



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO PRODUCTIVO DEL FORRAJE VERDE
HIDROPONICO DE MAIZ Y SORGO A TRES DENSIDADES DE SIEMBRA Y
SU EFECTO SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN CABRAS EN
EL CNIA-INTA, 2018”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Claudia Betsabe Jalina García

Br. Yosdanny Rafael Palacio Guido

Tutor

MSc. Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

Asesor

MSc. Lic. Patricio Martin Varela Rojas

Managua, Nicaragua

Diciembre 2019

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de concluir con éxito mis estudios, por la sabiduría que me ha dado durante todo este proceso de aprendizaje, por la fuerza y la oportunidad de seguir adelante.

A mis padres Ricardo José Jalina Conde y Reyna Isabel García Gutiérrez, por apoyarme en mis sueños y metas, por brindarme su apoyo, confianza y amor.

A mis hermanos Mohamed Nayef Zalan García, Maycol José Jalina García, Engel Richard Jalina García, Jorge Luis Jalina García y Ruth Noemí Jalina García, a mi abuelita María Lourdes Conde Robleto, a mis cuñadas Scarleth Ayarely Jirón García, Jeymi Fabiola Calero López, Rebeca Nohemí Rocha y a mis sobrinitos Mayra Liliam Zalan Calero y Aisac Asael Jalina Jirón, por creer siempre en mí, por su apoyo, ayuda y por ser la motivación para cada día llegar más lejos en mi vida y carrera profesional.

A mis amigos Brian Ernesto Espinoza Vicente, Brayan Alexander Alvares, José Dolores Martínez Martínez, por estar presentes durante todo este proceso, por su amistad y por siempre motivarme a seguir adelante y por su apoyo.

A mi compañero de monografía y amigo Yosdanny Rafael Palacio Guido, por su esfuerzo, apoyo y entrega para cumplir con todos nuestros sueños y metas.

Finalmente, a mis maestros y asesores aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario y estuvieron siempre dispuestos a enseñarme y guiarme durante todo este proceso de aprendizaje.

¡Gracias por todo!

Claudia Jalina.

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo a Dios por darme la oportunidad de concluir con éxito mis estudios, por la sabiduría que me ha dado durante todo este proceso de aprendizaje, por la fuerza y la oportunidad de seguir adelante.

A mis padres Ludy María Guido Morales y Antonio Rafael Palacio Dinarte, por brindarme apoyo incondicional para poder cumplir mis sueños y metas, por su corrección, enseñanzas y amor que me han formado como la persona que soy.

A mis hermanos Jefferson David Palacio Guido, Alejandro José Palacio Guido por su confianza y apoyo en los momentos que más lo he necesitado y a mi hermana Bianca Maryelli Palacio Guido por creer siempre en mí, por tu apoyo, amor y por ser la motivación para cada día llegar más lejos en mi vida y carrera profesional y por enseñarme que las excusas son la piedra angular del fracaso.

A mis amigos Brian Ernesto Espinoza Vicente, Brayan Alexander Álvarez, Darwin Osmarck Suazo Gómez, José Dolores Martínez Martínez y demás compañeros que a lo largo de la carrera han servido como un fuerte puente de motivación para seguir adelante en todo momento.

A mi compañera de monografía y más importante amiga durante estos últimos años de mi vida Claudia Betsabe Jalina García, por su incondicional apoyo, ánimo y entrega para cumplir con todos nuestros sueños y metas.

Finalmente, a mis maestros y asesores aquellos que marcaron cada etapa de mi camino universitario y estuvieron siempre dispuestos a enseñarme y guiarme durante todo este proceso de aprendizaje.

¡Gracias por todo!

Yosdanny Palacio.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por la sabiduría y las fuerzas que nos ha dado para llegar hasta donde estamos el día de hoy, teniendo siempre presente que todo se lo debemos a él.

A nuestras familias por su amor, su apoyo, su sacrificio y por estar siempre presentes en este proceso de aprendizaje.

Agradecemos a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente, a cada uno de los profesores que ayudaron a formar nuestros conocimientos, especialmente al Ing. José Méndez quien compartió su conocimiento y tiempo en todo este proceso.

De igual manera agradecemos al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), por el apoyo brindado en la realización de este proceso de culminación de estudio, especialmente al Lic. Martin Varela quien fue de gran ayuda en cada etapa de este estudio, quien compartió con nosotros su conocimiento y tiempo, llegando así a concluir de manera exitosa dicho estudio.

Finalmente, agradecemos a cada uno de nuestros amigos y compañeros por el apoyo y animo que nos brindaron durante todo este tiempo que compartimos juntos, y de igual manera deseamos que ellos también puedan concluir sus estudios de manera exitosa, cumpliendo así la meta de ser profesionales en este ámbito que tanto amamos.

¡Gracias por todo!

Claudia Jalina.

Yosdanny Palacio.

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en el Municipio de Managua perteneciente al departamento de Managua, este consta de dos etapas en las cuales se llevaron a cabo los estudios pertinentes en campo y laboratorio para obtener los resultados requeridos.

Primera etapa: Consistió en la evaluación de tres densidades de siembra entre las variedades de maíz NB6 y sorgo IM propuestas por el Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), a las muestras obtenidas en campo se les aplicó un estudio de Bromatología y posteriormente los resultados fueron analizados por el software estadístico Infostat.

Dichos valores obtenidos dieron como resultado que existe mayor disposición de forraje verde hidropónico a la tercera densidad de siembra para ambos cultivos en estudio, lo cual corresponde a 6 Kg/m² para el cultivo de maíz y de 4 Kg/m² para el cultivo de sorgo, sin embargo, el cultivo de maíz demostró un comportamiento más adecuado en cuanto a desarrollo y sanidad en comparación al cultivo de sorgo.

Segunda Etapa: Tuvo como enfoque estudiar el comportamiento generado al incluir un 30% de FVH en la alimentación habitual de cabras en etapas de lactancia, para esto se realizaron mediciones diarias para conocer la cantidad de leche producida diariamente por cada individuo durante un periodo de 10 días alimentados con FVH y de otros 10 días con su alimentación habitual, en los intercambios se enviaron muestras al laboratorio de la facultad de Ingeniería Química CETEAL-UNI obteniendo de esta manera los datos necesarios para medir su comportamiento en producción y calidad.

Los valores obtenidos en el laboratorio CETEAL indicaron que no existe variación en cuanto a propiedades químicas en la inclusión de FVH en la alimentación, sin embargo, su producción incrementa al incluir FVH en un promedio de 43.55 gr de leche diarios en comparación a la producción habitual.

INDICE

I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACION	3
IV. OBJETIVOS	4
4.1 OBJETIVO GENERAL	4
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
V. MARCO TEORICO.....	5
5.1. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	5
5.1.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO	7
5.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES PARA PRODUCIR FVH.....	12
5.1.3. VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO	14
5.1.4 DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO	16
5.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ (<i>ZEA MAYS</i>)	17
5.3 VARIEDAD MEJORADA MAIZ NB-6	19
5.3.1 ORIGEN Y DESARROLLO	19
5.3.2 ADAPTABILIDAD	20
5.3.3 MANEJO AGRONOMICO	20
5.3.4 VENTAJAS	20
5.3.5 IMPACTO AMBIENTAL.....	20
5.4 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE SORGO (<i>SORGUM BICOLOR</i>)	21
5.5 VARIEDAD MEJORADA SORGO IM.....	23
5.5.1 ORIGEN Y DESARROLLO	23
5.5.2 VENTAJAS DEL SORGO IM.....	23
5.6 ABONO ORGANICO.....	24
5.7 BIOL	25
5.8 ASPECTOS GENERALES DEL GANADO CAPRINO (<i>CAPRA AEGAGRUS HIRCUS</i>).....	27
5.8.1 ORIGEN	27
5.8.2 CLASIFICACION ZOOLOGICO	28
5.8.3 PRINCIPALES RAZAS DE GANADO CAPRINO EN NICARAGUA ...	29

5.9 LECHE CAPRINA	35
5.9.1 IMPORTANCIA DE LA LECHE DE CABRA	35
5.9.2 PRODUCCIÓN DE LECHE	36
VI. HIPOTESIS	37
6.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN PRIMERA PARTE (H _i)	37
6.2 HIPÓTESIS NULA (H ₀)	37
6.3 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H _a)	37
6.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN SEGUNDA PARTE (H _i)	37
6.5 HIPÓTESIS NULA (H ₀)	37
6.6 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H _a)	37
VII. DISEÑO METODOLOGICO	38
7.1 LOCALIZACIÓN	38
7.1.1 MACRO-LOCALIZACION	38
7.1.2 MICRO-LOCALIZACION	38
7.2 TIPO DE EXPERIMENTO	39
7.3 DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	40
7.4 PREPARACIÓN DE BIOL CON ESTIÉRCOL ANIMAL	40
7.4.1 DOSIFICACIÓN DE FERTILIZANTES	41
7.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO	41
7.5.1 FASE I: EVALUACIÓN DE DENSIDADES PARA LA SELECCIÓN DEL CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE FVH	41
7.5.2 FASE II: EVALUACIÓN DEL FVH CON CULTIVO DE MAIZ EN LA ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS EN ETAPA DE LACTANCIA	44
7.6 DISEÑO EXPERIMENTAL	46
7.6.1 DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS	46
7.6.2 MODELO ADITIVO LINEAL O CROSSOVER	47
7.7 VARIABLES A MEDIR	48
7.7.1 VARIABLES DE SELECCIÓN DEL CULTIVO	48
7.7.2 VARIABLES DE ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS EN ETAPA DE LACTANCIA	50
7.8 RECOLECCIÓN DE DATOS DE LAS VARIABLES	51
7.9 PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
VIII. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	52

8.1 RESULTADO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO EN LOS CULTIVOS DE MAIZ NB-6 Y SORGO IM.....	52
8.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO	53
8.2.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FVH	59
8.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES PESO FRESCO Y ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FVH	60
8.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA ENSAYO DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS	68
8.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA VARIABLE PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS CON FVH.....	71
IX. CONCLUSIONES.....	80
X. RECOMENDACIONES	82
XI. BIBLIOGRAFIA	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo. .	15
Tabla 2: Producción de Biol.....	25
Tabla 3: Composición química del Biol.....	26
Tabla 4: Clasificación Taxonómica del ganado caprino.....	28
Tabla 5: Composición de la leche de cabra (%)	35
Tabla 6: Cantidades de alimento para las cabras lecheras de acuerdo con su producción.	36
Tabla 7: Tratamientos utilizados en la evaluación de 3 densidades de siembra para maíz y sorgo.	46
Tabla 8: Descripción de cabras en estudio.....	48
Tabla 9: Variables de crecimiento FVH a los 14 DDS.	52
Tabla 10: Resultados de Peso Fresco.....	58
Tabla 11: Muestras representativas	59
Tabla 12: Resultados de Laboratorio.....	59
Tabla 13: Datos utilizados para análisis de varianza	60
Tabla 14: Consumo diario por cabra	69
Tabla 15: Pesos de leche para grupo 1	70
Tabla 16: Pesos de leche para grupo 2.....	70
Tabla 17: Datos Ingresados a INFOSTAT	71
Tabla 18: Resultados de laboratorio grupo 1	74
Tabla 19: Resultados de laboratorio grupo 2.....	74
Tabla 20: Datos Ingresados a INFOSTAT	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Forraje verde hidropónico de Sorgo	5
Figura 2: Forraje verde hidropónico de Maíz	5
Figura 3: Pre-germinación con agua	8
Figura 4: Pre-germinación con agua y cal.	9
Figura 5: Siembra en bandejas.....	10
Figura 6: Siembra en bandejas.....	10
Figura 7: Semillas en semi oscuridad.	11
Figura 8: Cultivo de maíz.....	17
Figura 9: Cultivo de sorgo.....	21
Figura 10: Ganado Caprino	27
Figura 11: Caprinos Raza Nubia	29
Figura 12: Caprino Raza Saanen	30
Figura 13: Caprino Raza Toggenburg	31
Figura 14: Caprinos Raza Alpina Francesa.....	32
Figura 15: Caprinos Raza Mancha Americana	33
Figura 16: Caprinos Raza Criolla.....	34
Figura 17: Macro Localización.....	38
Figura 18: Micro Localización	38
Figura 19: Primera Etapa.....	39
Figura 20: Segunda Etapa.....	39
Figura 21: Almacenamiento de semillas en cuarto frio	41
Figura 22: Proceso de pre-siembra	42
Figura 23: Siembra en bandejas.....	43
Figura 24: Riego de plántulas	43
Figura 25: Recolección de muestras	44
Figura 26: Resultados de análisis para variables de crecimiento	54
Figura 27: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento por tipo de semilla	55
Figura 28: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento según densidad de siembra.....	56
Figura 29: Modelo estadístico de Peso Fresco.....	61
Figura 30: Comparación de medias de Tukey para la variable Peso Fresco (gr) por tipo de semilla	61
Figura 31: Comparación de medias de Tukey para la variable Peso Fresco (gr) por densidad de siembra	62
Figura 32: Modelo estadístico de Materia Seca.....	63
Figura 33: Comparación de medias de Tukey para la variable Materia Seca (gr) por tipo de semilla	64
Figura 34: Comparación de medias de Tukey para la variable Materia Seca (gr) por Densidad de siembra.....	65
Figura 35: Modelo estadístico de Proteína Bruta.....	66

Figura 36: Comparación de medias de Tukey para la variable Proteína Bruta (gr) por tipo de semilla	66
Figura 37: Comparación de medias de Tukey para la variable Proteína Bruta (gr) por densidad de siembra	67
Figura 38: Modelo estadístico de producción de leche.....	71
Figura 39: Pesos con respecto a tratamiento	72
Figura 40: Modelo Estadístico de Repetición	73
Figura 41: Modelo Estadístico de PH	76
Figura 42: Modelo Estadístico de Densidad	76
Figura 43: Modelo Estadístico de Grasas.....	77
Figura 44: Modelo Estadístico de Proteína.....	77
Figura 45: Modelo Estadístico de Acidez.....	78
Figura 46: Modelo Estadístico de Calcio	78
Figura 47: Modelo Estadístico de Magnesio.....	79
Figura 48: Proceso de elaboración de Biol	viii
Figura 49: Desarrollo de investigación	ix

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento por tipo de semilla	55
Gráfico 2: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento según densidad de siembra.....	57
Gráfico 3: Peso fresco de forraje (gr) por tipo de semilla.....	62
Gráfico 4: Peso fresco de forraje (gr) por Densidad de siembra.....	63
Gráfico 5: Materia Seca (gr) por tipo de semilla	64
Gráfico 6: Materia Seca (gr) por Densidad de siembra	65
Gráfico 7: Proteína Bruta (gr) por tipo de semilla	67
Gráfico 8: Proteína Bruta (gr) por Densidad de siembra	68
Gráfico 9: Modelo Estadístico de Tratamiento.....	72
Gráfico 10: Modelo Estadístico de Repetición.....	73

INDICE DE ANEXOS

Tabla Anexos 1: Distribución y Azarización de muestras	i
Tabla Anexos 2: Ubicación de bandejas del cultivo de Maíz	ii
Tabla Anexos 3: Ubicación de bandejas del cultivo de sorgo.....	ii
Tabla Anexos 4: Formato de toma de datos.....	iii
Tabla Anexos 5: Promedio de Altura de Planta	iv
Tabla Anexos 6: Promedio de Altura de Tallo	v
Tabla Anexos 7: Promedio de Diámetro de Tallo	vi
Tabla Anexos 8: Promedio de Longitud de Raíz	vii

I. INTRODUCCION

En los sistemas ganaderos de América Central es común el uso de diferentes estrategias para la alimentación del ganado, tales como pasturas naturales y naturalizadas, residuos de cultivos, ensilado, entre otros. En Nicaragua existen zonas secas con periodos que van desde los 4 a los 8 meses durante los cuales la oferta de forraje es limitada, esta condición de baja disponibilidad de forraje afecta negativamente la producción a nivel general (INTA, 2018).

En los últimos años se ha intensificado la búsqueda de alternativas que incrementen la eficiencia en la utilización de recursos, las cuales deben lograr que la actividad agropecuaria sea sostenible tanto técnica, social, ambiental como económicamente. En el país, los productores emplean diferentes alternativas de alimentación de acuerdo a la zona geográfica y clima que predomina en el lugar donde se encuentran, a sus posibilidades económicas y las facilidades para acceder a materia prima (Aguilar, 2009).

Para la obtención de una buena producción ya sea de leche o carne, se es necesaria una buena alimentación del ganado, es por ello que el realizar estudios que evalúen el efecto productivo del forraje verde hidropónico (FVH) en la producción ganadera es de vital importancia para el sector agropecuario. Es por el mismo que se requiere un planteamiento de alternativas de producción de forrajes que ayuden a prevenir pérdidas productivas, que permitan la disponibilidad de alimento para los animales durante todo el año, y a la vez que minimice el uso del agua y de agroquímicos en la producción.

El presente estudio tuvo como principal objetivo evaluar diferentes densidades de siembra para conocer el efecto productivo en el FVH de maíz NB-6 y sorgo IM, haciendo uso de biofertilizantes orgánicos, (Biol) y en condiciones que garanticen un incremento en la producción, bajo circunstancias adversas presentes en nuestro país, además se determinó el impacto que se obtuvo al incluir una dieta alimenticia a base de FVH en la producción de leche en cabras.

II. ANTECEDENTES

El termino hidroponía tiene su origen en las palabras griegas “hydro”, que significa agua, y en “ponos”, que significa trabajo. Tradicionalmente se ha entendido como el cultivo de plantas en soluciones nutritivas, que contienen todos los elementos minerales necesarios para el desarrollo y producción de plantas (Instituto de investigaciones agropecuarias- INIA, 2016).

La hidroponía, se ha desarrollado con una mayor velocidad a partir de experimentos para determinar los elementos que intervienen en el crecimiento de las plantas. Los primeros trabajos formales sobre este sistema de producción comenzaron en fechas cercanas al año 1600 (INTAGRI S.C, 2014).

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos, así como la composición del forraje resultante (FAO, 2001).

No obstante, el crecimiento de las plantas sin suelo es conocido desde la antigua babilonia, en los famosos jardines colgantes, los cuales se alimentaban del agua que corría por medio de canales. Asimismo, hace más de 1000 años ya se practicaba la hidroponía en China, India y Egipto (orillas del rio Nilo), misma que se realizaba mediante esquemas rústicos (INTAGRI S.C, 2014).

III. JUSTIFICACION

En la actualidad, uno de los problemas más preocupantes en el mundo es la insuficiencia de alimentos, tanto de origen animal como vegetal, esta insuficiencia es atribuida en parte por la falta de continuidad en la producción tanto vegetal como animal, ya que las condiciones climáticas no son constantes, la producción de forraje no es constante y por lo tanto la producción animal es variable (Rodriguez, 2003).

Una forma de reducir esta variabilidad es manteniendo condiciones climáticas uniformes en áreas donde se desarrolle el forraje de manera continua, logrando así alimentar animales en forma constante conforme a sus requerimientos nutricionales para que éstos tengan una producción menos variable (Rodriguez, 2003). Además de obtener una producción animal menos variable al utilizar la producción de FVH, se ha reportado que también produce un beneficio económico en la producción originado por las ventajas que ofrece (Araño, 1998).

El fuerte descenso del tamaño y de la producción ganadera vacuna registrada, en los últimos años, ha generado una disminución en la oferta de carne y leche para el consumo de la población. Por consiguiente, se hace necesario buscar fuentes alternativas de producción animal, diferente al ganado bovino, con una respuesta complementaria a las necesidades de carne y leche del país, para lo cual la producción caprina ofrece una respuesta favorable (Benavides, 1995).

Como respuesta a estos proyectos de explotación semi-intensiva nace la necesidad de complementar a la alimentación habitual del ganado caprino forraje fresco y con altos porcentajes de nutrientes que ayuden a incrementar la producción y mejorar la calidad de la leche (Garcia, 1988).

Por lo anterior en esta investigación se pretende dar respuesta a la siguiente problemática ¿Cuál es el efecto productivo en el forraje verde hidropónico en las variedades de Maíz NB-6 y Sorgo IM, y su efecto sobre el comportamiento productivo en cabras?

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el efecto productivo en el forraje verde hidropónico en las variedades de Maíz NB-6 y Sorgo IM, a través del impacto en la producción de leche de cabras en etapas de lactancia.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer la densidad optima de siembra en la que se obtengan las variedades de mayor producción de biomasa de forraje verde hidropónico, utilizando maíz NB-6 (*Zea mays*) y sorgo IM (*Sorghum bicolor*).
- Definir las composiciones químicas (Materia seca, proteína bruta, digestibilidad in vitro) del forraje verde hidropónico, a través de un análisis bromatológico.
- Determinar el efecto de la inclusión alimenticia de forraje verde hidropónico en la producción y calidad de leche de cabra, a través de un diseño experimental.

V. MARCO TEORICO

5.1. FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

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 (FAO, 2001).

El FVH es un forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apta para la alimentación animal, este es producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, gramíneas; alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional (FAO, 2001).

El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros (FAO, 2001).

Figura 2: Forraje verde hidropónico de Maíz



Fuente: Guía condiciones ambientales para la producción de FVH.

Figura 1: Forraje verde hidropónico de Sorgo



Fuente: Guía condiciones ambientales para la producción de FVH.

A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (FAO, 2001).

Utilizando la metodología de producción de FVH se puede cosechar anualmente 15-25 t de materia seca (MS), este rendimiento es equivalente al del sorgo o maíz, pero en una superficie 100 veces menor y sin utilización de agroquímicos (FAO, 2001).

Para obtener de 1 a 8 kg de MS de alimento para el ganado cultivando especies mediante métodos convencionales se emplea 1m³ de agua de riego, mientras que utilizando este mismo volumen de agua en la producción de FVH se obtienen alrededor de 100 kg de MS de forraje de buena calidad nutricional para alimentar diversos tipos de ganado (FAO, 2001).

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, heno, ensilajes o granos para alimentación animal. Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas, vienen incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales (FAO, 2001).

5.1.1. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El proceso a seguir para una buena producción de FVH, debe considerar los siguientes elementos y etapas:

❖ SELECCIÓN DE LAS ESPECIES DE GRANOS UTILIZADOS EN FVH

Esencialmente se utilizan granos de cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio en que se logren adquirir (FAO, 2001).

❖ SELECCIÓN DE LA SEMILLA

En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad, pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se deben utilizar las semillas de los cultivos de grano que se producen a nivel local. Es muy conveniente también que las semillas elegidas para nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con cura-semillas, agentes pre- emergentes o algún otro pesticida tóxico (FAO, 2001).

❖ LAVADO DE LA SEMILLA

Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (FAO, 2001).

El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia (FAO, 2001).

❖ REMOJO Y GERMINACIÓN DE LAS SEMILLAS

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se dividirá a su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procederá a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido se sumergirán nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado (Figura 3) (FAO, 2001).

Mediante este fácil proceso se estará induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se está efectuando a su embrión. Esta pregerminación asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo se estarán utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas (FAO, 2001).

Figura 3: Pre-germinación con agua



Fuente: Guía producción intensiva de FVH.

Otra manera de realizar la pre-germinación para prevenir la formación de hongos nocivos durante la producción de forraje, es el tratamiento con hidróxido de calcio también conocida como cal apagada y la concentración será de 50 gr. de cal por litro de agua. Este tratamiento se puede llevar a cabo durante la pre-germinación para aprovechar el agua y disminuir el tiempo de este proceso. El tiempo de remojo será de 8 horas después se sacarán una hora para oxigenar la semilla y nuevamente se introducirá 8 horas más. El tiempo es menor durante la pre-germinación con cal ya que éste es un compuesto muy agresivo para las semillas y el dejarlo por más tiempo podría causar la muerte de las mismas (Figura 4) (FAO, 2001).

Figura 4: Pre-germinación con agua y cal.



Fuente: Guía producción intensiva de FVH.

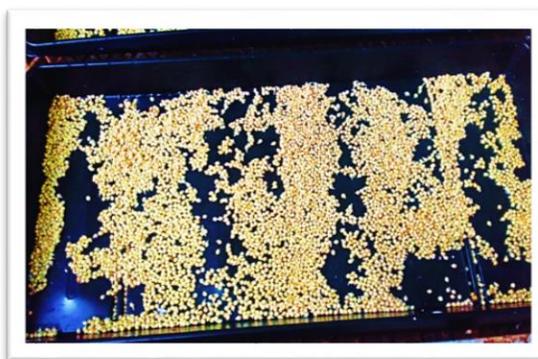
❖ DOSIS DE SIEMBRA

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2.2 kilos a 3.4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1.5 cm de altura en la bandeja (FAO, 2001).

❖ SIEMBRA EN LAS BANDEJAS E INICIO DE LOS RIEGOS

Realizados los pasos previos, se procederá a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pre-germinadas, la cual no deberá sobrepasar los 1.5 cm de altura o espesor (Figura 5 y 6) (FAO, 2001).

Figura 6: Siembra en bandejas.



Fuente: Propia.

Figura 5: Siembra en bandejas.



Fuente: Propia.

Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente se tapará todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Mediante esta técnica se le estará proporcionando a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial (FAO, 2001).

Según (HYDROENVIRONMENT, s.f.), mantener en oscuridad las semillas durante su etapa de germinación es fundamental para estimular el desarrollo precoz de las plantas, esto es porque todas las plantas tienen la "intención" de crecer lo antes posible para empezar a percibir los rayos solares, al tener todo oscuro hacemos "creer" a nuestros pastos que le falta alargarse para poder descubrir los primeros rayos luminosos lo que nos dará un mayor crecimiento en las primeras etapas.

Existen múltiples maneras para proteger las semillas de la luz durante la etapa de germinación, por ejemplo cubrir la charola para FVH o anaqueles completamente con malla sombra 90 % o plástico negro, taparla con algún aditamento o acondicionar la instalación para brindar la oscuridad, pero teniendo cuidado que las charolas tengan ventilación para que se sigan oxigenando tus plantas (Figura 7) (HYDROENVIRONMENT, s.f.).

Figura 7: Semillas en semi oscuridad.



Fuente: Guía producción intensiva de FVH.

❖ RIEGO DE LAS BANDEJAS

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. (FAO, 2001).

Al comienzo (primeros 4 días) no deben aplicarse más de 0,5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0,9 a 1,5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH (FAO, 2001).

Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular, según (FAO, 2001). Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie de FVH resulta muy difícil, dado que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible.

Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos (FAO, 2001).

❖ COSECHA Y RENDIMIENTOS

En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo, si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días (FAO, 2001).

La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza entre los días 7° y 8° por lo que un mayor volumen y peso de cosecha debe ser compatibilizado con la calidad dado que el factor tiempo pasaría a convertirse en un elemento negativo para la eficiencia de la producción (FAO, 2001).

5.1.2. CONDICIONES AMBIENTALES PARA PRODUCIR FVH

El éxito de un sistema de producción de FVH, está basado en cuidar cada uno de los detalles de la técnica. Es muy común que se presenten contaminaciones por hongos, sobre todo cuando las temperaturas son muy elevadas y la circulación del aire es deficiente o cuando los riesgos son muy exagerados. Es por eso que el éxito del forraje verde hidropónico radica en el control de las siguientes cuatro variables (Morales, 2014).

❖ LUMINOSIDAD

La semilla de FVH necesita estar en oscuridad, para que germine después requerirá un mínimo de luz de 2,800 y hasta 40,000 luxes (Morales, 2014).

❖ TEMPERATURA

La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18° C y 26 ° C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Es así que los granos de avena, cebada, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar. El rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C. Sin embargo, el maíz, muy deseado por el importante volumen de FVH que produce, aparte de su gran riqueza nutricional, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25°C y 28 °C (FAO, 2001).

Cada especie presenta requerimientos de temperatura óptima para germinación lo que se suma a los cuidados respecto a la humedad. En las condiciones de producción de FVH, la humedad relativa ambiente es generalmente cercana al 100%. A medida que aumenta la temperatura mínima de germinación, el control del drenaje de las bandejas es básico para evitar excesos de humedad y la aparición de enfermedades provocadas por hongos (FAO, 2001).

La presencia de estos microorganismos puede llegar a ser la causa de fracasos de producción por lo que la vigilancia a cualquier tipo de situación anómala, debe constituirse en rutina de nuestra producción. El ataque de los hongos usualmente resulta fulminante y puede en cuestión de horas arrasarse con toda nuestra producción, y quedarnos sin alimento para el ganado. Tener una buena aireación del local, así como riegos bien dosificados son un excelente manejo contra este tipo de problemas (FAO, 2001).

❖ HUMEDAD

El cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es muy importante. La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos según (FAO, 2001).

La situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación del cultivo. Por lo tanto, compatibilizar el porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima es una de las claves para lograr una exitosa producción de FVH. (FAO, 2001).

❖ AIREACIÓN

El carbono es el nutriente más importante para la planta. Si existe poco movimiento de aire, se le estará proporcionando poco carbono al forraje verde hidropónico (Morales, 2014).

5.1.3. VENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO

❖ EFICIENCIA EN EL TIEMPO DE PRODUCCIÓN

La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12 (FAO, 2001).

❖ INOCUIDAD

Según (FAO, 2001), el FVH representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción.

❖ CALIDAD DEL FORRAJE PARA LOS ANIMALES

El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales (FAO, 2001). Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos. En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.300 kcal/kg) que el FVH (3.200 kcal/kg). Sin embargo, los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables.

❖ AHORRO DE AGUA

En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Tabla 1). (FAO, 2001).

Tabla 1: Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.

<u>Especie</u>	<u>Litros de agua/kg MS</u> <u>(Promedio de 5 años)</u>
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: (FAO, 2001).

❖ **COSTOS DE PRODUCCIÓN**

Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que, considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores (FAO, 2001).

En el desglose de los costos se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de Costos Fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente (FAO, 2001).

5.1.4 DESVENTAJAS DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

❖ **DESINFORMACIÓN Y SOBREVALORACIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

Proyectos de FVH, son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO₂. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema (FAO, 2001).

Se debe tener presente que, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico sólo precisamos un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macros y micronutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. Asimismo, el FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (FAO, 2001).

❖ COSTO DE INSTALACIÓN ELEVADO

(FAO, 2001), cita que una desventaja que posee este sistema, sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado que, utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados.

5.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE MAÍZ (*ZEA MAYS*)

El maíz (*Zea Mays*) (Figura 8), es una especie de gramínea anual originaria y domesticada por los pueblos indígenas en el centro de México desde hace unos 10000 años, e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz (FAO, 1993).

Figura 8: Cultivo de maíz



Fuente: Artículo fundación rosario

El maíz se distribuyó, desde su lugar de origen a lo largo de casi todo el continente americano, llegando al norte, hasta los territorios de lo que hoy en día es Quebec, Canadá, y hasta el sur de lo que hoy es conocido como Chile, pasando por América Central. Este llegó al Caribe por la costa del Atlántico y se expandió hasta Brasil y Argentina, por medio de los “maíces Flint” y mazorcas amarillas, anaranjadas y coloradas, en el siglo XVII (Pliego, 2015).

Botánicamente, el maíz (*Zea Mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual alta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Se trata de una especie que se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta. Las panojas a menudo, una por tallo, son las estructuras donde se desarrolla el grano, en un número variable de hileras (12 a 16), produciendo de 300 a 1 000 granos, que pesan entre 190 y 300 g por cada 1000 granos. (FAO, 1993).

Según (FAO, 1993), se puede definir la planta del maíz como un sistema metabólico cuyo producto final es, en lo fundamental, almidón depositado en unos órganos especializados: los granos. El desarrollo de la planta se puede dividir en dos fases fisiológicas. En la primera, o fase vegetativa, se desarrollan y diferencian distintos tejidos hasta que aparecen las estructuras florales.

La fase vegetativa consta de dos ciclos. En el primero se forman las primeras hojas y el desarrollo es ascendente; en este ciclo, la producción de materia seca es lenta y finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción (FAO, 1993).

En el segundo ciclo se desarrollan las hojas y los órganos de reproducción; este ciclo acaba con la emisión de los estigmas. La segunda fase, también llamada fase de reproducción, se inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos (FAO, 1993).

La etapa inicial de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de las hojas y otras partes de la flor; durante la segunda etapa, el peso de los granos aumenta con rapidez (FAO, 1993).

El maíz (*Zea Mays*) tiene un contenido elevado de proteína de 10 a 12%, carbohidratos del 70%, aceite 3 a 4%, y fibra 2%. En la actualidad una de las principales preocupaciones es obtener variedades con mayor contenido de proteínas. El maíz se desarrolla óptimamente en regiones con clima cálido, es un cultivo de crecimiento rápido que rinde con temperaturas de 23.9 a 29.4 °C. Para obtener una producción máxima de cultivo de grano con periodo medio de madurez exige entre 500 y 800 mm de agua dependiendo del clima. Cuando se selecciona el tipo de suelo se debe preferir aquellos que presenten buen drenaje, planos, textura franco arcillosas, y libre de infestación de malezas agresivas, baja infestación de plagas del suelo, pH de 6.5 a 7.0. (FAO, 1993).

Las variedades cultivadas fundamentalmente para alimentación comprenden el maíz dulce y el reventador, aunque también se usan en buena medida el maíz dentado, el amiláceo o harinoso y el cristalino; este último también se utiliza para pienso. El maíz normal inmaduro en la panoja es objeto de gran consumo, hervido o tostado. El maíz harinoso es un grano con endospermo blando, el maíz de tipo dentado tiene un endospermo caloso y vítreo a los lados y en la parte posterior del grano, en tanto que el núcleo central es blando (FAO, 1993).

5.3 VARIEDAD MEJORADA MAIZ NB-6

5.3.1 ORIGEN Y DESARROLLO

La variedad mejorada NB-6 (Santa Rosa 8073) fue desarrollado por el Programa Nacional de Investigación de Maíz, adscrito al Centro Nacional de Investigación de Granos Básicos (CNIGB) EN 1984NB-6 proviene de la población Santa Rosa 8073 (Tropical blanco tardío dentado), cuyo germoplasma fue introducido por el centro internacional de mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y el germoplasma local en convenios de colaboración con Nicaragua (INTA, 1999).

5.3.2 ADAPTABILIDAD

Según (INTA, 1999), NB-6 se puede sembrar desde los 200 a > 1,000 m de altura, se adapta a suelos francos, franco arenoso y areno arcilloso, con pendientes de 15 hasta más de 30 %, pH de 6.5 a 7.0, temperaturas < 22 a 29° C y precipitaciones de los 1,200 a 1,800 mm.

5.3.3 MANEJO AGRONOMICO

❖ EPOCA DE SIEMBRA.

Según (INTA, 1999), NB-6 es una variedad intermedia de 110 a 115 días, recomendadas para la siembra de Primera, Postreron y Postrera, por su potencial de rendimiento y tolerancia al achaparramiento.

5.3.4 VENTAJAS

Mayor potencial de rendimiento de grano (60 a 70 qq/mz) que las variedades criollas.

- Reúne características agronómicas deseables por los agricultores.
- Se encuentra ampliamente difundida en todas las áreas maiceras del país.
- Es tolerante a la enfermedad conocida como achaparramiento.
- Un 80 % de los pequeños y medianos productores han incrementado la producción de grano de sus fincas lo que alguna manera ha contribuido a mejorar su rentabilidad.
- La semilla puede ser utilizada por el agricultor en tres ciclos de siembra.

5.3.5 IMPACTO AMBIENTAL

NB-6 es una variedad que responde bien a las aplicaciones de agroquímicos. Sin embargo, se puede manejar con dosis bajas de insumos y prácticas culturales adecuadas, lo que permite una menor afectación del sistema ecológico (INTA, 1999).

5.4 CARACTERISTICAS GENERALES DEL CULTIVO DE SORGO (*SORGUM BICOLOR*)

El sorgo (Figura 9), es nativo de África Oriental Ecuatorial y apareció en tiempos prehistóricos hace más 5000 a 6000 años, la domesticación ocurrió en Etiopia aproximadamente unos 3000 años antes de nuestra era, el cual se introdujo a Egipto. Después se extendió al país de México dando lugar a la introducción en los países centroamericanos. Su nombre científico es: *Sorghum bicolor* y pertenece a la familia de las gramíneas, las especies son el *Sorghum Vulgare* y el *Andropogum sorgum sudanensis* (UNAN, 2015).

Figura 9: Cultivo de sorgo



Fuente: Artículo fundación rosario

El sorgo es el quinto cereal en importancia a nivel mundial detrás del maíz, el trigo, el arroz y la cebada, aportando el 3% de la producción total. La producción mundial de sorgo es en promedio de 60 millones de toneladas (INTA I. N., 2012).

El sorgo tiene una altura de 1 a 2 m, tiene inflorescencias en panojas y semillas de 3 mm, esféricas y oblongas, de diferentes colores como color negro, rojizo y amarillento, su sistema radicular puede llegar a terrenos permeables a 2 m de profundidad, sus hojas tienen estambres y pistilos (UNAN, 2015).

Este grano puede crecer en los diferentes tipos de suelo con un rango de pH de 5.5 a 8.5 y dependiendo de la especie y cultivar que presenta los distintos niveles de tolerancia a alcalinidad y pobre drenaje, las raíces de los diferentes genotipos de sorgo concentran gran cantidad de azúcares, los cuales los distintos procesos químicos reaccionan con las sales de la alcalinidad del suelo, reduciendo su pH (UNAN, 2015).

Para la germinación del grano de sorgo necesita una temperatura de 12 a 13°C, por lo que su siembra se hace de 3 a 4 semanas después del maíz, su crecimiento no es verdaderamente activo hasta que sobrepasa los 15°C, situándose el óptimo a los 32°C (UNAN, 2015).

La variedad es determinante en el incremento del rendimiento del grano, su escogencia depende de la ecología de las zonas productoras de sorgo a fin de prevenir riesgos de pérdidas por exceso o escasa precipitación pluvial, entre las variedades se encuentran: variedad pinolero 1, híbrido INTA eshg-3, variedad INTA CI 0943, variedad INTA CI 0947, variedad INTA mejor (INTA I. N., 2012).

El sorgo en sus diversas variedades se usa para consumo humano, tanto para alimentación como para elaboración de bebidas alcohólicas y para alimentación animal en la producción de forrajes o piensos, el tallo seco y las hojas de sorgo, en particular de las especies *Sorghum bicolor* y *Sorghum Vulgare var technicum*, se usan aun para la confección de escobas (INTA I. N., 2012).

5.5 VARIEDAD MEJORADA SORGO IM

5.5.1 ORIGEN Y DESARROLLO

La variedad mejorada INTA-SORGO MEJOR fue generada por el Programa de Manejo Integrado de Cultivos, Sub-programa Sorgo del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en colaboración con (LASIP/CIMYT), el Instituto de Sorgo y Mijo (INTSORMIL) y el Instituto Internacional de Investigación en Cultivos de los Trópicos de Francia (CIRAD) (INTA, 2013).

Esta variedad fue introducida por el Programa LASIP/CIMMYT, a través de los ensayos de la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS), con la identificación M-62650. Siendo su genealogía [(SC-423 * CS-3541)-E-35-1]-2, se evaluó para producción de ensilaje y grano, se validó en todo el país para adaptación y rendimiento (INTA, 2013).

INTA-SORGO MEJOR ha sido evaluada y validada en las zonas de Las Segovia, Centro Norte y Centro Sur de Nicaragua, con precipitaciones de 400 a 1300 mm al año. Presenta buen potencial de rendimiento de ensilaje 50 a 55 tm/ha y rendimiento de grano de 55 a 70 quintales por manzana. Se puede sembrar de 0 a 1000 msnm. El rendimiento de grano y ensilaje depende de número de plantas por metro de surco, manejo agronómico del cultivo, precipitación pluvial óptima según fases fenológicas del cultivo (INTA, 2013).

5.5.2 VENTAJAS DEL SORGO IM

Combina tres características importantes: Es excelente para la producción de forraje con alta calidad nutricional y posee alto potencial de rendimiento de grano blanco para la alimentación humana. Además, es una variedad de polinización abierta y el productor puede seleccionar su semilla para las subsiguientes cosechas (INTA, 2013).

5.6 ABONO ORGANICO

El abono orgánico es el término usado para la mezcla de materiales que se obtienen de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal (estiércoles), vegetal (restos de cosechas) y restos leñosos e industriales (lodos de depuradoras) que se aplican a los suelos con el propósito de mejorar las características químicas, físicas y biológicas, ya que aporta nutrientes que modifica la estructura y activa e incrementa la actividad microbiana de la tierra, son ricos en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajo en elementos inorgánicos (INTA, 2018).

Actualmente los fertilizantes inorgánicos o sales minerales, suelen ser más baratos y con dosis más precisas y más concentrados. Sin embargo, salvo en cultivo hidropónico, siempre es necesario añadir los abonos orgánicos para reponer la materia orgánica del suelo (INTA, 2018).

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos (INTA, 2018).

Aunque los abonos orgánicos contienen una concentración baja de nutrientes en comparación a los fertilizantes químicos, la disponibilidad de estos es más constante durante el desarrollo del cultivo por la mineralización gradual a la que están sometidos los materiales orgánicos (INTA, 2018).

5.7 BIOL

El Biol, es elaborado a partir del estiércol de los animales. El proceso se lo realiza en un biodigestor, además de obtener un abono orgánico natural, es un excelente estimulante foliar para las plantas y un completo potenciador de los suelos. El procedimiento es sencillo y sobre todo económico: Se recoge el estiércol más fresco que hayan generado los animales y se coloca en un recipiente grande, con tapa hermética, se agrega agua, leche cruda, cortezas de frutas, hojas de ortiga, guabo y desechos orgánicos (Tabla 2), se mezclan bien todos los ingrediente, luego se le agrega a la tapa una manguera para el desfogue de gases (Ver Anexo Figura 48).

El proceso de maduración depende del clima, en zonas donde la temperatura sobre pasa los 30 grados el abono está listo para destilación en 40 días, en zonas con climas relativamente menores su destilación se recomienda a los 60 días. El producto es una sustancia viscosa concentrada, para su aplicación se debe bajar en forma técnica su concentración (INTA, 2018).

Tabla 2: Producción de Biol

<u>Descripción</u>	<u>Cantidad</u>
Estiércol	5 kg
Agua	5 litros
Panel	¼ de Libra
Leche	½ Taza
Alfalfa, Naranja, Guayaba, Platanillo, hoja de guayaba	0.57 Kg
Producción	4 litros de Biol

Fuente: (INTA, 2018).

El Biol es un mejorador de la disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta su disponibilidad hídrica, y crea un micro clima adecuado para las plantas.

Debido a su contenido de fitorreguladores promueve actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas, esto es por el gran contenido de componentes que posee (Tabla 3), favorece su enraizamiento, alarga la fase de crecimiento de hojas (quienes serán las encargadas de la fotosíntesis), mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas. Todos estos factores resultaran en mayor productividad de los cultivos y generación de material vegetal (INTA, 2018).

Tabla 3: Composición química del Biol

<u>Componente</u>	<u>%</u>	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
Sólidos totales	%	5,6	9,9
Materia orgánica	%	38,0	41,1
Fibra	%	20,0	26,2
Nitrógeno	%	1,6	2,7
Fósforo	%	0,2	0,3
Potasio	%	1,5	2,1
Calcio	%	0,2	0,4
Azufre	%	0,2	0,2
Acido indol acético	ng/g	12,0	67,1
Giberelinas	ng/g	9,7	20,5
Purinas	ng/g	9,3	24,4
Tiamina (B1)	ng/g	187,5	302,6
Riboflavina (B2)	ng/g	83,3	210,1
Piridoxina (B6)	ng/g	33,1	110,7
Acido nicotínico	ng/g	10,8	35,8
Acido fólico	ng/g	14,2	45,6
Cisteina	ng/g	9,2	27,4
Triptofano	ng/g	56,6	127,1

Fuente: (INTA, 2018).

5.8 ASPECTOS GENERALES DEL GANADO CAPRINO (*CAPRA AEGAGRUS HIRCUS*)

5.8.1 ORIGEN

Figura 10: Ganado Caprino



Fuente: Diario digital Huelvared

Por su antigüedad y distribución actual, la cabra (*Capra aegagrus hircus*) (Figura 10), fue uno de los primeros animales domesticados por el hombre para la obtención de carne, leche, piel y fibra. La cabra fue el primer rumiante en ser domesticado desde hace 10.000 años aproximadamente. El tiempo de domesticación probablemente fue de 7000 años a.C, tuvo lugar en las laderas de las regiones del suroeste de Asia en las montañas de Zargos, lo que corresponde hoy en día a la frontera entre Irán e Irak (OEIDRUS, 2013).

Las cabras ingresaron a América Latina con los españoles en el siglo XVI, que las traían para abastecer de leche y carne a sus tripulantes (Ministerio de Agricultura y Riego , 2015).

El 27 de Julio del año 1524, Rodrigo de Bastidas, llegó a Santa Marta con algunas cabras de diferentes razas como la Malagueña, la Serrana, la Andaluza, la canaria, la murciana y la granadina. Desafortunadamente, estos animales a su llegada deterioraron los cultivos existentes, conducta que los llevo a un desplazamiento forzado hacia la península de la Guajira, donde se encontrarían con un terreno aislado y semidesértico (OEIDRUS, 2013).

5.8.2 CLASIFICACION ZOOLOGICO

Existen actualmente varias opiniones con lo referente a la clasificación zoológica y taxonómica de las cabras y en las distintas especies tanto domesticas como salvajes (OEIDRUS, 2013).

Las cabras pertenecen a la familia Bovidae, de rumiantes con cuernos huecos, pertenecientes a la subfamilia Caprinae, estas se clasifican de la siguiente manera (Tabla 4):

Tabla 4: Clasificación Taxonómica del ganado caprino

<u>Reino</u>	<u>Animal</u>
Orden	Artiodactyla
Suborden	Ruminatia
Familia	Cavicornius
Subfamilia	Caprinae
Tribu	Caprinae
Genero	Capra
Especie	Hircus

Fuente: (OEIDRUS, 2013).

5.8.3 PRINCIPALES RAZAS DE GANADO CAPRINO EN NICARAGUA

❖ NUBIA

Figura 11: Caprinos Raza Nubia



Fuente: Saenz 2007

Es una raza de origen diverso, pero se considera del centro oeste de África, es considerado un animal de alta rusticidad y fecundidad (2-3 cabritos / parto), es manso. Se adapta a climas cálidos y secos, lo que ha posibilitado su mayor difusión a nivel latinoamericano, llegan a pesar en la edad adulta de 40 a 60 Kg. (88 a 132 lb.) las hembras, y 50 a 75 Kg. (110 a 165 lb.) los machos. Al nacer las hembras pesan 3.1 Kg. y los machos 3.3 (Saenz, 2007).

En cuanto al color presentan diferentes capas desde blanca, colorada, castaña oscura con puntos negros, moteado negro hasta negra. Es de perfil convexo y la característica principal es que sus orejas son grandes y pendulantes. La producción por lactancia, es de 500 Kg. al año con 4.6 % de grasa. En Nicaragua es una de las razas caprinas que mejor se adapta al medio (Saenz, 2007).

❖ SAANEN

Figura 12: Caprino Raza Saanen



Fuente: Saenz 2007

Es originaria del Valle de Saanen (Suiza) y por su alta producción de leche es considerada "la Holstein de las Cabras", esta raza es aceptada en países como Estados Unidos, España, Suecia, a nivel nacional es muy reducida su presencia y es más posible encontrar cruces de la misma con ganado criollo (Saenz, 2007).

Son animales grandes de esqueleto fuerte y gran capacidad de producción. Son de manto ralo y color blanco. Los machos (♂) pesan entre 60 a 75 Kg. y las hembras (♀) entre 40 y 50 Kg. De todas las razas de cabras, la Saanen es la raza caprina lechera de mayor distribución geográfica y registra producciones entre 600 a 1000 litros por lactancia, con un contenido de materia grasa promedio de 3,5 %. (Saenz, 2007).

❖ TOGGENBURG

Figura 13: Caprino Raza Toggenburg



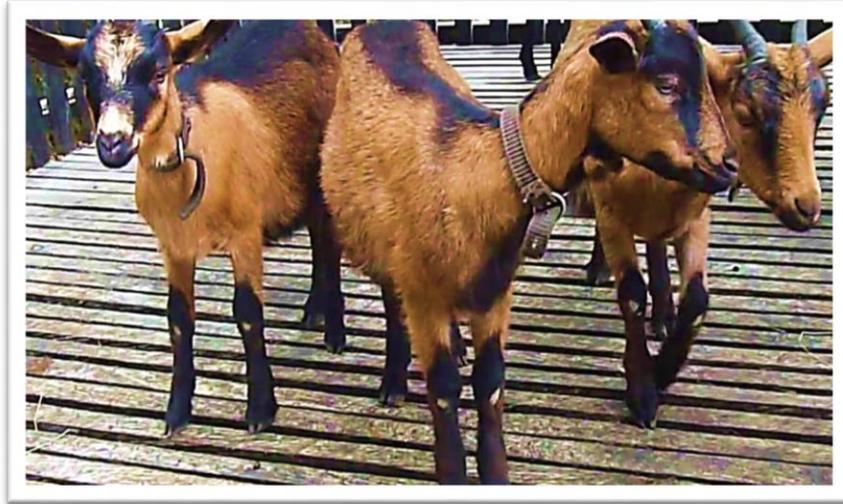
Fuente: Saenz 2007

Raza originaria del Valle de Toggenburg (Suiza) y de amplia difusión en el mundo. A nivel centroamericano goza de aceptación y generalmente se contempla para el mejoramiento del ganado criollo. El manto es de color café claro con rayas blancas a lo largo de la cara. En climas templados tiene una excelente producción de leche. Los machos pesan por lo general 55 y 75 Kg. y las hembras entre 40 y 65 Kg (Saenz, 2007).

La producción media por lactancia de 305 días es de 800-900 litros, con un promedio de grasa de 3.8 %. Cabe señalar, que las cifras de producción tienden a variar según sea el régimen de explotación y alimentación a que los animales estén sometidos, ya que se han encontrado animales que producen como promedio 600 Kg (Saenz, 2007).

❖ ALPINA FRANCESA

Figura 14: Caprinos Raza Alpina Francesa



Fuente: Saenz 2007

Es originaria de los Alpes franceses y se caracteriza por ser una raza de animales grandes y fuertes. Conocida como la Jersey de las cabras. De manto generalmente ralo y de color variado. En Francia el manto es de tipo agamuzado (marrón) con patas negras y una raya negra en el lomo, mientras en otros países es de color gris azulado mezclado con blanco, manchado negro con amarillo y el negro con rallas blancas en la cara y las patas y el vientre blanco (Saenz, 2007).

Los machos pesan de 80 a 100 Kg. y las hembras entre 55 y 80 Kg. La producción media anual de leche es de 800 a 900 lts con 3,2 a 3,6 % de grasa (Saenz, 2007).

❖ MANCHA AMERICANA

Figura 15: Caprinos Raza Mancha Americana



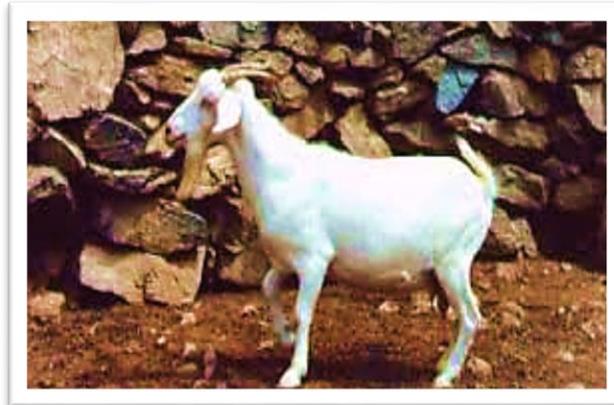
Fuente: Saenz 2007

Es originaria de Estados Unidos como producto del cruce de hembras de razas españolas con sementales de las razas Nubia, Toggenburger, Alpino francesa, Alpino Suiza y Saanen (Saenz, 2007).

Son animales de manto de color variado, de pelaje corto. Las orejas son de cuatro tipos: de tuza larga, de tuza corta, de la Mancha y del tipo "cookie" (galletica). Comúnmente se asemejan a la de la ardilla. Esta raza puede o no tener cuernos y si los tiene, generalmente son curvos. (Saenz, 2007), El peso de estos animales en las hembras es equivalente a 64 Kg. (141 lb.) y en los machos a 68 Kg. (150 lb.). La alzada a la cruz es igual a 71 cm en las hembras y 84 cm en los machos. La principal función zootécnica de esta raza es la leche.

❖ CRIOLLA

Figura 16: Caprinos Raza Criolla



Fuente: Saenz 2007

La raza criolla o nativa es producto de la introducción de cabras por los españoles a nuestro continente. Son animales moldeados y adaptados a nuestro medio. En la actualidad representan la base caprina del país (Saenz, 2007).

Son animales de manto y tamaño diverso, de alta rusticidad y color variado, se caracterizan por su doble aptitud productiva y la resistencia a enfermedades. Los machos (♂) pesan entre 45 y 50 kg y las hembras (♀) entre 35 a 40 Kg (Saenz, 2007).

5.9 LECHE CAPRINA

Desde el punto de vista tecnológico, la composición de la leche determina su calidad nutritiva, sus propiedades y su valor como materia prima para fabricar productos alimenticios. La leche está constituida por un 13% de sólidos totales (grasa butirosa, proteína, lactosa y minerales) y por un 87% de agua (Fernandez, 2017).

La leche de cabra posee los mejores valores nutricionales y terapéuticos; sólo la supera la leche materna humana con alta calidad nutricional (Fernandez, 2017).

5.9.1 IMPORTANCIA DE LA LECHE DE CABRA

La leche de cabra es muy apreciada por su alto valor nutritivo, destacándose su contenido de grasa y proteína (Tabla 5). Dos grandes ventajas que posee la leche de cabra son:

- 1.- Puede ser consumida por personas que tiene alergia o intolerancia a la lactosa.
- 2.- Es una leche que posee altos contenidos de proteínas, grasa, hierro y mayores niveles de vitaminas A, B, C, D que la leche de vaca (Sáenz A, 2004).

Tabla 5: Composición de la leche de cabra (%)

<u>Componentes Leche de cabra</u>	
Grasa (%)	4.15
Proteínas (%)	3.50
Lactosa (%)	4.2
Ceniza (%)	0.8
Sólidos totales (%)	13.8
Sólidos no grasos (%)	8.68
Relac.case.prot.tot (%)	75.6
N.n.p (%)	8.7
Calcio (mg/l)	1.35
Fósforo (mg/l)	1
Acidez (°D)	17-18
Ph	6.5-6.8

Fuente: (Sáenz A, 2004).

5.9.2 PRODUCCIÓN DE LECHE

Las cabras producen más en relación con su peso y el alimento que consumen. Se acepta que la cantidad de alimento proporcionado debe tener relación con su producción láctea a como se hace referencia a continuación (Tabla 6). (Shimada, 2009).

Tabla 6: Cantidades de alimento para las cabras lecheras de acuerdo con su producción.

Ingrediente	<u>Litros de leche diarios</u>					
	Kg: 0-1.0	1.1-1.5	1.6-2.0	2.1-3.0	3.1-4.0	4.1 o más
Ensilaje	2	2	2	1.5	1.5	1.5
Heno de alfalfa	0.5	1.5	1.5	1.5	2	2
Melaza de caña	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5
Concentrado	-	-	0.15	0.5	0.75	1

Fuente: (Shimada, 2009).

La cabra requiere de 2 litros de agua por Kg de materia seca (MS) de alimento por adultos que no están en producción. Un consumo ineficiente de agua refleja en la producción de leche, ya que aproximadamente, el 87% es agua, por lo que es importante que la cabra tenga agua disponible a libre acceso, ya que requiere hasta de 4 lts/Kg de MS (Shimada, 2009).

VI. HIPOTESIS

6.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN PRIMERA PARTE (H_i).

H_i : El cultivo de maíz obtendrá mayor densidad y mejores resultados en su composición química con respecto al cultivo de sorgo.

6.2 HIPÓTESIS NULA (H_0).

H_0 : El cultivo de maíz no obtendrá mayor densidad ni mejores resultados en su composición química con respecto al cultivo de sorgo.

6.3 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_a).

H_a : no existe variación significativa en las densidades de siembra y composición química en los cultivos de maíz y sorgo.

6.4 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN SEGUNDA PARTE (H_i).

H_i : La producción y calidad en leche de cabras se incrementa al incluir en su bloque alimenticio un 30% de Forraje verde hidropónico.

6.5 HIPÓTESIS NULA (H_0).

H_0 : La producción de leche de cabras no varía al incluir en su bloque alimenticio un 30% de Forraje verde hidropónico.

6.6 HIPÓTESIS ALTERNATIVA (H_a).

H_a : La producción de leche de cabras incrementa al incluir en su bloque alimenticio Forraje verde hidropónico, pero mantiene su calidad en comparación con su alimentación habitual.

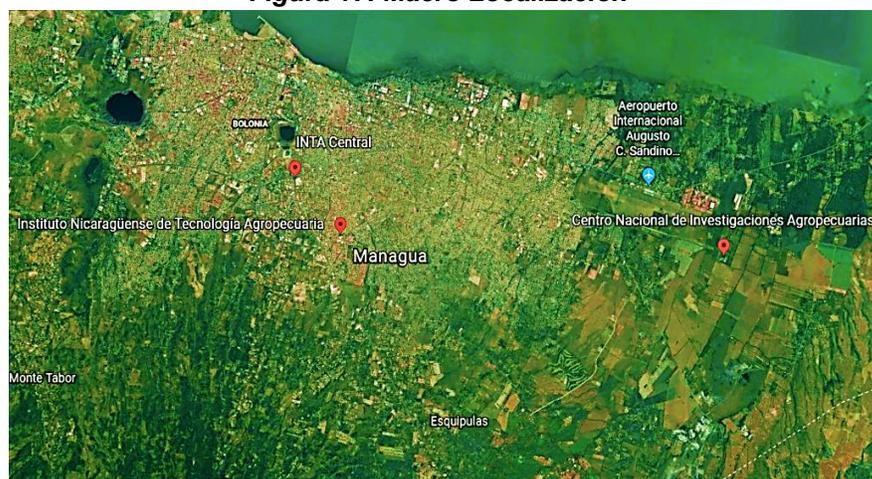
VII. DISEÑO METODOLOGICO

7.1 LOCALIZACIÓN

El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigación y Agropecuaria (CNIA) del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) ubicado en el km. 14.1 carretera panamericana norte, 2 km al sur.

7.1.1 MACRO-LOCALIZACION

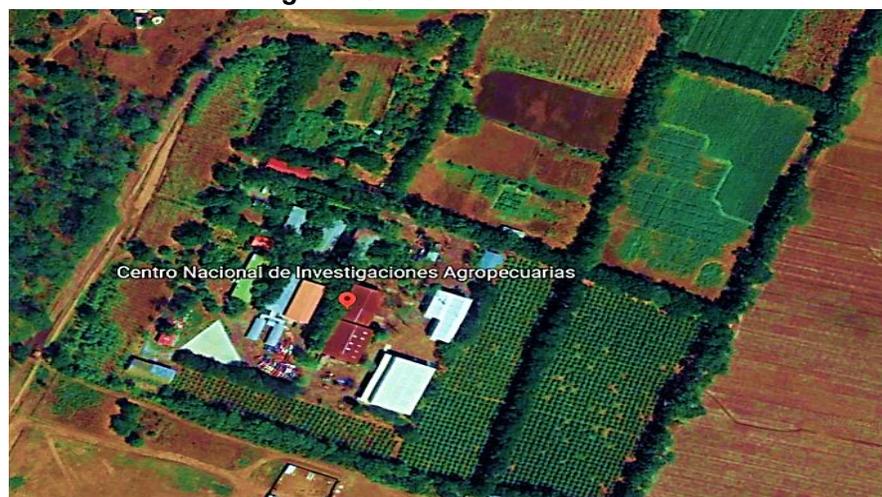
Figura 17: Macro Localización



Fuente: Google Earth

7.1.2 MICRO-LOCALIZACION

Figura 18: Micro Localización



Fuente: Google Earth

7.2 TIPO DE EXPERIMENTO

Estudio experimental, que se realizó en dos etapas: La primera etapa consistió en evaluar el efecto productivo del forraje verde hidropónico de maíz y sorgo a tres densidades de siembra (Figura 19) y una segunda etapa que consistió en la medición del impacto en la producción de leche en cabras en etapas de lactancia (Figura 20).

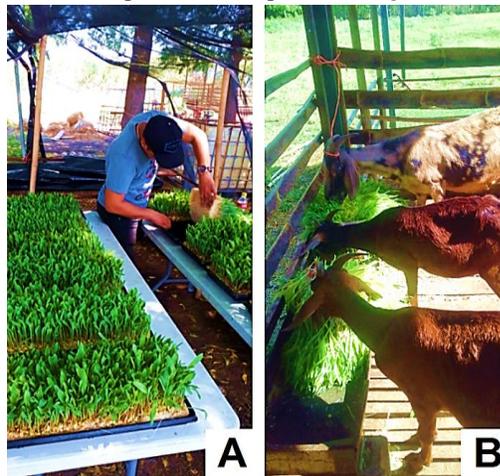
Figura 19: Primera Etapa



A1: Semilla de Maíz, Densidad uno; A2: Semilla de Maíz, Densidad dos; A3: Semilla de Maíz, Densidad Tres; B1: Semilla de Sorgo, Densidad uno; B2: Semilla de Sorgo, Densidad dos; B3: Semilla de Sorgo, Densidad tres.

Fuente: Propia

Figura 20: Segunda Etapa



A: Producción de FVH de Maíz; B: Alimentación de caprinos con FVH.

Fuente: Propia

7.3 DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento tuvo una duración de 180 días divididos de la siguiente manera:

- Elaboración de biofertilizantes a base de excremento de cabra, 32 d.
- Producción de forraje y uso de fertilizantes naturales en casa sombra 15 d.
- Periodo de adaptación de la dieta de los caprinos del ensayo al FVH 14 d.
- Toma de datos de los tratamientos 42 d.
- Análisis bromatológico en el laboratorio 30 d.
- Elaboración de base de datos y análisis de resultados 47d.

7.4 PREPARACIÓN DE BIOL CON ESTIÉRCOL ANIMAL

La preparación se realizó de la siguiente manera según metodología de Restrepo (2007) para elaboración de bioles:

- a) En un recipiente plástico de 50 l de capacidad, se disolvió en 25 l de agua no contaminada 12.5 kg de estiércol fresco de vaca u oveja y 1 kg de ceniza revolviendo hasta lograr una mezcla homogénea.
- b) Se disolvió 2.5 lts de agua no contaminada, 0.5 lts de leche cruda o 1lts de suero con 0.5 lts de melaza y agregarlos en el recipiente plástico de 50 lts de capacidad donde se encuentra la primera mezcla de estiércol y ceniza revolverlos constantemente.
- c) Se completó el volumen total del recipiente plástico que contiene todos los ingredientes, con agua limpia, hasta 45 lts de su capacidad y revolverlo.
- d) Se tapó herméticamente el recipiente para el inicio de la fermentación anaeróbica del bio-fertilizante y conectarle el sistema de la evacuación de gases con manguera (sello de agua).
- e) Se colocó el recipiente que contiene la mezcla a reposar a la sombra a temperatura ambiente, protegido del sol y las lluvias. La temperatura ideal sería la del rumen de los animales poligástricos como las vacas, más o menos 38°C a 40°C.

- f) Se esperó un tiempo mínimo de 20 a 30 d de fermentación anaeróbica, para luego abrirlo y verificar su calidad por el olor y el color, antes de pasar a usarlo. Este no debe presentar olor a putrefacción, ni ser de color azul violeta.

7.4.1 DOSIFICACIÓN DE FERTILIZANTES

La dosis de fertilizante para los tratamientos fue de 25 ml de Biol de estiércol por litro de agua.

7.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

7.5.1 FASE I: EVALUACIÓN DE DENSIDADES PARA LA SELECCIÓN DEL CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE FVH

❖ SELECCIÓN DE SEMILLA

Las semillas utilizadas fueron de maíz NB-6 y sorgo INTA mejor, las cuales fueron suministradas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), estas se seleccionaron en el departamento de producción y post-cosecha (Figura 21) del INTA y se mantuvieron en un cuarto frío en el centro nacional de investigación agropecuaria (CNIA).

Figura 21: Almacenamiento de semillas en cuarto frío

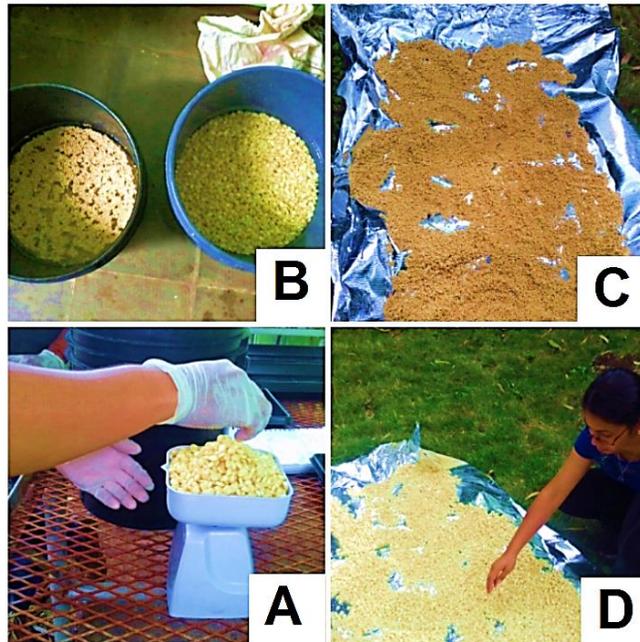


Fuente: Propia

❖ PRE-SIEMBRA

Una vez seleccionada la cantidad de semilla a utilizar, se procedió a dejar en remojo por 12 h para pre-germinar, pasadas las 12 h se enjuagaron y se dejaron orear 1 h para luego dejar en remojo durante 12 h adicionales (Figura 22).

Figura 22: Proceso de pre-siembra



**A: Pesaje de las semillas; B: Remojo de las semillas para pre-germinación;
C: Oreado de las semillas de Sorgo; D: Oreado de las semillas de Maíz.**

Fuente: Propia

❖ SIEMBRA

Una vez cumplido el periodo de pre-germinación se sembró en las bandejas plásticas (dimensiones de 24 cm de ancho x 50.5 de largo x 4 cm de profundidad) previamente identificadas, estas fueron colocadas en mesas metálicas y se cubrieron con plástico negro para estimular la germinación (Figura 23).

A cada bandeja se le aplico riego de 3-5 veces (según clima), al día con ayuda de una bomba de mochila, una vez germinada la semilla se retiró el plástico dejándose libre para que reciban luz solar.

Figura 23: Siembra en bandejas



Fuente: Propia

❖ RIEGO DE LAS PLÁNTULAS

El riego se realizó con ayuda de regadora plástica, del día 1 al 4 el riego consistió en la aplicación de agua con frecuencia de 3 a 5 veces por día en dependencia del clima (Figura 24), del día 5 en adelante se aplicó la fórmula fertilizante (Biol). La dosis de agua a usar se incrementó desde los primeros días de una ración de 0.5 lts de agua por m² a 2 lts de agua por m² por aplicación.

Figura 24: Riego de plántulas



Fuente: Propia

❖ SELECCIÓN DE MUESTRAS PARA LABORATORIO

Al alcanzar la fecha de cosecha (12 y 15 d) se procedió a pesar cada tapete contenido por bandeja (peso fresco) con balanza digital, posteriormente se tomó una muestra representativa para cada densidad (Figura 25), luego se etiquetaron las muestras en bolsas plásticas y se llevaron al laboratorio de bromatología de la facultad de ciencia animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

Figura 25: Recolección de muestras



Fuente: Propia

7.5.2 FASE II: EVALUACIÓN DEL FVH CON CULTIVO DE MAIZ EN LA ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS EN ETAPA DE LACTANCIA

❖ INSTALACIONES Y MÉTODO DE PRODUCCIÓN

Para la producción del FVH se estableció un módulo productivo en el cual se obtuvo material destinado para consumo animal con el mejor tratamiento obtenido en la fase 1 del experimento. Diariamente se suministró el FVH de acuerdo a lo establecido según requerimientos del animal. Las proporciones fueron: 30 FVH + 70% forraje; 100% forraje + 0 % FVH. La cosecha se realizó diariamente y se suministró cada tratamiento según era correspondiente, llevando a cabo las mediciones de leche para cada individuo.

❖ UNIDADES EXPERIMENTALES

Los animales fueron seleccionados a una edad de 12 meses como mínimo y lo más homogéneo posible según la etapa de lactancia no variando a más de dos meses desde que dieron a luz entre cada una de ellas.

❖ MANEJO DE LOS ANIMALES

Se estableció un periodo de adaptación de 7 d y de otros 7 d de toma de datos para cada módulo experimental, los animales se pesaron antes de iniciar el ensayo, de esta manera se definió la cantidad de FVH que serían suministrados a cada individuo, se enviaron muestras de leche previamente etiquetadas para cada animal al iniciar el experimento, a los 15 días y posteriormente al finalizar el ensayo con el fin de corroborar si existen variaciones significativas en la calidad de la leche, la duración del ensayo fue de mes y medio.

❖ TRATAMIENTOS

En la fase de campo para la alimentación de caprinos en etapa de lactancia, se llevó a cabo una selección de 6 cabras las cuales se dividieron en dos grupos, cada una pasaría por los dos tratamientos propuestos simultáneamente, mientras un grupo se alimentó con una proporción del 30% de FVH + alimentación habitual, el otro grupo se alimentó con su forraje habitual, este proceso se invirtió pasado 14 días y de esta manera se obtuvieron los datos necesarios para establecer una comparación en la producción de cada individuo

- T1: 70% pasto estrella+ 30% FVH.
- T2 (Testigo): alimentación 100 % pasto estrella.

7.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

7.6.1 DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS

El modelo estadístico aplicado para la fase de estudio de densidad de siembra fue un diseño de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento.

$$Y_{ijklm} = \mu + T_i + V_j + + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Variable de respuesta.

μ = Media general del experimento.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

V_j = Efecto del j-ésima densidad de siembra.

E_{ijklm} = Error experimental.

Se evaluaron 3 densidades de siembra usando semilla de maíz NB-6 y sorgo INTA mejor, las densidades de siembra fueron de 2, 4 y 6 kg/m² para maíz y 1.5, 3 y 4 kg/m² para sorgo a 12 días de cosecha (Tabla 7). El FVH será fertilizado con Biol estiércol de cabra a razón de 25 ml por cada litro de agua. Los tratamientos que se utilizaron fueron los siguientes:

Tabla 7: Tratamientos utilizados en la evaluación de 3 densidades de siembra para maíz y sorgo.

<u>Cultivo</u>	<u>Densidad Kg/m²</u>	<u>Área Bandeja m²</u>	<u>Cantidad de bandejas</u>	<u>Densidad de siembra (Kg)</u>	<u>Densidad para cada bandeja (gr)</u>
Maíz Nb6	2	0.1212	4	0.9696	242
	4			1.9392	485
	6			2.9088	727
Sorgo IM	1.5	0.1212	4	0.7272	182
	3			1.4544	364
	4			1.9392	485

Fuente: Propia

7.6.2 MODELO ADITIVO LINEAL O CROSSOVER

El modelo estadístico aplicado es una extensión del Cuadrado Latino y se usa cuando se hacen aplicaciones secuenciales de los tratamientos a las mismas unidades experimentales.

$$Y_{JK(i)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + \varepsilon_{jk(i)}$$

Donde:

$Y_{JK(i)}$ = Variable de respuesta.

μ = Media

α_i = Efecto de la unidad experimental

β_j = Efecto del tratamiento

δ_k = Efecto de la rotación y secuencia

$\varepsilon_{jk(i)}$ = Error experimental

Se escogió un grupo de 6 cabras con diferentes periodos de lactancia, peso, edad y raza, las cuales se dividieron al azar en 2 grupos (Tabla 8), estas pasaron por 2 bloques alimenticios diferentes teniendo un periodo de adaptación de 7 días y de otros 7 para medir las variables que puedan existir en cuanto a producción y calidad.

Para conocer sus características químicas se enviaron al laboratorio muestras de cada animal al iniciar y al finalizar cada bloque alimenticio siendo 18 el número total de muestras recopiladas con su respectivo código para identificar cada animal, así mismo cada bloque simultáneamente paso por los dos tratamientos durante un periodo aproximado de 42 días.

Tabla 8: Descripción de cabras en estudio

<u>Código</u>	<u>Fecha parto</u>	<u>N° partos</u>	<u>Peso Cabra (lb)</u>
O416	22/1/2019	1	66.8
O506	29/1/2019	2	90.2
O419	4/2/2019	3	128
O461	19/2/2019	2	76.2
O414	27/2/2019	2	69.8
O424	5/3/2019	2	94.2

Fuente: Propia

7.7 VARIABLES A MEDIR

7.7.1 VARIABLES DE SELECCIÓN DEL CULTIVO

❖ INICIO DE LA GERMINACIÓN DE LA SEMILLA DE MAÍZ Y SORGO

Se calculó midiendo los días que la planta tarda en germinar desde la fecha de siembra.

❖ ALTURA DE PLANTA

Se midió en centímetros desde el nivel de formación del tapete al ápice de la hoja principal o bandera, la medición se realizó diario a una muestra de 10 plantas por bandeja.

❖ ALTURA DEL TALLO

Se midió en centímetros con una regla desde la formación del tapete a la inserción de la hoja bandera.

❖ DIÁMETRO DEL TALLO

Se midió con pie de rey al centro del tallo.

❖ LONGITUD DE LA RAÍZ

Se midió la longitud total de la raíz principal en centímetros desde la inserción en el tallo hasta su extremo distal.

❖ COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL FVH

El contenido de FDN, MS, PB, DI de cada una de las muestras se calculará en el laboratorio de bromatología de la universidad Nacional Agraria siguiendo los procedimientos descritos por AOAC (1990).

❖ PESO FRESCO

Para la producción del FVH se estableció un módulo productivo de 24 bandejas, de las cuales 12 corresponden a la variedad de Maíz NB-6 y las otras 12 a la variedad Sorgo IM, para cada variedad se determinaron 3 densidades con 4 repeticiones respectivamente.

Al alcanzar la fecha de cosecha (12 y 14 d) se procedió a pesar cada tapete contenido por bandeja (peso fresco) con balanza digital, posteriormente se tomó una muestra representativa para cada densidad y luego se etiquetaron las muestras en bolsas plásticas para ser llevadas al laboratorio de bromatología de la facultad de ciencia animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

❖ MATERIA SECA

Esta se calculó en el laboratorio de bromatología de la facultad de ciencia animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA), usando la formula siguiente:

$$\% \text{ MS} = \frac{\text{Peso seco de la muestra (g)} - \text{Pérdida de peso de la muestra (g)}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

❖ PROTEINA BRUTA

Esta se calculó en el laboratorio de bromatología de la facultad de ciencia animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA).

7.7.2 VARIABLES DE ALIMENTACIÓN DE CAPRINOS EN ETAPA DE LACTANCIA

❖ PESO DE LA LECHE

Se realizaron pesajes de la cantidad de leche que fueron ordeñadas de los 6 caprinos en estudio, haciendo uso de una balanza.

❖ CALIDAD DE LA LECHE

Esta se determinó a través del laboratorio de la facultad de ingeniería química CETEAL, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). La calidad de la leche está determinada tanto por la composición físico-química como microbiológica. La detección de contaminantes en leche, así como la determinación de los principales parámetros de composición, son fundamentales para estimar la calidad de la leche.

Factores que determinan la calidad de la leche:

- a) Midiendo el contenido de materia grasa.
- b) Midiendo la cantidad de proteínas.
- c) Midiendo la densidad (1028 a 1035 g/L).
- d) Detectando la presencia de neutralizantes, inhibidores y/o antibióticos.
- e) Determinando la acidez de la leche (14 y 17 Grados Dornic).
- f) La prueba del alcohol, que debe de dar negativa (es decir no cortar) es un indicador indirecto de la acidez.

❖ PH DE LA LECHE

El pH es una medida empleada para mostrar la acidez o alcalinidad de una sustancia (concentración de iones hidrógeno) y constituye un parámetro útil para el procesado de productos lácteos. Generalmente, la leche presenta un valor ligeramente ácido.

❖ DENSIDAD DE LA LECHE

La densidad es una variable que determina la relación que hay entre la masa y el volumen de una sustancia, por lo tanto, la densidad está dada en unidades de masa sobre volumen. La densidad de la leche está directamente relacionada con la cantidad de grasa, sólidos no grasos y agua que contenga la leche.

7.8 RECOLECCIÓN DE DATOS DE LAS VARIABLES

Se tomó un grupo de 6 cabras con diferentes periodos de lactancia para el estudio, las cuales fueron divididas en dos grupos que pasaron de forma simultánea y al azar por los dos tratamientos que consistían en una combinación del 30% de FVH con su alimentación habitual, y un bloque de alimentación habitual que sirvió de testigo. La ración de alimento a suministrar fue de un 15% del peso corporal de cada animal.

Una vez que se inició la alimentación con el FVH en cada bloque se midió las siguientes variables:

- a) Litros de leche/día por cabra, esta variable es importante registrar diario con el fin de garantizar datos exactos.
- b) Calidad de la leche a través del análisis de los componentes sólidos (grasa, proteínas, lactosa y minerales) este estudio se llevó a cabo en el laboratorio SERFIQ-CETEAL, perteneciente a la facultad de Ingeniería Química.

7.9 PROCESAMIENTO DE DATOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron organizados en una hoja de cálculo Excel del paquete informático Microsoft office®. Además, se utilizó el programa Infostat, el cual es un software que es empleado para análisis estadístico.

El cual cubre tanto las necesidades elementales para la obtención de estadísticas descriptivas y gráficos para el análisis explorativo, como métodos avanzados de modelación estadística y análisis multivariado. Para la interpretación del efecto de los tratamientos se utilizará análisis de varianza y para relacionar las medias, la prueba de Tukey $p < 0.05$.

VIII. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1 RESULTADO DE VARIABLES DE CRECIMIENTO EN LOS CULTIVOS DE MAÍZ NB-6 Y SORGO IM.

En la Tabla 9, se presentan los resultados obtenidos al final del ensayo lo cual corresponde a los 14 días después de la siembra (DDS), los cultivos en estudio son representados como semilla 1 para la variedad de Maíz NB-6 y semilla 2 para la variedad de Sorgo IM obtenidos en las repeticiones correspondientes a cada densidad.

Estos datos fueron ingresados en el programa de análisis estadístico de INFOSTAT para determinar que cultivo presentó mejores condiciones de desarrollo y cual densidad es la más apropiada para producción de FVH.

Tabla 9: Variables de crecimiento FVH a los 14 DDS.

<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>Altura Planta</u>	<u>Altura Tallo</u>	<u>Diámetro tallo</u>	<u>Longitud Raíz</u>
1	1	23.16	5.18	2	19.41
1	1	24.4	6.27	2	20.79
1	1	21.86	4.36	2.15	19.88
1	1	22.67	4.95	2	19.3
1	2	24.01	5.13	2.1	20.1125
1	2	24.11	5.33	2	20.06

1	2	22.5	5.76	2.05	21.08
1	2	21.78	5.45	2.05	18.75
1	3	24.3	5.85	2	20.31
1	3	23.72	5.26	2.05	20.74
1	3	19.97	5.19	2	19.08
1	3	20.38	5.2	2	19.22
2	1	11.71	2.97	1	11.52
2	1	10.46	3.84	1	10.46
2	1	11.75	4.11	1	11.75
2	1	10.97	3.03	1	10.97
2	2	11.5	3.91	1	11.5
2	2	10.29	3.31	1	10.29
2	2	10.36	2.96	1	10.36
2	2	11.85	4.22	1	11.85
2	3	10.46	3.93	1	10.46
2	3	11.99	4.01	1	11.99
2	3	12.14	4.08	1	12.14
2	3	12.83	4.25	1	12.83

Fuente: Propia

8.1.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO

En la Figura 26, se muestran los resultados obtenidos de los análisis de la varianza realizados por el programa INFOSTAT, a las variables de crecimiento: Altura de planta, altura de tallo, diámetro de tallo y longitud de raíz.

El estudio realizado tiene como fin conocer el comportamiento de estas variables con respecto a tipo de semilla y a densidad de siembra.

Figura 26: Resultados de análisis para variables de crecimiento

<p>Altura Planta</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>N</th> <th>R²</th> <th>R² Aj</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura Planta</td> <td>24</td> <td>0.96</td> <td>0.95</td> <td>7.46</td> </tr> </tbody> </table> <p>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>F.V.</th> <th>SC</th> <th>gl</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>p-valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo</td> <td>777.00</td> <td>3</td> <td>259.00</td> <td>160.15</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Semilla</td> <td>776.91</td> <td>1</td> <td>776.91</td> <td>480.38</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>0.09</td> <td>2</td> <td>0.04</td> <td>0.03</td> <td>0.9730</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>32.35</td> <td>20</td> <td>1.62</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>809.35</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">A1</p>							Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Altura Planta	24	0.96	0.95	7.46	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Modelo	777.00	3	259.00	160.15	<0.0001	Semilla	776.91	1	776.91	480.38	<0.0001	Densidad	0.09	2	0.04	0.03	0.9730	Error	32.35	20	1.62			Total	809.35	23				<p>Diametro tallo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>N</th> <th>R²</th> <th>R² Aj</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diametro tallo</td> <td>24</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>2.34</td> </tr> </tbody> </table> <p>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>F.V.</th> <th>SC</th> <th>gl</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>p-valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo</td> <td>6.41</td> <td>3</td> <td>2.14</td> <td>1694.71</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Semilla</td> <td>6.41</td> <td>1</td> <td>6.41</td> <td>5082.98</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>1.5E-03</td> <td>2</td> <td>7.3E-04</td> <td>0.58</td> <td>0.5698</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>0.03</td> <td>20</td> <td>1.3E-03</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>6.43</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">A2</p>							Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Diametro tallo	24	1.00	1.00	2.34	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Modelo	6.41	3	2.14	1694.71	<0.0001	Semilla	6.41	1	6.41	5082.98	<0.0001	Densidad	1.5E-03	2	7.3E-04	0.58	0.5698	Error	0.03	20	1.3E-03			Total	6.43	23			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV																																																																																																					
Altura Planta	24	0.96	0.95	7.46																																																																																																					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor																																																																																																				
Modelo	777.00	3	259.00	160.15	<0.0001																																																																																																				
Semilla	776.91	1	776.91	480.38	<0.0001																																																																																																				
Densidad	0.09	2	0.04	0.03	0.9730																																																																																																				
Error	32.35	20	1.62																																																																																																						
Total	809.35	23																																																																																																							
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV																																																																																																					
Diametro tallo	24	1.00	1.00	2.34																																																																																																					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor																																																																																																				
Modelo	6.41	3	2.14	1694.71	<0.0001																																																																																																				
Semilla	6.41	1	6.41	5082.98	<0.0001																																																																																																				
Densidad	1.5E-03	2	7.3E-04	0.58	0.5698																																																																																																				
Error	0.03	20	1.3E-03																																																																																																						
Total	6.43	23																																																																																																							
<p>Altura Tallo</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>N</th> <th>R²</th> <th>R² Aj</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura Tallo</td> <td>24</td> <td>0.77</td> <td>0.74</td> <td>10.75</td> </tr> </tbody> </table> <p>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>F.V.</th> <th>SC</th> <th>gl</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>p-valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo</td> <td>16.12</td> <td>3</td> <td>5.37</td> <td>22.72</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Semilla</td> <td>15.54</td> <td>1</td> <td>15.54</td> <td>65.69</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>0.59</td> <td>2</td> <td>0.29</td> <td>1.24</td> <td>0.3101</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>4.73</td> <td>20</td> <td>0.24</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>20.85</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">A3</p>							Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Altura Tallo	24	0.77	0.74	10.75	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Modelo	16.12	3	5.37	22.72	<0.0001	Semilla	15.54	1	15.54	65.69	<0.0001	Densidad	0.59	2	0.29	1.24	0.3101	Error	4.73	20	0.24			Total	20.85	23				<p>Longitud Raíz</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Variable</th> <th>N</th> <th>R²</th> <th>R² Aj</th> <th>CV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Longitud Raíz</td> <td>24</td> <td>0.97</td> <td>0.97</td> <td>5.18</td> </tr> </tbody> </table> <p>Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>F.V.</th> <th>SC</th> <th>gl</th> <th>CM</th> <th>F</th> <th>p-valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Modelo</td> <td>439.34</td> <td>3</td> <td>146.45</td> <td>223.88</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Semilla</td> <td>438.72</td> <td>1</td> <td>438.72</td> <td>670.69</td> <td><0.0001</td> </tr> <tr> <td>Densidad</td> <td>0.62</td> <td>2</td> <td>0.31</td> <td>0.47</td> <td>0.6290</td> </tr> <tr> <td>Error</td> <td>13.08</td> <td>20</td> <td>0.65</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Total</td> <td>452.43</td> <td>23</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">A4</p>							Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Longitud Raíz	24	0.97	0.97	5.18	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Modelo	439.34	3	146.45	223.88	<0.0001	Semilla	438.72	1	438.72	670.69	<0.0001	Densidad	0.62	2	0.31	0.47	0.6290	Error	13.08	20	0.65			Total	452.43	23			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV																																																																																																					
Altura Tallo	24	0.77	0.74	10.75																																																																																																					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor																																																																																																				
Modelo	16.12	3	5.37	22.72	<0.0001																																																																																																				
Semilla	15.54	1	15.54	65.69	<0.0001																																																																																																				
Densidad	0.59	2	0.29	1.24	0.3101																																																																																																				
Error	4.73	20	0.24																																																																																																						
Total	20.85	23																																																																																																							
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV																																																																																																					
Longitud Raíz	24	0.97	0.97	5.18																																																																																																					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor																																																																																																				
Modelo	439.34	3	146.45	223.88	<0.0001																																																																																																				
Semilla	438.72	1	438.72	670.69	<0.0001																																																																																																				
Densidad	0.62	2	0.31	0.47	0.6290																																																																																																				
Error	13.08	20	0.65																																																																																																						
Total	452.43	23																																																																																																							

A1: Análisis estadístico para variable de altura de planta; A2: Análisis estadístico para variable diámetro de tallo; A3: Análisis estadístico para variable de altura de tallo; A4: Análisis estadístico para variable longitud de raíz.

Fuente Propia

Como se puede observar en la figura anterior, se encontraron diferencias significativas en las semillas usadas para el ensayo y no en la densidad de siembra, siendo el resultado más favorable para el cultivo de maíz.

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación el Tipo de Semilla, se observa que las semillas de Maíz NB-6 y Sorgo IM, tienen diferencias significativas en cuanto al desarrollo de su tallo, raíz y hojas (Figura 27).

Mediante los grafico se puede observar el comportamiento de cada una de las variables de crecimiento con respecto al tipo de semilla, siendo el grafico de barra azul el correspondiente a maíz y el grafico de barra rojo el que corresponde a sorgo (Grafico 1).

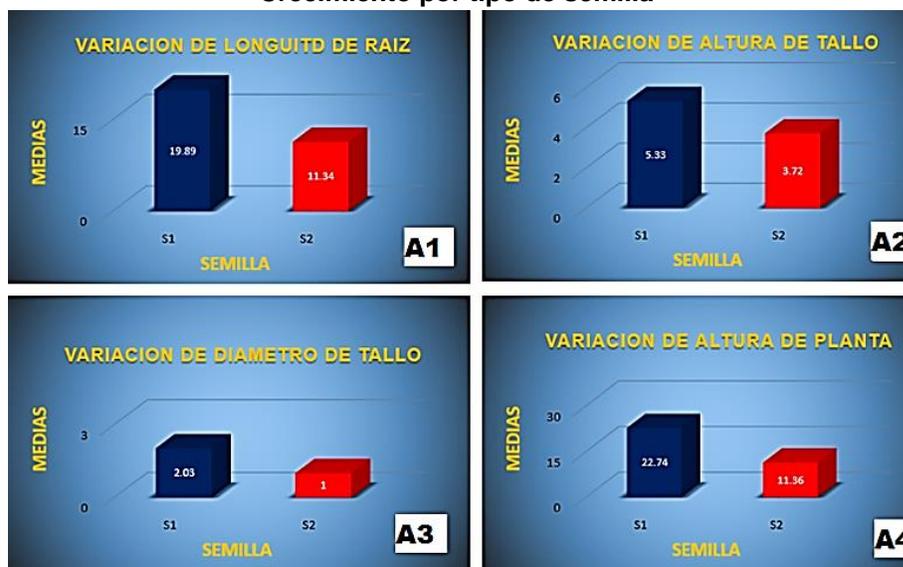
Figura 27: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento por tipo de semilla

<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.68876 Error: 0.6541 gl: 20 Semilla Medias n E.E.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Semilla</th> <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>11.34</td> <td>12</td> <td>0.23</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>19.89</td> <td>12</td> <td>0.23</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>	Semilla	Medias	n	E.E.		2	11.34	12	0.23	A	1	19.89	12	0.23	B	A1
Semilla	Medias	n	E.E.													
2	11.34	12	0.23	A												
1	19.89	12	0.23	B												
<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.41416 Error: 0.2365 gl: 20 Semilla Medias n E.E.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Semilla</th> <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>3.72</td> <td>12</td> <td>0.14</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>5.33</td> <td>12</td> <td>0.14</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>	Semilla	Medias	n	E.E.		2	3.72	12	0.14	A	1	5.33	12	0.14	B	A2
Semilla	Medias	n	E.E.													
2	3.72	12	0.14	A												
1	5.33	12	0.14	B												
<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.03023 Error: 0.0013 gl: 20 Semilla Medias n E.E.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Semilla</th> <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>1.00</td> <td>12</td> <td>0.01</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2.03</td> <td>12</td> <td>0.01</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>	Semilla	Medias	n	E.E.		2	1.00	12	0.01	A	1	2.03	12	0.01	B	A3
Semilla	Medias	n	E.E.													
2	1.00	12	0.01	A												
1	2.03	12	0.01	B												
<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.08299 Error: 1.6173 gl: 20 Semilla Medias n E.E.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Semilla</th> <th>Medias</th> <th>n</th> <th>E.E.</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>11.36</td> <td>12</td> <td>0.37</td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>22.74</td> <td>12</td> <td>0.37</td> <td>B</td> </tr> </tbody> </table> <p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>	Semilla	Medias	n	E.E.		2	11.36	12	0.37	A	1	22.74	12	0.37	B	A4
Semilla	Medias	n	E.E.													
2	11.36	12	0.37	A												
1	22.74	12	0.37	B												

A1: Crecimiento de planta; A2: Desarrollo de tallo; A3: Crecimiento de tallo; A4: Desarrollo de raíz

Fuente Propia

Gráfico 1: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento por tipo de semilla



A1: Crecimiento de planta; A2: Desarrollo de tallo; A3: Crecimiento de tallo; A4: Desarrollo de raíz

Fuente Propia

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación la Densidad de Siembra, se observa que las semillas de Maíz NB-6 y Sorgo IM, son estadísticamente similares en cuanto al desarrollo de su tallo, raíz y hojas (Figura 28).

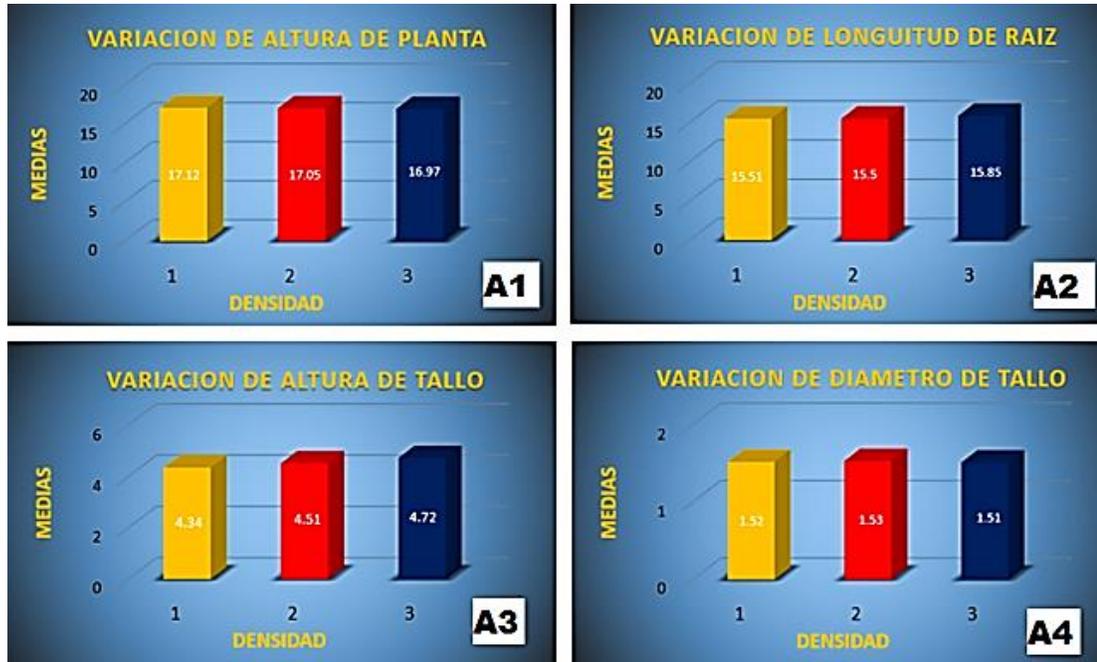
Figura 28: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento según densidad de siembra

<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.60872 Error: 1.6173 gl: 20 Densidad Medias n E.E.</p>				A1
3	16.97	8	0.45 A	
2	17.05	8	0.45 A	
1	17.12	8	0.45 A	
<p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>				
<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.02311 Error: 0.6541 gl: 20 Densidad Medias n E.E.</p>				A2
2	15.50	8	0.29 A	
1	15.51	8	0.29 A	
3	15.85	8	0.29 A	
<p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>				
<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.61520 Error: 0.2365 gl: 20 Densidad Medias n E.E.</p>				A3
1	4.34	8	0.17 A	
2	4.51	8	0.17 A	
3	4.72	8	0.17 A	
<p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>				
<p>Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04491 Error: 0.0013 gl: 20 Densidad Medias n E.E.</p>				A4
3	1.51	8	0.01 A	
1	1.52	8	0.01 A	
2	1.53	8	0.01 A	
<p>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</p>				

**A1: Crecimiento de planta; A2: Desarrollo de tallo;
 A3: Crecimiento de tallo; A4: Desarrollo de raíz
 Fuente Propia**

Mediante los grafico se puede observar el comportamiento de cada una de las variables de crecimiento con respecto a la densidad de siembra, siendo el grafico de barra amarillo el correspondiente a la densidad 1, el grafico de barra rojo el correspondiente a la densidad 2 y el grafico de barra azul el correspondiente a la densidad 3 (Grafico 2).

Gráfico 2: Comparación de medias de Tukey para las variables de Crecimiento según densidad de siembra



A1: Crecimiento de planta; A2: Desarrollo de tallo; A3: Crecimiento de tallo; A4: Desarrollo de raíz

Fuente Propia

8.2 DETERMINACIÓN DEL PESO FRESCO Y ANALISIS BROMATOLÓGICO DEL FVH

Una vez que se cumplió el tiempo previsto para la cosecha, se pesó cada tapete obteniendo así el peso fresco para cada bandeja según el tipo de semilla, la densidad correspondiente y la repetición (Tabla 10), en donde se estableció el código 1 para la semilla de Maíz NB-6 y el código 2 para la semilla de Sorgo IM, así mismo se realizó un promedio de los pesos frescos correspondiente a cada densidad.

Tabla 10: Resultados de Peso Fresco

Resultados de Peso Fresco				
<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>Repetición</u>	<u>Peso Fresco gr</u>	<u>Promedio Peso Fresco gr</u>
1	1	1	700	771.25
1	1	2	610	
1	1	3	815	
1	1	4	960	
1	2	1	1805	1516.25
1	2	2	1660	
1	2	3	1315	
1	2	4	1285	
1	3	1	1470	2116.25
1	3	2	2250	
1	3	3	2420	
1	3	4	2325	
2	1	1	915	888.75
2	1	2	935	
2	1	3	880	
2	1	4	825	
2	2	1	1580	1661.25
2	2	2	1650	
2	2	3	1865	
2	2	4	1550	
2	3	1	1890	1942.5
2	3	2	2075	
2	3	3	2100	
2	3	4	1705	

Fuente: Propia

De estos pesos se enviaron muestras representativas al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria (UNA) (Tabla 11), las densidades se representan como tratamiento para cada caso.

Tabla 11: Muestras representativas

<u>Semilla</u>	<u>Tratamiento</u>	<u>Muestra Representativa</u> gr
1	T1	210
	T2	200
	T3	225
2	T1	150
	T2	200
	T3	250

Fuente: Propia

8.2.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FVH

En la Tabla 12, se presentan los resultados de los análisis en laboratorio correspondientes a las variables: Porcentaje de Materia Seca (MS%), Porcentaje de Proteína Bruta (PB%), Fibra Detergente Neutra (FDN) y Digestibilidad In vitro (DIV).

Tabla 12: Resultados de Laboratorio

<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>%MS</u>	<u>% PB</u>	<u>% FDN</u>	<u>% DIVMS</u>
1	1	9.01	21.37	48.48	51.13
1	2	10.12	23.82	46.36	52.78
1	3	9.71	24.56	50.48	49.57
2	1	13.63	20.72	40.23	57.53
2	2	13.13	20.77	55.36	45.77
2	3	14.56	22.58	45.48	53.47

Fuente: Propia

8.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS VARIABLES PESO FRESCO Y ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL FVH

Las variables estudiadas para determinar la eficiencia y viabilidad del cultivo y densidad a utilizar para producción de FVH en la alimentación de cabras en etapa de lactancia fueron: Peso Fresco, Materia seca, y proteína Bruta. Comparando para cada variable el tipo de semilla, la densidad utilizada y la repetición por cada tratamiento (Tabla 13); la tabla muestra la interpretación del efecto de los tratamientos usando un análisis de varianza y para relacionar las medias, la prueba de Tukey con un nivel de significancia estadística $p < 0.05$, se usaron como variables dependientes Peso Fresco, Materia Seca y Proteína, como variable de clasificación Semilla, Densidad y repetición.

Tabla 13: Datos utilizados para análisis de varianza

<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>Repetición</u>	<u>Peso fresco</u> <u>gr.</u>	<u>MS gr</u>	<u>Proteína</u> <u>gr.</u>
1	1	1	700	63.07	13.48
1	1	2	610	54.96	11.75
1	1	3	815	73.43	15.69
1	1	4	960	97.15	20.76
1	2	1	1805	182.67	43.51
1	2	2	1660	167.99	40.02
1	2	3	1315	133.08	31.70
1	2	4	1285	130.04	30.98
1	3	1	1470	142.74	35.06
1	3	2	2250	218.48	53.66
1	3	3	2420	234.98	57.71
1	3	4	2325	225.76	55.45
2	1	1	915	124.71	25.84
2	1	2	935	127.44	26.41
2	1	3	880	119.94	24.85
2	1	4	825	112.45	23.30
2	2	1	1580	207.45	43.09
2	2	2	1650	216.65	45.00
2	2	3	1865	244.87	50.86
2	2	4	1550	203.52	42.27
2	3	1	1890	275.18	62.14
2	3	2	2075	302.12	68.22
2	3	3	2100	305.76	69.04
2	3	4	1705	248.25	56.05

Fuente: Propia

❖ VARIABLE PESO FRESCO (GR)

En la Figura 29, se muestran los resultados obtenidos de los análisis de la varianza realizados por el programa INFOSTAT, a la variable Peso Fresco (gr).

Figura 29: Modelo estadístico de Peso Fresco

Peso fresco gr.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso fresco gr.	24	0.85	0.80	16.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6007102.08	6	1001183.68	16.70	<0.0001
Semilla	5251.04	1	5251.04	0.09	0.7708
Densidad	5888939.58	2	2944469.79	49.12	<0.0001
Repiticion	112911.46	3	37637.15	0.63	0.6069
Error	1018996.88	17	59940.99		
Total	7026098.96	23			

Fuente: Propia

Como se puede observar en la figura anterior, se encontraron diferencias significativas en las densidades de siembra y no en el tipo de semilla (Figura 29).

Al realizar la prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación el tipo de semilla, no se observaron diferencias significativas entre las semillas de Maíz NB-6 y Sorgo IM, en cuanto al peso fresco del forraje (Figura 30)

Figura 30: Comparación de medias de Tukey para la variable Peso Fresco (gr) por tipo de semilla

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=210.87778

Error: 59940.9926 gl: 17

Semilla	Medias	n	E.E.
1.00	1467.92	12	70.68 A
2.00	1497.50	12	70.68 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Fuente: Propia

Mediante el gráfico se puede observar el comportamiento de la variable Peso Fresco de forraje por tipo de semilla, siendo el gráfico de barra azul el correspondiente a la semilla de maíz y el gráfico de barra rojo el correspondiente a la semilla de sorgo (Gráfico 3).

Gráfico 3: Peso fresco de forraje (gr) por tipo de semilla



Fuente: Propia

Al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación densidad de siembra, se observa que la densidad de siembra 3 sobresale con respecto a las otras dos densidades al obtenerse mayor peso fresco de forraje en ambas semillas (Figura 31).

Figura 31: Comparación de medias de Tukey para la variable Peso Fresco (gr) por densidad de siembra

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=314.03625

Error: 59940.9926 gl: 17

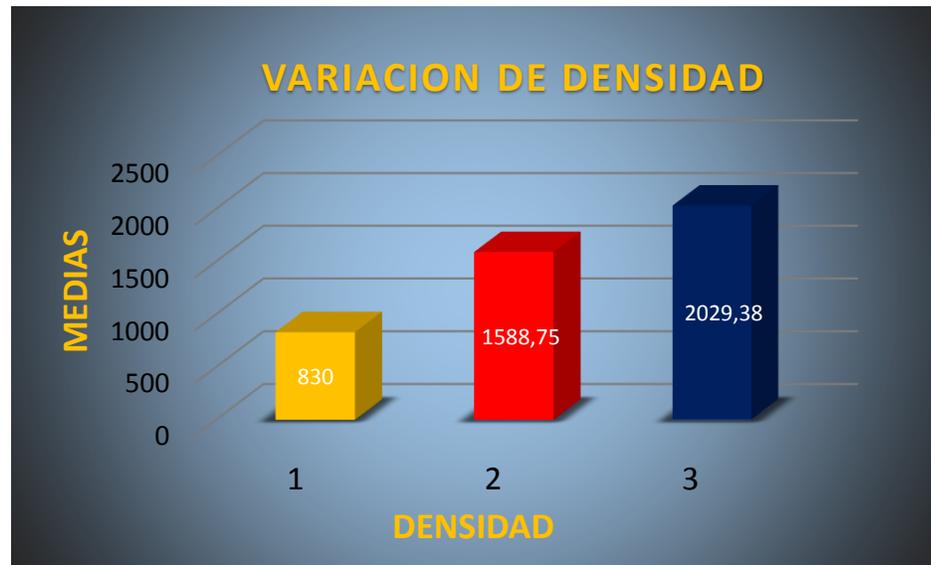
Densidad	Medias	n	E.E.	
1.00	830.00	8	86.56	A
2.00	1588.75	8	86.56	B
3.00	2029.38	8	86.56	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p <= 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el gráfico se puede observar el comportamiento de la variable Peso Fresco de forraje por densidad de siembra, siendo el gráfico de barra amarillo la que corresponde a la densidad 1, el gráfico de barra rojo el que corresponde a la densidad 2 y gráfico de barra azul el correspondiente a la densidad 3 (Gráfico 4).

Gráfico 4: Peso fresco de forraje (gr) por Densidad de siembra



Fuente: Propia

❖ VARIABLE MATERIA SECA (GR)

En la Figura 32, se muestran los resultados obtenidos de los análisis de la varianza realizados por el programa INFOSTAT, a la variable Materia Seca (gr).

Figura 32: Modelo estadístico de Materia Seca

MS gr

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS gr	24	0.91	0.88	14.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	114164.92	6	19027.49	29.37	<0.0001
Semilla	24320.03	1	24320.03	37.54	<0.0001
Densidad	88304.68	2	44152.34	68.16	<0.0001
Repetición	1540.21	3	513.40	0.79	0.5147
Error	11012.78	17	647.81		
Total	125177.70	23			

Fuente: Propia

Como se puede observar en el grafico anterior, se encontraron diferencias significativas en las densidades de siembra y en el tipo de semilla (Figura 32).

Al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación el tipo de semilla, se refleja que hay variación significativa entre las semillas de Maíz NB-6 y Sorgo IM, en cuanto a producción de forraje, siendo el sorgo quien dispone de mayor contenido de materia seca en comparación al maíz (Figura 33).

Figura 33: Comparación de medias de Tukey para la variable Materia Seca (gr) por tipo de semilla

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=21.92264
 Error: 647.8108 gl: 17

Semilla	Medias	n	E.E.	
1	143.70	12	7.35	A
2	207.36	12	7.35	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el grafico se puede observar el comportamiento de la variable Materia Seca por tipo de semilla, siendo el grafico de barra azul el correspondiente a la semilla de maíz y el grafico de barra rojo el correspondiente a la semilla de sorgo (Grafico 5).

Gráfico 5: Materia Seca (gr) por tipo de semilla



Fuente: Propia

Al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación densidad de siembra, se observa que la densidad de siembra 3 sobresale con respecto a las otras dos densidades al tener mayor disposición de Materia Seca para ambas semillas (Figura 34).

Figura 34: Comparación de medias de Tukey para la variable Materia Seca (gr) por Densidad de siembra

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=32.64690

Error: 647.8108 gl: 17

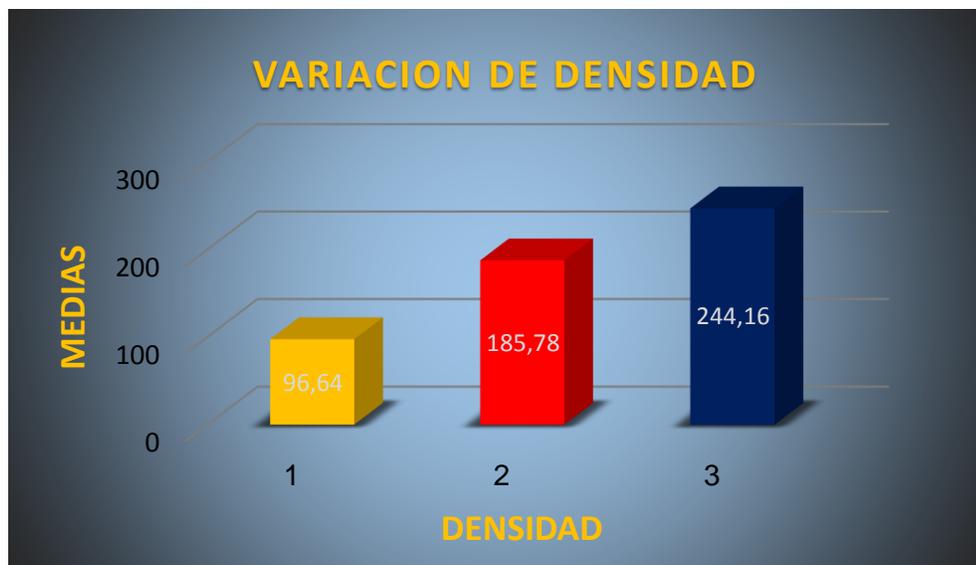
Densidad	Medias	n	E.E.	
1	96.64	8	9.00	A
2	185.78	8	9.00	B
3	244.16	8	9.00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el grafico se puede observar el comportamiento de la variable_Materia Seca por densidad de siembra, siendo el grafico de barra amarillo la que corresponde a la densidad 1, el grafico de barra rojo el que corresponde a la densidad 2 y grafico de barra azul el correspondiente a la densidad 3 (Grafico 6).

Gráfico 6: Materia Seca (gr) por Densidad de siembra



Fuente: Propia

❖ VARIABLE PROTEÍNA BRUTA (GR)

En la Figura 35, se muestran los resultados obtenidos de los análisis de la varianza realizados por el programa INFOSTAT, a la variable Proteína Bruta (gr).

Figura 35: Modelo estadístico de Proteína Bruta

Proteína gr.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína gr.	24	0.91	0.88	14.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6231.27	6	1038.54	29.99	<0.0001
Semilla	675.22	1	675.22	19.50	0.0004
Densidad	5474.47	2	2737.23	79.05	<0.0001
Repetición	81.58	3	27.19	0.79	0.5185
Error	588.68	17	34.63		
Total	6819.95	23			

Fuente: Propia

Como se puede observar en el gráfico anterior, se encontraron diferencias significativas en las densidades de siembra y no en el tipo de semilla (Figura 35).

Al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación el tipo de semilla, se refleja que hay variación significativa entre las semillas de Maíz NB-6 y Sorgo IM, en cuanto a producción de Proteína bruta, siendo el sorgo quien dispone de mayor contenido de Proteína Bruta en comparación al maíz, (Figura 36).

Figura 36: Comparación de medias de Tukey para la variable Proteína Bruta (gr) por tipo de semilla

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.06855

Error: 34.6282 gl: 17

Semilla Medias n E.E.

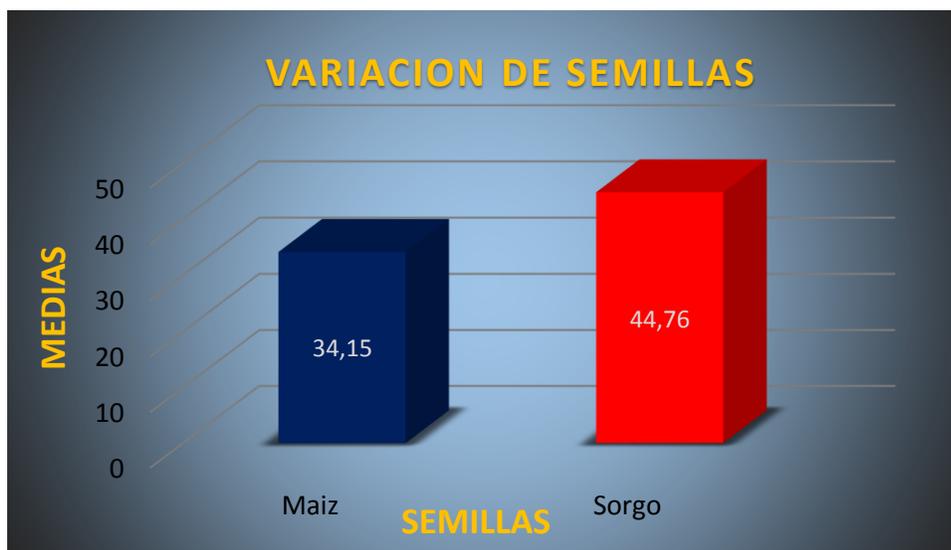
1	34.15	12	1.70	A
2	44.76	12	1.70	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el grafico se puede observar el comportamiento de la variable Proteína Bruta por tipo de semilla, siendo el grafico de barra azul el correspondiente a la semilla de maíz y el grafico de barra rojo el correspondiente a la semilla de sorgo (Grafico 7).

Gráfico 7: Proteína Bruta (gr) por tipo de semilla



Fuente: Propia

Al realizar la Prueba de comparación de medias de Tukey, utilizando como variable de clasificación densidad de siembra, se observa que la densidad de siembra 3 sobresale con respecto a las otras dos densidades al tener mayor disposición de Proteína Bruta para ambas semillas (Figura 37).

Figura 37: Comparación de medias de Tukey para la variable Proteína Bruta (gr) por densidad de siembra

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=7.54801

Error: 34.6282 gl: 17

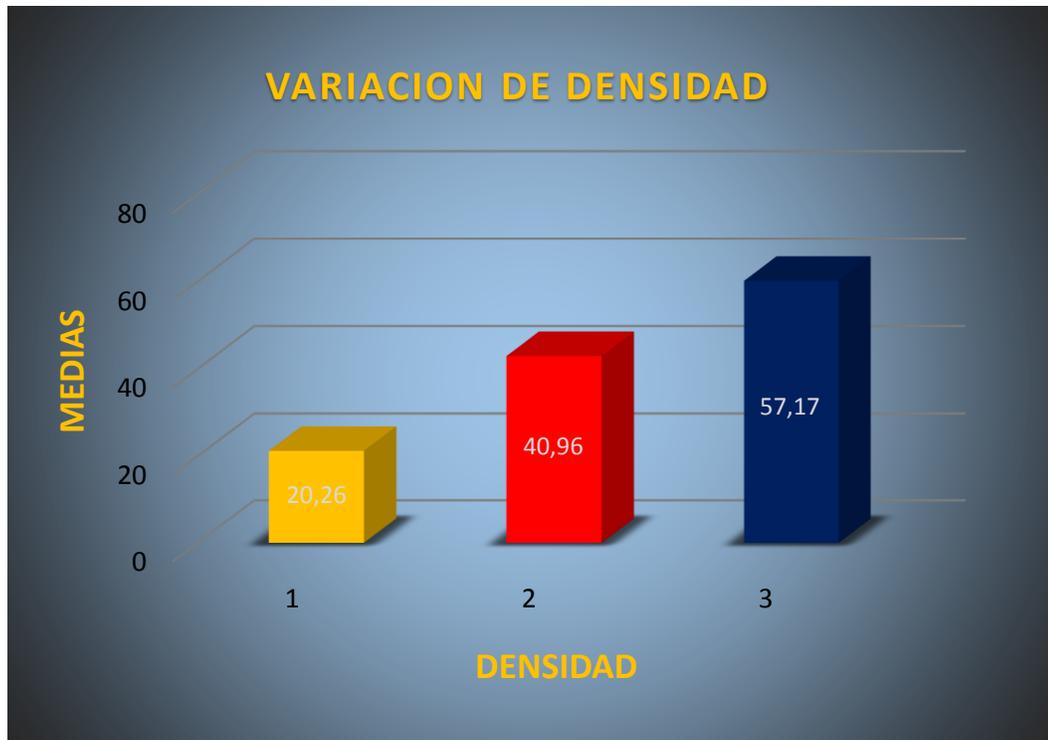
Densidad	Medias	n	E.E.	
1	20.26	8	2.08	A
2	40.93	8	2.08	B
3	57.17	8	2.08	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el grafico se puede observar el comportamiento de la variable Proteína Bruta por densidad de siembra, siendo el grafico de barra amarillo la que corresponde a la densidad 1, el grafico de barra rojo el que corresponde a la densidad 2 y grafico de barra azul el correspondiente a la densidad 3 (Grafico 8).

Gráfico 8: Proteína Bruta (gr) por Densidad de siembra



Fuente: Propia

8.3 RESULTADOS OBTENIDOS PARA ENSAYO DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS

Se estableció un módulo productivo de FVH a base de la semilla de Maíz NB-6 al presentar mejores condiciones de sanidad y viabilidad para la alimentación de cabras en etapa de lactancia, sin afectar la calidad nutricional que estas puedan ofrecer para su comercialización y alimentación de sus crías.

Se escogió un grupo de 6 cabras con diferentes periodos de lactancia, peso, edad y raza, las cuales se dividieron en 2 grupos al azar, para recibir el tratamiento propuesto, el cual consistía en un 70% de su alimentación habitual más un 30% de FVH.

El segundo grupo continuo con su alimentación habitual durante un periodo de 14 días, después del cual se invirtió el proceso de alimentación en ambos grupos. La cantidad de alimento proporcionado a cada individuo correspondió al 15% de su peso vivo, de esta manera se estableció la cantidad de FVH que tendría que ser producido diariamente para cada grupo en estudio (Tabla 14).

Tabla 14: Consumo diario por cabra

<u>Grupo</u>	<u>Código</u>	<u>Peso (Kg)</u>	<u>15% alimento</u>	<u>30% de FVH</u>	<u>Consumo diario Kg</u>
1	O419	58.2	8.7	2.6	5.9
	O416	30.4	4.6	1.4	
	O424	42.8	6.4	1.9	
2	O461	34.6	5.2	1.6	4.8
	O506	41.0	6.2	1.8	
	O414	31.7	4.8	1.4	

Fuente: Propia

Se estableció un periodo de siete días para adaptación de las cabras al alimento complementado con FVH y de diez días para medir la respuesta obtenida en producción, a través de pesajes diarios haciendo uso de balanza digital, de igual manera de forma paralela se midió el comportamiento del grupo que mantenía su alimentación habitual, de esta manera se pudieron obtener la cantidad de datos necesarios para ser analizados por el programa de análisis estadístico INFOSTAT.

Se organizaron los valores correspondientes al peso de leche para el grupo 1 durante ambos periodos del ensayo (Tabla 15), al igual que los valores de peso correspondientes al grupo 2 durante ambos periodos del ensayo (Tabla 16).

Tabla 15: Pesos de leche para grupo 1

<u>Grupo 1</u>	<u>CNIA 0416</u>		<u>CNIA 0419</u>		<u>CNIA 0424</u>	
<u>Día</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>CON FVH</u>	<u>Peso</u> <u>(gr) SIN</u> <u>FVH</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>CON</u> <u>FVH</u>	<u>Peso</u> <u>(gr) SIN</u> <u>FVH</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>CON</u> <u>FVH</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>SIN FVH</u>
1	327	277	685	707	537	605
2	278	263	896	484	537	491
3	316	200	682	499	603	564
4	260	196	518	893	545	530
5	290	339	680	552	533	508
6	339	236	790	778	540	624
7	416	223	827	876	743	652
8	316	203	729	755	620	506
9	298	213	696	773	646	537
10	277	206	732	666	598	514

Fuente: Propia

Tabla 16: Pesos de leche para grupo 2

<u>Grupo 2</u>	<u>CNIA 0506</u>		<u>CNIA 0414</u>		<u>CNIA 0461</u>	
<u>Día</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>CON FVH</u>	<u>Peso</u> <u>(gr) SIN</u> <u>FVH</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>CON</u> <u>FVH</u>	<u>Peso</u> <u>(gr) SIN</u> <u>FVH</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>CON</u> <u>FVH</u>	<u>Peso (gr)</u> <u>SIN FVH</u>
1	589	465	564	409	511	499
2	451	473	499	427	543	505
3	644	418	505	395	584	619
4	655	471	634	400	639	533
5	503	502	457	412	422	532
6	649	509	552	344	495	637
7	666	642	601	592	494	711
8	509	532	479	368	404	447
9	502	488	475	373	465	505
10	485	465	401	451	428	452

Fuente: Propia

8.3.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA VARIABLE PRODUCCIÓN DE LECHE EN CABRAS CON FVH

Una vez organizados los datos obtenidos en campo, se elaboró una base de datos la cual fue posteriormente procesada por el software de análisis estadístico INFOSTAT, para determinar diferencias significativas a través de la prueba de Tukey en el comportamiento de cada individuo al estar sometido a ambas fases del ensayo.

En la configuración de las variables el tratamiento 1 represento alimentación con FVH y tratamiento 2 alimentaciones sin FVH, la repetición hizo referencia a las cabras involucradas en el ensayo (Tabla 17), además, se incluyeron los resultados obtenidos en peso de leche. Se usó como variable dependiente el peso y como variables de clasificación tratamiento y repetición (Figura 38).

Tabla 17: Datos Ingresados a INFOSTAT

<u>Repetición</u>	<u>Código de cabra</u>
1	CNIA 0419
2	CNIA 0416
3	CNIA 0424
4	CNIA 0414
5	CNIA 0506
6	CNIA 0461

Fuente: Propia

Figura 38: Modelo estadístico de producción de leche

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
peso	120	0.74	0.72	15.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2104999.62	6	350833.27	52.56	<0.0001
Tto	56898.08	1	56898.08	8.52	0.0042
Repeticion	2048101.54	5	409620.31	61.37	<0.0001
Error	754236.18	113	6674.66		
Total	2859235.79	119			

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE PESO CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Se determinó que existía diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, siendo el tratamiento 1 el que mostro un incremento promedio de 43.55 gr con respecto a los valores promedios del tratamiento 2 (Figura 39) (Grafico 9).

Figura 39: Pesos con respecto a tratamiento

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=29.55139

Error: 6674.6564 gl: 113

Tto	Medias	n	E.E.	
2	490.77	60	10.55	A
1	534.32	60	10.55	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el grafico se puede observar el comportamiento de la Variación entre Tratamientos, siendo el grafico de barra azul el tratamiento 1, el cual corresponde a la alimentación habitual del ganado más el 30% de FVH y siendo el grafico de barra rojo el tratamiento 2, el cual corresponde a la alimentación habitual del ganado sin FVH (Grafico 9).

Gráfico 9: Modelo Estadístico de Tratamiento



Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE PESO CON RESPECTO A REPETICIÓN

Se determinó que existía diferencias significativas entre repeticiones siendo el Sujeto 1 (CNIA 0419), el que mostro un incremento con respecto a los demás sujetos (Figura 40).

Figura 40: Modelo Estadístico de Repetición

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=74.90226
 Error: 6674.6564 gl: 113

Repeticion	Medias	n	E.E.	
2	273.65	20	18.27	A
4	466.90	20	18.27	B
6	521.25	20	18.27	B C
5	530.90	20	18.27	B C
3	571.65	20	18.27	C
1	710.90	20	18.27	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

Mediante el grafico se puede observar el comportamiento de la Variación entre Repetición, siendo el grafico de barra verde el que corresponde a la cabra 0419, el grafico de barra azul el que corresponde a la cabra 0416, el grafico de barra morada el que corresponde a la cabra 0424, el grafico de barra rojo el que corresponde a la cabra 0461, el grafico de barra amarillo el que corresponde a la cabra 0506, el grafico de barra celeste el que corresponde a la cabra 0414 (Grafico 10).

Gráfico 10: Modelo Estadístico de Repetición



Fuente: Propia

❖ ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LAS VARIABLES DE CALIDAD DE LECHE EN CABRAS CON FVH

Se enviaron muestras de leche al finalizar cada etapa del ensayo al laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de ingeniería (UNI) CETEAL, con el fin de conocer las variaciones en la composición química siendo los parámetros a medir: pH, densidad, grasas, proteína, acidez, calcio y magnesio (Tabla 18), (Tabla 19).

Tabla 18: Resultados de laboratorio grupo 1

<u>Parámetro</u>	<u>Muestra</u>		<u>CNIA 0416</u>		<u>CNIA 0419</u>		<u>CNIA 0424</u>	
	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Con FVH</u>	<u>Sin FVH</u>	<u>Con FVH</u>	<u>Sin FVH</u>	<u>Con FVH</u>	<u>Sin FVH</u>
pH		-	4.84	6.48	5.15	6.22	4.93	6.52
Densidad	Lactodensímetro	g/ml	1.034	1.035	1.037	1.037	1.039	1.039
Grasas	AOAC 905.02	%	3.4	3.45	3.75	3.75	4	4.1
Proteína	AOAC 991.23	%	3.2	3.22	3.25	3.28	3.3	3.3
Acidez	Titulométrico / ASTM D - 1980	%	0.65	0.18	0.71	0.18	0.61	0.16
Calcio	AOAC 929.07	mg/l	109.83	110.25	98.59	97.12	92.54	93.25
Magnesio	AOAC 960.02	mg/l	66.6	65.5	59.78	58.86	57.15	55.7

Fuente: Propia

Tabla 19: Resultados de laboratorio grupo 2

<u>Parámetro</u>	<u>Muestra</u>		<u>CNIA 0414</u>		<u>CNIA 0461</u>		<u>CNIA 0506</u>	
	<u>Método</u>	<u>Unidad</u>	<u>Con FVH</u>	<u>Sin FVH</u>	<u>Con FVH</u>	<u>Sin FVH</u>	<u>Con FVH</u>	<u>Sin FVH</u>
pH		-	6.55	4.76	6.75	5.19	6.58	4.59
Densidad	Lactodensímetro	g/ml	1.036	1.037	1.036	1.036	1.036	1.037
Grasas	AOAC 905.02	%	3.6	3.65	3.5	3.5	3.7	3.75
Proteína	AOAC 991.23	%	3.35	3.4	3.23	3.25	3.3	3.25
Acidez	Titulométrico / ASTM D - 1980	%	0.21	0.63	0.15	0.56	0.17	0.71
Calcio	AOAC 929.07	mg/l	74	74.37	104.8	106.37	100.1	98.59
Magnesio	AOAC 960.02	mg/l	45.4	45.1	62.4	64.5	57.85	59.78

Fuente: Propia

En base a los datos obtenidos en laboratorio para medir el comportamiento de las cabras al ser alimentadas con y sin FVH se elaboró una base de datos la cual fue posteriormente procesada por el software de análisis estadístico INFOSTAT (Tabla 20) y determinar el análisis de varianza y comparación de medias a través de Tukey con un nivel de significancia estadística $p < 0.5$.

Tabla 20: Datos Ingresados a INFOSTAT

<u>Tto</u>	<u>pH</u>	<u>Densidad</u>	<u>Grasas</u>	<u>Proteína</u>	<u>Acidez</u>	<u>Calcio</u>	<u>Magnesio</u>
1	4.84	1.034	3.4	3.2	0.65	109.83	66.6
1	5.15	1.037	3.75	3.25	0.71	98.59	59.78
1	4.93	1.039	4	3.3	0.61	92.54	57.15
1	6.55	1.036	3.6	3.35	0.21	74	45.4
1	6.75	1.036	3.5	3.23	0.15	104.8	62.4
1	6.58	1.036	3.7	3.3	0.17	100.1	57.85
2	6.48	1.035	3.45	3.22	0.18	110.25	65.5
2	6.22	1.037	3.75	3.28	0.18	97.12	58.86
2	6.52	1.039	4.1	3.3	0.16	93.25	55.7
2	4.76	1.037	3.65	3.4	0.63	74.37	45.1
2	5.19	1.036	3.5	3.25	0.56	106.37	64.5
2	4.59	1.037	3.75	3.25	0.71	98.59	59.78

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE PH CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de pH (Figura 41), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 41: Modelo Estadístico de PH

pH

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
pH	12	0.01	0.00	15.72	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.09	1	0.09	0.11	0.7451
Tto	0.09	1	0.09	0.11	0.7451
Error	8.07	10	0.81		
Total	8.16	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.15557
 Error: 0.8069 gl: 10

Tto	Medias	n	E.E.
2	5.63	6	0.37 A
1	5.80	6	0.37 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE DENSIDAD CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de Densidad (Figura 42), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 42: Modelo Estadístico de Densidad

Densidad

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Densidad	12	0.03	0.00	0.14	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.5E-07	1	7.5E-07	0.34	0.5737
Tto	7.5E-07	1	7.5E-07	0.34	0.5737
Error	2.2E-05	10	2.2E-06		
Total	2.3E-05	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00192
 Error: 0.0000 gl: 10

Tto	Medias	n	E.E.
1	1.04	6	6.1E-04 A
2	1.04	6	6.1E-04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE GRASA CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de Grasas (Figura 43), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 43: Modelo Estadístico de Grasas

```

Grasas

Variable N   R²   R² Aj   CV
Grasas  12  0.01  0.00  6.03

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V.   SC   gl   CM   F   p-valor
Modelo 0.01  1  0.01  0.11  0.7516
Tto    0.01  1  0.01  0.11  0.7516
Error  0.49  10 0.05
Total  0.50  11

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.28537
Error: 0.0492 gl: 10
Tto Medias n   E.E.
1      3.66  6 0.09 A
2      3.70  6 0.09 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
    
```

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE PROTEÍNA CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de proteína (Figura 44), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 44: Modelo Estadístico de Proteína

```

Proteína

Variable N   R²   R² Aj   CV
Proteína 12  0.01  0.00  1.81

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V.   SC   gl   CM   F   p-valor
Modelo 4.1E-04  1  4.1E-04  0.12  0.7405
Tto    4.1E-04  1  4.1E-04  0.12  0.7405
Error  0.04  10  3.5E-03
Total  0.04  11

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.07634
Error: 0.0035 gl: 10
Tto Medias n   E.E.
1      3.27  6 0.02 A
2      3.28  6 0.02 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
    
```

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE ACIDEZ CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de Acidez véase (Figura 45), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 45: Modelo Estadístico de Acidez

```

Acidez

Variable N      R²      R² Aj  CV
-----
Acidez  12  7.8E-04  0.00  63.67

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V.      SC      gl      CM      F      p-valor
-----
Modelo  5.3E-04  1  5.3E-04  0.01  0.9313
Tto     5.3E-04  1  5.3E-04  0.01  0.9313
Error   0.68  10  0.07
Total   0.68  11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.33582
Error: 0.0681 gl: 10
Tto Medias n  E.E.
-----
2      0.40  6  0.11  A
1      0.42  6  0.11  A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

```

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE CALCIO CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de Calcio (Figura 46), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 46: Modelo Estadístico de Calcio

```

Calcio

Variable N      R²      R² Aj  CV
-----
Calcio  12  4.3E-07  0.00  12.99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
F.V.      SC      gl      CM      F      p-valor
-----
Modelo  6.8E-04  1  6.8E-04  4.3E-06  0.9984
Tto     6.8E-04  1  6.8E-04  4.3E-06  0.9984
Error  1577.10  10  157.71
Total  1577.10  11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.15514
Error: 157.7096 gl: 10
Tto Medias n  E.E.
-----
1      96.64  6  5.13  A
2      96.66  6  5.13  A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

```

Fuente: Propia

❖ RESULTADOS DE MAGNESIO CON RESPECTO A TRATAMIENTO

Al realizar el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 en el comportamiento de Magnesio (Figura 47), este valor está en un rango adecuado según lo indicado por (Sáenz A, 2004).

Figura 47: Modelo Estadístico de Magnesio

Magnesio

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Magnesio	12	1.1E-05	0.00	12.50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	1	0.01	1.1E-04	0.9920
Tto	0.01	1	0.01	1.1E-04	0.9920
Error	529.52	10	52.95		
Total	529.53	11			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=9.36105

Error: 52.9524 gl: 10

Tto Medias n E.E.

1 58.20 6 2.97 A

2 58.24 6 2.97 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Fuente: Propia

IX.CONCLUSIONES

- ❖ Los resultados obtenidos en el comportamiento de crecimiento para ambos cultivos reflejaron que existían un desarrollo más favorable para el cultivo de maíz en comparación con el cultivo de sorgo.
- ❖ Los resultados obtenidos demostraron que no existe variación significativa entre las semillas de Maíz NB-6 y Sorgo IM para la producción de FVH, sin embargo, existe variación entre las densidades en estudio, siendo la tercera para ambos cultivos la que demostró tener mayor disposición de forraje, estas corresponden a 6 Kg/m² para el cultivo de maíz y de 4 Kg/m² para el cultivo de sorgo.
- ❖ El estudio bromatológico indicó que el FVH de Sorgo presentó mejores resultados en su composición química en comparación al cultivo de maíz. El contenido de materia seca del cultivo de sorgo demostró un incremento de 63.66 gr y de igual manera el contenido de proteína bruta reflejo un incremento de 10.61 gr en comparación al cultivo de maíz, sin embargo, la calidad del forraje a base de sorgo se vio afectada por la presencia de hongos que se desarrollaron por las altas temperaturas externas y la humedad presente en los tapetes, lo que ocasiono que fuese poco factible para el consumo del ganado, por lo cual se escogió el cultivo de maíz para el establecimiento del módulo productivo de la segunda etapa del experimento.
- ❖ En base a los resultados obtenidos se concluye que se cumple la hipótesis Nula para esta primera etapa del ensayo ya que el cultivo de maíz no supero la disposición de forraje que brinda el cultivo de sorgo y tampoco la disposición de nutrientes que brinda el mismo.

- ❖ Los resultados obtenidos en el estudio correspondiente a la inclusión de FVH y su efecto productivo en cabras, dio como resultado un incremento de 43.55 gr de leche en comparación a la producción habitual. Por lo cual se determina que usar FVH como complemento alimenticio para cabras en etapa de lactancia, es una opción viable para época de sequías, las cuales son cada vez más pronunciadas durante el año en muchas regiones de nuestro país.
- ❖ Los estudios realizados en el laboratorio CETEAL de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), dieron como resultado que no existía variación significativa en la composición química de la leche, lo cual demostró que no existen alteraciones en la calidad de la leche al incluir FVH en la dieta de los individuos en estudio.
- ❖ En base a los resultados obtenidos se concluye que se cumple la hipótesis Alternativa para esta segunda etapa del ensayo ya que existe un incremento en la producción habitual del ganado caprino, pero no existe ninguna modificación en su contenido nutricional.

X. RECOMENDACIONES

- ❖ Establecer módulos de producción de FVH en condiciones semi controladas (Invernaderos o casa sombra), con la propósito de dar mejor control a las condiciones de temperatura, humedad y disposición de sol, los cuales son necesarios para un desarrollo adecuado de los tapetes y a su vez evitar la proliferación de organismos no deseados.
- ❖ Hacer uso de semillas certificadas por INTA, para garantizar niveles óptimos de producción, conforme a lo reflejado en este estudio. Al no disponer de este material se recomienda realizar pruebas de germinación y desarrollo que demuestren la viabilidad de las semillas de uso local.
- ❖ Se sugiere realizar investigaciones posteriores con el fin de determinar la cantidad de agua requerida, para un desarrollo adecuado de forraje a base del cultivo de sorgo, tomando en cuenta las condiciones climáticas existentes en la región de estudio.
- ❖ Se recomienda suministrar FVH antes de realizar acciones de pastoreo o alimentación controlada, de tratarse de sistemas estabulados o semi-estabulados en el ganado, esto con el fin de garantizar un consumo óptimo del mismo.
- ❖ Se aconseja establecer comederos que permitan una distribución ideal del forraje, de esta manera cada individuo podrá acceder al porcentaje deseado de alimento y alcanzar los niveles de producción estimados.

XI. BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, R. (2009). *El forraje verde hidropónico (FVH): una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas*. Caracas-Venezuela: Asociacion Interciencia.
- Araño. (1998). *Forraje verde hidroponico y otras tecnicas de cultivo sin tierra*. Buenos Aires, Argentina.
- Benavides. (1995). *Modulos agroforestales con cabras para la produccion de leche*. Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. (1987). *Situacion de la Produccion Caprina en Centroamerica*. Turrialba, Costa Rica.
- FAO. (2001). *Manual Tecnico de Forraje Verde Hidroponico, Primera Parte*. Santiago, Chile.
- FAO. (2001). *Manual Tecnico de Forraje Verde Hidroponico, Segunda Parte*. Santiago, Chile.
- FAO, O. d. (1993). *El maiz en la nutricion humana*. Roma, Italia.
- Fernandez, A. B. (2017). *Composicion, Cualidades y beneficios de la leche de cabra*. Scielo.
- Garcia. (1988). *Sanidad Ganadera*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- HYDROENVIRONMENT. (n.d.). *Innovacion Agricola*. Retrieved from Guia Produccion Intensiva de Forraje Verde: www.hydroenv.com.mx
- Instituto de investigaciones agropecuarias- INIA. (2016). *Produccion de FVH para la pequeña agricultura*. *Agriculturers*, 1.
- INTA. (1999). *Variedad Mejorada de Maiz NB-6 INTA-CNIA*.
- INTA. (2013). *Variedad de sorgo*.
- INTA. (2018). *Forraje Verde Hidroponico*. Managua.
- INTA. (2018). *FVH*.
- INTA, I. N. (2012). *Cultivo de sorgo*. Argentina: EEA INTA.
- INTAGRI S.C. (2014). *HIDROPONIA CULTIVOS SIN SUELO*. Retrieved from www.intagri.com
- Ministerio de Agricultura y Riego . (2015). *Ministerio de Agricultura y Riego* . Retrieved from Ganado Caprino: <http://minagri.gob.pe>

- Morales, N. (2014, Octubre 24). *AGRICULTURERS*. Retrieved from <http://agriculturers.com>
- OEIDRUS. (2013). *Origen y clasificacion zoologica del ganado caprino*. Monterrey, Nuevo Leon.
- Pliego, E. (2015, 10 19). *Panorama Cultural*. Retrieved from Maiz, origen, historia y expansion : www.panoramacultural.com.co
- Rodriguez. (2003). *Como producir con facilidad, rapidez y optimos resultados FVH*. Mexico: Diana.
- Sáenz A, A. (2004). *Manejo de caprinos*. Managua, Nicaragua: Literatura Educativa Cultural.
- Saenz, I. A. (2007). *Ovinos y Caprinos*. Nicaragua.
- Salas, L. (2010). Rendimiento y calidad del fvh producido bajo fertilizacion organica. *Scielo*, 3-4.
- Shimada, M. (2009). *Nutrición animal, alimentación de cabras*. México: Trillas.
- UNAN, U. N. (2015). *Producción y Comercialización de Sorgo en Nicaragua* . Managua.

ANEXO

LIBRO DE CAMPO

HOJA DE INFORMACIÓN BÁSICA

I. DATOS GENERALES

Departamento: _____ Municipio: _____

Localidad: _____

II. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

a) Altitud: _____ (m.s.n.m)

b) Pp anual (mm): _____

c) T° media anual (°C): _____

d) Coordenadas: Latitud _____, Longitud _____

III. Distribución y azarización de muestras

Las bandejas de sorgo y maíz fueron ubicadas en mesas diferentes y a la vez estas se acomodaron al azar según sus densidades para recibir las mismas condiciones y obtener resultados más homogéneos, a continuación, se muestra la configuración obtenida en ambas mesas para sorgo y maíz y las densidades correspondientes a los diferentes tratamientos (Tabla Anexos 1).

Tabla Anexos 1: Distribución y Azarización de muestras

<u>Cultivo</u>	<u>Código de Bandeja</u>	<u>Densidad de siembra (Kg)</u>
Maíz NB6	T ₁	0.396
	T ₂	0.791
	T ₃	1.187
Sorgo IM	T ₄	0.232
	T ₅	0.540
	T ₆	0.771

Fuente: Propia

Ubicación de bandejas de maíz

Tabla Anexos 2: Ubicación de bandejas del cultivo de Maíz

101 = T ₁	204 = T ₃	301 = T ₁
----------------------	----------------------	----------------------

102 = T ₂	203 = T ₂	302 = T ₃
----------------------	----------------------	----------------------

103 = T ₃	202 = T ₂	303 = T ₁
----------------------	----------------------	----------------------

104 = T ₂	201 = T ₁	304 = T ₂
----------------------	----------------------	----------------------

Fuente: Propia

Ubicación de bandejas de Sorgo

Tabla Anexos 3: Ubicación de bandejas del cultivo de sorgo

401 = T ₄	504 = T ₅	601 = T ₄
----------------------	----------------------	----------------------

402 = T ₆	503 = T ₄	602 = T ₆
----------------------	----------------------	----------------------

403 = T ₆	502 = T ₅	603 = T ₅
----------------------	----------------------	----------------------

404 = T ₅	501 = T ₄	604 = T ₆
----------------------	----------------------	----------------------

Fuente: Propia

Tabla Anexos 5: Promedio de Altura de Planta

Promedio de Altura de Planta durante Ensayo de Densidad											
<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>Repetición</u>	<u>Hp</u> <u>Día 6</u>	<u>Hp</u> <u>Día 7</u>	<u>Hp</u> <u>Día 8</u>	<u>Hp</u> <u>Día 9</u>	<u>Hp Día</u> <u>10</u>	<u>Hp Día</u> <u>11</u>	<u>Hp Día</u> <u>12</u>	<u>Hp Día</u> <u>13</u>	<u>Hp Día</u> <u>14</u>
1	1	1	5.11	7.96	12.13	9.57	17.58	21.48	18.95	22.37	23.16
1	1	2	5.35	8.01	11.63	11.16	19.6	20.46	18.05	22.23	24.4
1	1	3	6.11	7.88	11.16	18.13	18.32	21.74	19.25	22.44	21.86
1	1	4	6.04	8.69	11.51	19.74	18.04	21.41	21.12	23.44	22.67
1	2	1	5.5	9.47	13.87	12.41	19.74	20.09	19.46	26.56	24.01
1	2	2	5.3	8.55	12.31	11.92	19.15	21.19	19.6	21.86	24.11
1	2	3	5.24	8.5	11.06	11.16	18.99	21.74	18.36	22.33	22.5
1	2	4	5.21	7.96	11.16	14.96	18.56	20.44	18.93	22.19	21.78
1	3	1	5.09	8.65	12.19	12.32	20.11	19.83	18.52	24.44	24.3
1	3	2	5.89	8.22	11.16	16.06	18.38	19.96	18.7	21.95	23.72
1	3	3	5.77	8.33	12.18	16.4	18.54	20.07	19.3	21.54	19.97
1	3	4	5.9	8.35	11.97	17.73	17.84	18.9	19.03	20.48	20.38
2	1	1	3.56	5.59	7.4	9.97	12.19	9.82	11.28	11.84	11.71
2	1	2	3.87	7.26	8.72	11.59	10.82	12.62	11.86	11.86	10.46
2	1	3	4	7.07	9.49	10.88	11.65	10.67	11.56	13.35	11.75
2	1	4	3.72	6.29	7.68	9.29	10.96	10.27	10.94	11.13	10.97
2	2	1	3.74	6.62	9.51	11.35	12.88	11.35	12.23	12.33	11.5
2	2	2	3.83	6.42	8.03	12.18	11.46	12.08	13.8	11.95	10.29
2	2	3	3.67	5.78	7.22	9.27	12.16	11.13	13.41	10.59	10.36
2	2	4	4.04	6.29	8.57	11.21	12.21	12.42	12.55	12.11	11.85
2	3	1	3.75	6.74	9.4	10.78	11.01	10.29	10.66	12.43	10.46
2	3	2	3.74	6.44	9.85	9.85	12.3	10.71	11.6	11.6	11.99
2	3	3	3.72	6.35	8.73	11.58	11.9	10.87	12.58	12.06	12.14
2	3	4	4.12	7.4	9.22	10.67	10.88	10.35	11.66	13.47	12.83

Fuente: Propia

Tabla Anexos 6: Promedio de Altura de Tallo

Promedio de Altura de Tallo durante Ensayo de Densidad											
Semilla	Densidad	Repetición	Ht Día								
			6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	1	1.94	2.82	4.34	3.52	4.73	6.28	5.27	5.88	5.18
1	1	2	1.88	3.06	4.34	4.03	6.17	5.73	5.26	6.08	6.27
1	1	3	2.37	2.97	4.08	6.97	4.82	6.56	5.54	6.22	4.36
1	1	4	2.23	3.66	4.24	7.16	4.75	6.34	5.55	6.23	4.95
1	2	1	2.29	3.87	4.86	3.84	5.51	5.76	4.93	7.27	5.13
1	2	2	1.8	3.45	4.47	3.94	5.01	5.94	5.35	4.82	5.33
1	2	3	1.89	3.54	4.11	3.97	5.54	5.96	5.12	5.76	5.76
1	2	4	1.82	3.46	4.08	6.11	5.2	5.89	5.06	6.32	5.45
1	3	1	1.772	3.47	4.19	4.1	5.06	5.66	4.87	7.4	5.85
1	3	2	2.21	3.17	3.56	5.98	8.97	5.88	4.72	6.96	5.26
1	3	3	2	3.18	3.81	5.54	4.88	5.69	4.63	4.83	5.19
1	3	4	2.23	3.3	3.87	5.91	5.05	5.18	4.53	4.57	5.2
2	1	1	1.45	2.62	3.56	3.38	3.86	4.31	4.84	3.12	2.97
2	1	2	1.5	3.73	3.41	5.7	4.62	4.52	5.83	3.63	3.84
2	1	3	1.58	3.58	3.9	3.83	3.59	4.66	4.65	4.55	4.11
2	1	4	1.6	2.9	2.8	4.55	2.93	4.64	4.75	3.02	3.03
2	2	1	1.48	3.29	3.42	4.07	4.2	5.13	4.86	3.58	3.91
2	2	2	2.93	3.11	2.82	5.26	4.8	4.21	4.92	3.05	3.31
2	2	3	1.45	2.55	2.68	3.17	5.34	3.99	4.75	2.46	2.96
2	2	4	1.73	3.28	3.16	4.79	3.71	4.92	5.07	3.42	4.22
2	3	1	1.54	3.42	3.43	3.83	3.14	4.36	3.87	3.59	3.93
2	3	2	1.54	3.23	3.64	4.04	3.59	5.17	5.33	4.22	4.01
2	3	3	1.61	3.25	3.13	5.14	3.48	4.83	5.15	3.69	4.08
2	3	4	1.82	3.54	3.48	4.7	5.1	4.85	4.94	4.04	4.25

Fuente: Propia

Tabla Anexos 7: Promedio de Diámetro de Tallo

Promedio de Diámetro de Tallo durante Ensayo de Densidad											
<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>Repetición</u>	<u>∅ Día</u> <u>6</u>	<u>∅ Día</u> <u>7</u>	<u>∅ Día</u> <u>8</u>	<u>∅ Día</u> <u>9</u>	<u>∅ Día</u> <u>10</u>	<u>∅ Día</u> <u>11</u>	<u>∅ Día</u> <u>12</u>	<u>∅ Día</u> <u>13</u>	<u>∅ Día</u> <u>14</u>
1	1	1	2.05	2.15	2.05	2.1	2.1	2.05	2	2.05	2
1	1	2	2.2	2.2	2.15	2.05	2.1	2	2.15	2	2
1	1	3	2.15	2.25	2.1	2.2	2.2	2	2	2.05	2.15
1	1	4	2.1	2.1	2.05	2.2	2.1	2	2	2	2
1	2	1	2.15	2.1	2.05	2.1	2	2	2.05	2	2.1
1	2	2	2	2.2	2.25	2	2	2	2.25	2	2
1	2	3	2.15	2.1	2.05	2	2.1	2	2.15	2	2.05
1	2	4	2.1	2.15	2.05	2.5	2.15	2.05	2.1	2	2.05
1	3	1	2.2	2.2	2	2.05	2	2	2.15	2	2
1	3	2	2.1	2.1	2	2.35	2	2	2	2	2.05
1	3	3	2.05	2.15	2.05	2.25	2	2.15	2.15	2	2
1	3	4	2	2.25	2	2.2	2.05	2	2.2	2	2
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Propia

Tabla Anexos 8: Promedio de Longitud de Raíz

<u>Promedio de Longitud de Raíz durante Ensayo de Densidad</u>				
<u>Semilla</u>	<u>Densidad</u>	<u>Repetición</u>	<u>Hp Día 7</u>	<u>Hp Día 14</u>
1	1	1	9.37	19.41
1	1	2	11.07	20.79
1	1	3	12.25	19.88
1	1	4	11.29	19.3
1	2	1	12.78	20.1125
1	2	2	12.8	20.06
1	2	3	13.32	21.08
1	2	4	12.42	18.75
1	3	1	15.46	20.31
1	3	2	16.45	20.74
1	3	3	13.89	19.08
1	3	4	13.59	19.22
2	1	1	8.61	11.52
2	1	2	9.3	10.46
2	1	3	10.8	11.75
2	1	4	8.01	10.97
2	2	1	10.12	11.5
2	2	2	8.7	10.29
2	2	3	9.15	10.36
2	2	4	9.54	11.85
2	3	1	10.11	10.46
2	3	2	10.6	11.99
2	3	3	10.28	12.14
2	3	4	9.4	12.83

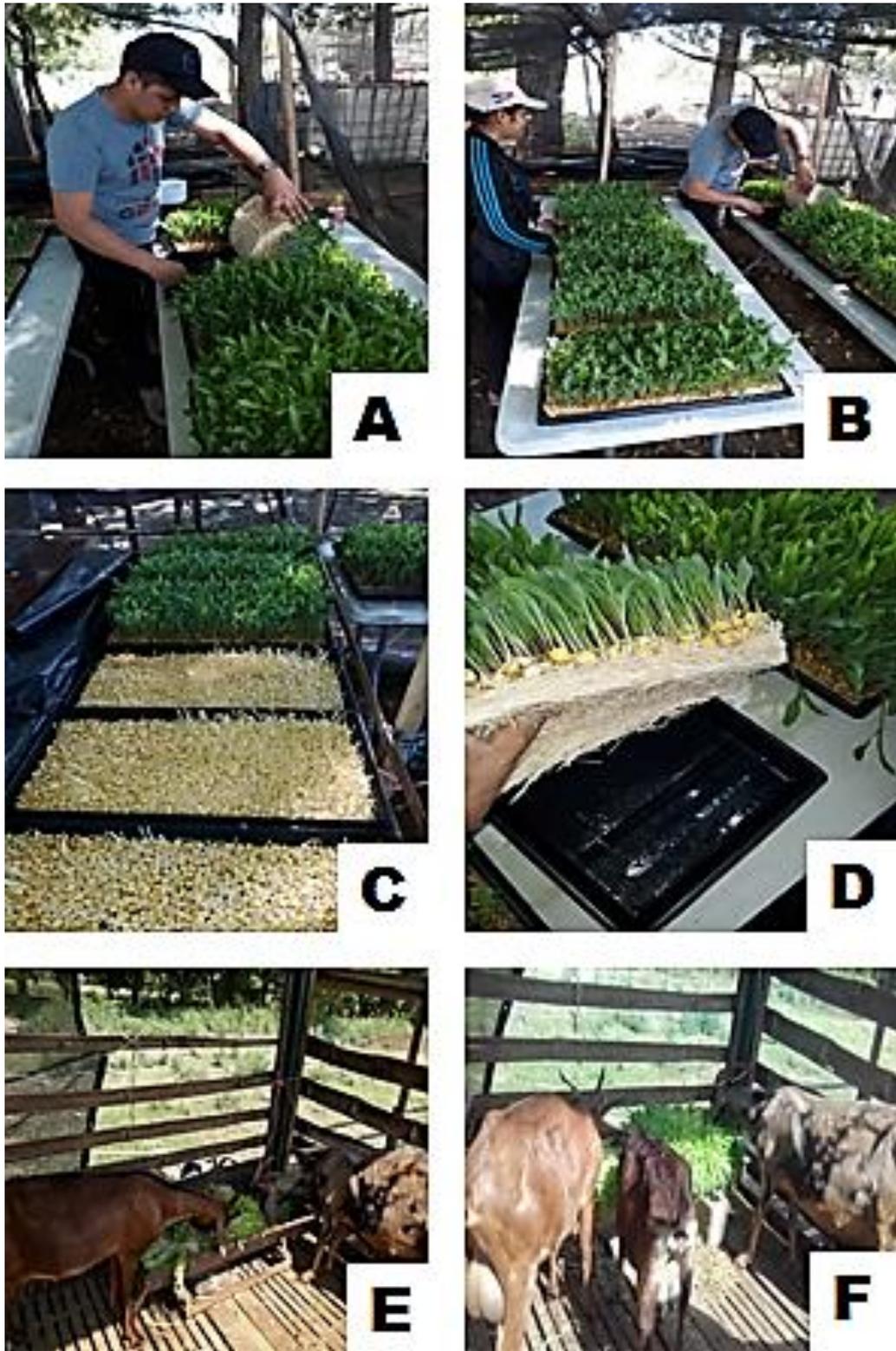
Fuente: Propia

Figura 48: Proceso de elaboración de Biol



Fuente: Propia

Figura 49: Desarrollo de investigación



Fuente: Propia