soca se consideró no viable ya que esta se presentó dispersa en algunos puntos o zonas limitadas del tape radicular, además se evidenció marchitamiento y muerte del forraje, esto posiblemente por el desbalance del fertilizante y los efectos secundarios del uso de cloruro de sodio como alternativa para controlar dicho hongo.

El análisis de la composición nutricional del FVH de *O. sativa* en la cosecha principal evidencia parámetros óptimos y similares respecto a otros cultivos hidropónicos, algunas gramíneas y leguminosas cosechadas convencionalmente, aspecto que permite plantear este forraje como alternativa con potencial para la alimentación de rumiantes.

El hongo en el tapete radicular se presentó a pesar de que se llevaron a cabo las recomendaciones reportadas por la literatura para la desinfección de la semilla de *O. sativa*, esto probablemente por el elevado nivel de humedad ambiental y la constante presencia de lluvias durante el experimento.

## 7. RECOMENDACIONES

Se plantea la necesidad de investigar la capacidad de rebrote del FVH de *O. sativa* bajo otras condiciones climáticas, reduciendo la densidad de siembra en la bandeja, ajustando la frecuencia de riego e implementando un control biológico frente al potencial desarrollo de hongos y abordando el manejo de planes de fertilización.

Se recomienda evaluar el suministro de FVH de *O. sativa* en la dieta de rumiantes evaluando parámetros productivos en el animal

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M., Castrillo, W & Belmonte, U. (2006). Trabajo especial origen, evolución y diversidad del arroz. *SCIELO*, 56 (2).
- AGROSAVIA. (2021). Composición química y valor nutricional. Recuperado de <https://alimentro.agrosavia.co/Estadisticas/ReporteAnalisis>
- Altier, N. (2010). Enfermedades de pasturas. *INIA Las Brujas*, 19 – 35
- Amador, J & Bernal, I. (2012). Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua.
- Barahona, R & Sanchez, S. (2005). Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*.6 (1) 69 -82.
- Beltrano, J & Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía*. Buenos Aires, Argentina: universidad Nacional de la Plata.
- Bernardi, L. (2017). Perfil del mercado de arroz (*Oryza sativa*). Recuperado de <http://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Perfil%20de%20Mercado%20de%20Arroz%202017.pdf>
- Burgos, G., Contreras, C., INIA Intihuasi. (2018). Establecimiento de avena bajo el sistema de forraje verde hidropónico (FVH).

- Candía, L. (2014). Evaluación de la Calidad Nutritiva de Forraje Verde de Cebada *Hordeum vulgare* Hidropónico, fertilizado con soluciones de guano de Cuy *Cavia porcellus* a dos concentraciones. *Rev. Salud y tecnología veterinaria*. (2), 55-62.
- Camargo, I., Quirós, E & Zachrisson. B. (2014). Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (idiap).
- Carrizo, O & Makishima, N. (2000). Principios de hidroponía. *Embrapa- circular técnica 22 1 - 9*.
- Castilla, L & Tirado, Y. (2019). Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de arroz. Fondo Nacional del Arroz FEDEARROZ
- Castillo, D & Alvarado, J. (2002). Caracterización de germoplasma de arroz para tolerancia a frío en la etapa de germinación. *revista Agricultura Técnica, SciELO*. 62 (4).
- Causil, V & Coronado, G., Verbel, M., Vega, J., Donado, E & Pacheco, G. (2017). Efecto citotóxico del hipoclorito de sodio (NaClO), en células apicales de raíces de cebolla (*Allium cepa* L.). *Revista colombiana de ciencias hortícolas*. 11(1), 97 – 104
- Ceballos; A. (2019) Estas son las consecuencias de un desequilibrio mineral en bovinos. III Seminario internacional Competitividad en carne y leche.
- Cerrillo, 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. *Interciencia*, 37 (12), 906 - 913.

Constitución política de Colombia. (1991) Artículos 65, 66, 79 (actualización 2010). Recuperado de <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf/8b580886-d987-4668-a7a8-53f026f0f3a2>.

Coral, V. (2014). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de siete alimentos: yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca, chocho, avena laminada, harina de maíz y harina de trigo integral.

Correa, H., Carrulla, J & Pabón. M. (2008). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal.

Church, D., Pond, W & Pond, K. (2002). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Ciudad de México, México: Limusa, S.A.

DANE., SIPSA & MinAgricultura. (2013). Alimentos completos balanceados en la nutrición de las aves de corral. (7), 1- 10.

De Gracia, M. (2015). Guías para el análisis bromatológico de muestras de forrajes. Facultad Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Panamá.

DE La Roza, B., Martínez, Y. & Argamenteria, A. (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. *Pastos*, XXII (1) 91-104.

Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. *Sitio Argentino de producción animal*. 20(240), 24-30.

- Espinosa, W. (2019). Evaluación de densidades de siembra en maíz, arroz y frijol vigna en la producción de forraje verde hidropónico. *Revista investigaciones agropecuarias* 1(2),15-27.
- Estrada, J. (2002). Pastos y forrajes para el trópico colombiano. Manizales, Colombia: Universidad de Caldas. 469p.
- Francesa, U. (2017). La fibra en forrajes tropicales parte 1: factores que afectan su digestibilidad.
- Franquet, J & Borrás, P. (2004). *Variedades y mejora del arroz (Oryza sativa, L.)*. Cataluña, España: Universidad internacional de Cataluña y asociación de ingenieros agrónomos de Cataluña.
- Friedman, A & Weil, B. (2010). Arroz negocio creciente. Misiones, Paraguay: Agencia del Gobierno de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).
- Federación nacional de arroceros fondo nacional del arroz, división de Investigaciones Económicas. (2017). IV censo nacional arrocero 2016. Bogotá, Colombia
- Fuentes, F., Poblete, C & Huerta, M. (2011). Respuesta productiva de conejos alimentados con forraje verde hidropónico de avena, como reemplazo parcial de concentrado comercial. *Acta Agronómica*, 60 (2), 183-189.
- García, E. (2007). Efecto de dos soluciones nutritivas de origen orgánico (Lombricompost y Bokashi) sobre el rendimiento y calidad del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.* var. *Longifolia Compositae*) en hidroponía. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas Campus Central, Guatemala.

- Glauco, E., De Araujo, J., Bellingieri, P & Dalri. A. (2008). Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *Engenharia Agrícola e Ambiental*. 13 (4), 494 – 498.
- Gilsanz, J. (2007). Hidroponia. Montevideo, Uruguay: Instituto nacional de Investigación Agropecuaria (INIA).
- Gioffredo, J & Petryna. A. (2010). Caprinos: generalidades, nutrición, reproducción e instalaciones. *Sitio Argentino de Producción Animal*.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2007). Enfermedades del maíz y su manejo.
- Instituto nacional tecnológico, INATEC (2016). Manual del protagonista, nutrición animal, unidad 1. Dirección General de Formación Profesional. Nicaragua. Recuperado de [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Nutricion\\_Animal.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Nutricion_Animal.pdf).
- Khush, G. (1997). Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Molecular Biology*, 35: 25 -34.
- Lamnganbi, M & Surve, U (2017). Biomass yield and water productivity of different hydroponic fodder crops. *Pharmacognosy and Phytochemistry*. 6 (5), 1297 – 1300.
- López, R., Murillo, B & Rodriguez. G. (2009). El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (REDALYC.ORG)*.34(2) 121 – 126.

- Mahecha, L., Escobar, J., Suárez, J & Restrepo, L. (2007). *Tithonia diversifolia* (hemsl) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development*. 19 (16).medra
- Maldonado, R., Alvarez, M., Acevedo, D & Rios, E. (2013). Nutrición mineral de forraje verde hidropónico. *Chapingo serie horticultura* 19 (2).
- Medrano, H., Cifre, J., Janer, I., Gulías, J & Jaume, J., (2015). Pastos y Forrajes en el siglo XXI. 54ª Reunión Científica de la S.E.E.P (Palma (Mallorca) del 14 al 17 de abril de 2015).
- Mieres, J (2004). Guía para la alimentación de rumiantes. Montevideo, Uruguay.
- Mora, I. (2007). *Nutrición animal*. San José, Costa Rica: universidad Estatal a Distancia.
- Mena, M. (2015). Pastos y forrajes. Catholic Relief Services (CRS); El Programa de Gestión Rural Empresarial, Sanidad y Ambiente (PROGRESA); Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); United States Department of Agriculture (USDA), Managua, NI. 96 p. (El Programa de Gestión Rural Empresarial, Sanidad y Ambiente).
- Morejón, R., Polón, R & Díaz, S. (2004). La soca, una vía para el incremento del rendimiento y la calidad del grano en el cultivo del arroz (*Oryza sativa*). *Cultivos tropicales INCA*, 25 (4), 61 - 63.
- Morales, H., Gómez, A., Juárez, P., Loya, L & Ley de Coss, A. (2012). Forraje verde hidropónico de maíz amarillo (*Zea mays l.*) con diferente concentración de solución nutritiva. *Abanico veterinario*, 2(3).

- National Research Council (NRC). (2001). Nutrient requirements of dairy cattle. Seventh Revised Edition, 2001.
- Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). (2001- 2002). Manual técnico forraje verde hidropónico. Santiago, Chile. Oficina regional de la FAO para américa latina y el caribe
- Osorno, R & Gonzáles, L. (2012). Producción y calidad de la biomasa de *Zea mays*, *Sorghum bicolor*, *Oryza sativa* en alfombra forrajera hidropónica (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- Ramírez, C & Soto, F. (2017). Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*. 41, (2), 79 – 91.
- Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J & Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 18(6) 1-12.
- Resolución 071 de 2019. Por la cual establece los requisitos fitosanitarios para la importación de granos de arroz pulido (*Oryza sativa*) para consumo originarios de Colombia. 29 Abril 2019.
- Riga, P. (2008). Ventajas de la técnica de poda – rebrote asociada al carácter plurianual de *Capsicum annuum* L. para su producción en cultivo sin suelo. *NEIKER – Tecnalia*, 434-436.
- River, A & Alba, J. (2017). Revisión: NIRS en el análisis de alimentos para la nutrición animal. *INGENIO UFPSO*. 13, 199 - 211.

- Rivera, A., Moronta, M., González, M., González, D., Perdomo, D., García, D & Hernández, G. (2010). Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente. *Zootecnia Trop.* 28, (1), 33 – 41.
- Rodríguez, A, Chang, M & Hoyos, M. (2000). Manual práctico Producción de forraje verde hidropónico. *Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral*. Lima, Perú.
- Rodríguez, G., Hernández, D., Flores, I., Escobedo, H., Quintero, A., Santana, V & Rodríguez, M (2009). Cascarrilla de avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico. *TECNOCENCIA, Chihuahua* 3 (3), 160 – 165.
- Rodríguez, C., Rodríguez, A & Sierra, L. (2011). Efecto de la morera (*Morus alba*) sobre la ganancia de ovinos criollos en Paipa Boyacá. *Rev. Colombiana de Ciencias Pecuarias*.24, (3), 476 – 477.
- Romero, M., Córdova, G & Hernández, E. (2009). Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. *Sitio Argentino de Producción Animal*. 19, (2).
- Santacoloma, L., Granados, J & Aguirre, S. (2017). Evaluación de variables agronómicas, calidad del forraje y contenido de taninos condensados de la leguminosa *Lotus corniculatus* en respuesta a biofertilizante y fertilización química en condiciones agroecológicas de trópico alto andino colombiano. *Entramado*, 13 (1), 222 – 233.
- Silva, A., Lopes, R., Lolato, O., Bagaldo, A., Rocha, L., Teixeira, S., Lima, C & Leao, A. (2014). Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. *Comunicata Scientiae*, 5 (4), 370 – 379.

- Soto, F. (2015). Hidroponía familia en sustrato: hágalo fácil. Sembrando hortalizas, cosechando salud manual práctico. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería Sistema Unificado de Información Institucional.
- Trevizan, J & Challapa. G. Comparación del rendimiento de forraje verde hidropónico con maíz lluteño y maíz comercial, utilizando cuatro calidades de agua. Arica, Chile. *Revista de Agricultura en Zonas Áridas (IDESIA)*, *SciELO* 38(3), 113-122.
- Torre, M. (2010). Estudio del efecto del forraje verde hidropónico en la alimentación de caprinos (tesis de especialización). Centro de especialización en química aplicada, Saltillo, México.
- Torres, A., Rubio, J., Millán, T. Eraso, E & Solís, I. (2015). El papel de las leguminosas en la PAC: realidad y perspectivas.
- Valero, J. (2019). Dinámica de absorción de los macronutrientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa L*) bajo condiciones de riego.
- Valiente, O., Álvarez, R., Alonso, N & Corrales, M. (2016). Evaluación del rendimiento, composición bromatológica y digestibilidad in vitro del forraje verde hidropónico de trigo (*triticum spp*) cosechados a los 8 y 10 días. *Compendio de Ciencias Veterinarias*, *SciELO* 6 (2),42- 46.
- Vargas, C., (2008). Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Rev. Agronomía mesoamericana* 19(2), 233-240.
- Zagal, M., Martínez, S., Salgado, S., Escalera, F., Peña, B & Carrillo, F. (2016). Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico veterinario* 6 (1), 29 -34.

## 9. ANEXOS

**Anexo 1** Constancia alcaldía de Gramalote al cumplimiento de normas de bioseguridad.

	República de Colombia – Departamento Norte de Santander <b>Alcaldía Municipal de Gramalote</b> Nit 890.501.404-1 Sistema de Gestión de la Calidad	<b>Certificación</b>
		<b>Página 1 de 1</b>

**EL SUSCRITO ALCALDE DEL MUNICIPIO DE GRAMALOTE,**

**CERTIFICA:**

Que la señorita Alix Amanda Eslava Pedraza identificada C.C. 1.092.156.533; quien pertenece a la Universidad Francisco de Paula Santander, iniciará sus prácticas profesionales en la Vereda La Garza, Finca La Fortuna San Miguel del municipio de Gramalote, Norte de Santander.

Que, la administración municipal le hará un seguimiento para verificar que cumpla con los protocolos mínimos de bioseguridad requeridos para mitigar el riesgo de contagio ante el COVID-19, como lo son el lavado de manos cada dos horas, el uso de tapabocas y el distanciamiento social.

Se expide la presente certificación a solicitud de la interesada, en el Centro Administrativo Municipal, Municipio de Gramalote N. de S. al 03 días del mes de Septiembre de dos mil veinte (2020).

*Mario Christopher Vargas Riveros*  
**MARIO CRISTOPHER VARGAS RIVEROS**  
Alcalde Municipal

## Anexo 2 Resultados bromatológicos del FVH O. Sativa – tallo.

	VINCULACIÓN DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA	Código: VC. F. 115
	Reporte de Resultados de Laboratorio	Versión: 2
		Fecha de Aprobación: (01-02-2016)
<b>LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL</b>		
<b>1. Información del cliente</b>		
Nombre:	Alix Amanda Eslava Pedraza	# DE SOLICITUD
Cédula o NIT:	1092156533	18
Dirección:	Finca La Conga, Gramalote, Norte de Santander	CÓDIGO DE LABORATORIO
Dpto:	Norte de Santander	N2115331
Municipio:	Gramalote	
Tel fijo/Celular:		
Identificación:	Muestra 2	
<b>2. Información de la muestra</b>		
Ingrediente:	Arroz forraje hidropónico - Oryza sativa - Tallo	
Latitud:	7,912222	Longitud: -72,80473
Altura planta (cm):	1,9	Altura corte (cm): 0
Vereda:	La Garza	Edad de corte (d): 35
Finca:	La Fortuna San Miguel	Aforo (kg/m²): 0
Altura (MSNM):	1750	
Topografía:	Pendiente	F. recolección: 08/03/2021 12:00 p
Fert. aplicados:	NPKS 28-4-0-6	Época recolec. Lluvia
F. creación:	30/03/2021	<i>Claudia Ariza Nieto</i>
F. análisis:	06/04/2021	Funcionario responsable
Materia seca total	g 100 g-1 MH	20,38
Proteína cruda	g 100 g-1 MS	21,12
Ceniza	g 100 g-1 MS	10,36
Extracto etéreo	g 100 g-1 MS	2,63
FDN	g 100 g-1 MS	54,21
FDA	g 100 g-1 MS	25,12
Lignina	g 100 g-1 MS	5,96
Hemicelulosa	g 100 g-1 MS	29,09
Proteína Soluble	% PC	47,61
Proteína B	% PC	45,03
Proteína C	% PC	7,36
Fenoles Totales	g.kg-1 MS	17,31
Taninos Totales	g.kg-1 MS	11,56
Taninos Condensados	g.kg-1 MS	2,41
Alcaloides Totales	g.kg-1 MS	5,56
Saponinas	g.kg-1 MS	8,62
Esteroles Totales	g.100 g-1 MS	5,95
Almidón Total	g 100 g-1 MS	7,26
Carbohidratos No Estructurales	g 100 g-1 MS	9,69
Carbohidratos Solubles	g 100 g-1 MS	2,43
Calcio	g.100 g-1 MS	0,39
Fósforo	g.100 g-1 MS	0,32
Magnesio	g.100 g-1 MS	0,23
Potasio	g.100 g-1 MS	2,44
Azufre	g.100 g-1 MS	0,31
NDT	g 100 g-1 MS	62,60
Digestibilidad MS	g 100 g-1 MS	68,44
Energía Bruta	Mcal.kg-1 MS	4,21
EDRumiantes	Mcal.kg-1 MS	2,88
EMRumiantes	Mcal.kg-1 MS	2,31
ENmRumiantes	Mcal.kg-1 MS	1,44
ENgRumiantes	Mcal.kg-1 MS	0,85
ENIRumiantes	Mcal.kg-1 MS	1,42
<b>OBSERVACIONES: MS = Análisis ajustado a 100% de la materia seca</b>		
Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia		
Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma		
Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de AGROSAVIA		
CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT 800194600-3 CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATÁ KILÓMETRO 14 VÍA MOSQUERA TELÉFONOS: 4227300 EXTENSIÓN 1050 EMAIL: <a href="mailto:alimentro@agrosavia.co">alimentro@agrosavia.co</a>		

### Anexo 3 Resultados bromatológicos del FVH *O. Sativa* – hoja.

AGROSAVIA	VINCULACIÓN DE CONOCIMIENTO Y TECNOLOGÍA	Código: VC_F_115	
	Reporte de Resultados de Laboratorio	Versión: 2	
		Fecha de Aprobación: (01-02-2016)	
<b>LABORATORIO DE NUTRICIÓN ANIMAL</b>			
<b>1. Información del cliente</b>		# DE SOLICITUD	CÓDIGO DE LABORATORIO
Nombre:	Alix Amanda Eslava Pedraza	18	N2115330
Cédula o NIT:	1092156533		
Dirección:	Finca La Conga, Gramalote, Norte de Santander		
Dpto:	Norte de Santander		
Municipio:	Gramalote		
Tel fijo/Celular:			
Identificación:	Muestra 1		
<b>2. Información de la muestra</b>			
Ingrediente:	Arroz forraje hidroponico - Oryza sativa - Hoja		
Latitud:	7,912222	Longitud:	-72,80473
Altura planta (cm):	5,4	Altura corte (cm):	0
Vereda:	La Garza	Edad de corte (d):	35
Finca:	La Fortuna San Miguel	Aforo (kg/m <sup>2</sup> ):	0
Altura (MSNM):	1750		
Topografía:	Pendiente	F. recolección:	08/03/2021 12:00 p
Fert. aplicados:	NPKS 28-4-0-6	Época recolec.	Lluvia
F. creación:	30/03/2021	<b>Claudia Ariza Nieto</b>	
F. análisis:	06/04/2021	Funcionario responsable	
Materia seca total	g 100 g-1 MH		20,06
Proteína cruda	g 100 g-1 MS		23,89
Ceniza	g 100 g-1 MS		12,13
Extracto etéreo	g 100 g-1 MS		2,82
FDN	g 100 g-1 MS		49,58
FDA	g 100 g-1 MS		24,36
Lignina	g 100 g-1 MS		5,16
Hemicelulosa	g 100 g-1 MS		25,22
Proteína Soluble	% PC		40,56
Proteína B	% PC		48,33
Proteína C	% PC		9,81
Fenoles Totales	g.kg-1 MS		12,75
Taninos Totales	g.kg-1 MS		9,72
Taninos Condensados	g.kg-1 MS		1,82
Alcaloides Totales	g.kg-1 MS		7,36
Saponinas	g.kg-1 MS		6,92
Esteroles Totales	g.100 g-1 MS		4,13
Almidón Total	g 100 g-1 MS		6,65
Carbohidratos No Estructurales	g 100 g-1 MS		10,23
Carbohidratos Solubles	g 100 g-1 MS		3,59
Calcio	g.100 g-1 MS		0,34
Fósforo	g.100 g-1 MS		0,48
Magnesio	g.100 g-1 MS		0,28
Potasio	g.100 g-1 MS		2,86
Azufre	g.100 g-1 MS		0,41
NDT	g 100 g-1 MS		64,87
Digestibilidad MS	g 100 g-1 MS		70,89
Energía Bruta	Mcal.kg-1 MS		4,17
EDRumiantes	Mcal.kg-1 MS		2,96
EMRumiantes	Mcal.kg-1 MS		2,41
ENmRumiantes	Mcal.kg-1 MS		1,53
ENgRumiantes	Mcal.kg-1 MS		0,93
ENIRumiantes	Mcal.kg-1 MS		1,47
<b>OBSERVACIONES: MS = Análisis ajustado a 100% de la materia seca</b>			
Los resultados son válidos únicamente para la muestra en referencia			
Este documento ha sido producido electrónicamente y es válido sin la firma			
Este documento no puede ser reproducido total ni parcialmente, sin la autorización formal de AGROSAVIA			
<b>CORPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA, NIT 800194600-3</b> <b>CENTRO DE INVESTIGACIÓN TIBAITATÁ</b> <b>KILÓMETRO 14 VÍA MOSQUERA</b> <b>TELÉFONOS: 4227300 EXTENSIÓN 1050</b> <b>EMAIL: alimentro@agrosavia.co</b>			