



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS RECURSOS**  
**NATURALES Y DEL AMBIENTE**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE TRES RACIONES TOTALMENTE MEZCLADAS  
(TMR) DE FORRAJE HIDROPÓNICO MÁS FIBRA EN LA NUTRICIÓN  
DE VACAS LECHERAS Y SU RELACIÓN CON SÓLIDOS TOTALES**

**AUTOR:**

**Ramsés Gustavo Soto Peña**

**DIRECTOR:**

**Dr. Franco Cordero, MSc.**

**GUARANDA – ECUADOR**

**2020**

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL  
TRIBUNAL**

**“EVALUACIÓN DE TRES RACIONES TOTALMENTE MEZCLADAS  
(TMR) DE FORRAJE HIDROPÓNICO MÁS FIBRA EN LA NUTRICIÓN  
DE VACAS LECHERAS Y SU RELACIÓN CON SÓLIDOS TOTALES”**

**REVISADO Y APROBADO POR:**

.....

**Dr. Franco Cordero, MSc.**

**APROBADO POR LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE  
CALIFICACIÓN:**

.....

**Ing. Víctor Danilo Montero Silva**

**BIOMETRISTA**

.....

**Ing. Vinicio Rolando Montalvo Silva**

**REDACCIÓN TÉCNICA**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, RAMSÉS GUSTAVO SOTO PEÑA, con C.I. No. 02020271 6-S declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas en su respectivo autor (=)

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



**Ramsés Gustavo Soto Peña**

**C.I. 02020271 6-S**



## **DEDICATORIA**

A mis padres Gustavo y Beatriz, quienes han sido un ejemplo de humildad, sacrificio y honestidad, les agradezco por todo lo que me han brindado en todo este tiempo ya que soy el reflejo de ellos en esta vida.

A mi hermana Anahí a quien dedico este trabajo por todo el amor y apoyo que me brinda, espero que sea un ejemplo para su formación como profesional y persona.

A mis hermanos Anybeth, Steve, Johana, Samuel, Andrea, por ser un ejemplo de dedicación y lucha para yo lograr este objetivo, y ser una parte fundamental en mi vida.

A toda mi familia por haber contribuido de una forma u otra a la consecución de este logro.

Ramsés Soto.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por guiarme a escoger y amar esta carrera que cambio mi vida, a la Universidad Estatal de Bolívar y a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia por toda la formación académica que brinda a la sociedad.

Un agradecimiento al Doctor Franco Cordero, director de mi proyecto y docente en mi transcurso académico, al cual tengo mucha gratitud por todo el apoyo y confianza, al Ingeniero Danilo Montero, miembro de mi tribunal por toda su ayuda durante este proceso, y de manera muy especial al Ingeniero Vinicio Montalvo por todos sus consejos y guía en toda mi formación académica, demostrando ser un docente ejemplar y un mejor amigo.

A todos y cada uno de los docentes que durante mi carrera profesional han aportado un grano de arena en mi formación.

De manera especial al Sr. Miguel Rodríguez quien me dio toda la apertura para que mi proyecto se realice, a la comunidad de Pumín y su Quesera una de las mejores del país, donde pude realizar los exámenes de la investigación.

A toda mi familia y amigos que estuvieron en este proceso con el apoyo desinteresado en todo momento.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Descripción	Página
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XI
RESUMEN Y SUMMARY.....	XII
<b>I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS .....</b>	<b>1</b>
<b>II. PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
3.1. LA GANADERIA BOVINA .....	5
3.1.1. Qué es un ganado bovino .....	5
3.1.2. Características biológicas, anatómicas y zootécnicas de bovino .....	5
3.1.3. Constantes fisiológicas del bovino.....	6
3.1.4. Ph de algunas de las secreciones corporales de los bovinos .....	6
3.1.5. Sistemas ganaderos .....	7
3.1.6. Ganadería intensiva.....	7
3.1.7. Pastoreo intensivo suplementado .....	7
3.1.8. Ganadería semi intensiva .....	8
3.1.9. Ganadería extensiva .....	8
3.1.10. Ganadería trashumante.....	8
3.1.11. Clasificación de la ganadería según los productos ganaderos.....	9
3.1.12. Tipos de ganadería .....	9
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS QUE CONSUMEN LOS BOVINOS .....	9
3.2.1. Forrajes.....	10
3.2.2. Heno .....	10
3.2.3. Ensilaje.....	11
3.2.4. Concentrados.....	11

3.3. ALIMENTACIÓN PARA EL GANADO DE LECHE .....	12
3.3.1. Suplementos Fibrosos .....	14
3.3.2. Suplementos Proteicos .....	14
3.3.3. Suplementos Minerales .....	15
3.3.4. Suplementos Energéticos .....	15
3.3.5. Suplementos Vitamínicos .....	16
3.4. EL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	17
3.5. ANTECEDENTES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO .....	18
3.6. EL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO COMO SUPLEMENTO EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO .....	18
3.7. OBTENCIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO.....	20
3.7.1. Selección de la semilla .....	20
3.7.2. Germinado.....	20
3.7.3. Requerimientos ambientales .....	20
3.7.4. Producción .....	22
3.7.5. Trigo.....	24
3.7.6. Cebada.....	25
3.7.7. Maíz forrajero.....	26
3.8. EL SISTEMA RACIÓN TOTALMENTE MEZCLADA (RTM) .....	28
3.8.1. Ventajas potenciales de la RMT .....	28
3.8.2. Desventajas o exigencias del sistema RTM .....	30
3.8.3. Factores importantes a considerar al aplicar el sistema RTM.....	30
3.9. LA LECHE.....	33
3.9.1. Composición de la leche de vaca .....	33
3.9.2. Requisitos.....	34
3.9.2.1. Requisitos físicoquímicos de la leche cruda	35
3.9.2.2. Requisitos específicos	35
3.9.2.3. Requisitos físicos y químicos	34
3.9.2.4. Requisitos organolépticos	35
3.9.2.5. Requisitos complementarios	35
3.9.3. Densidad.....	35
3.9.4. Materia Grasa .....	36

3.9.5. Acidez titulable como ácido láctico .....	36
3.9.6. Sólidos totales .....	37
3.9.7. Proteína .....	37
<b>IV. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>39</b>
4.1. MATERIALES .....	39
4.1.1. Ubicación de la investigación .....	39
4.1.2. Localización de la Investigación .....	39
4.1.3. Situación geográfica y climática .....	39
4.1.4. Zona de vida .....	40
4.1.5. Material experimental .....	40
4.1.6. Material de campo .....	40
4.1.7. Materiales de oficina .....	41
4.1.8. Materiales de laboratorio .....	41
4.2. MÉTODOS .....	41
4.2.1. Factor de estudio .....	41
4.2.2. Tratamiento y Diseño Experimental .....	42
4.2.2.1. Tratamientos .....	42
4.2.2.2. Procedimiento del ensayo .....	42
4.2.2.3. Tipo de análisis .....	43
4.2.3. Periodo experimental .....	44
4.2.3.1. Duración y distribución en el tiempo .....	44
4.2.4. Animales .....	44
4.3. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	45
4.3.1. De campo .....	45
4.3.1.1. Edad de los animales .....	45
4.3.2. Elementos para la producción del forraje verde hidropónico, forraje verde y el manejo de los animales .....	46
4.3.3. Pasto hidropónico .....	46
4.3.4. Alimentación .....	48
4.3.5. Composición fisicoquímica de la leche y laboratorio .....	48
4.3.6. Mediciones experimentales .....	49
4.3.6.1. Peso de los animales .....	49

4.3.6.2. Perfil metabólico	49
4.3.6.3. Volumen de leche	50
4.3.6.4. Calidad de leche	50
4.4. Tabulación de datos.....	52
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
5.1. Peso de los animales.....	53
5.2. Perfil metabólico .....	55
5.3. Volumen de leche.....	57
5.4. Calidad de leche .....	59
5.5. Costos de producción .....	68
<b>VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS .....</b>	<b>71</b>
<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
7.1. CONCLUSIONES .....	72
7.2. RECOMENDACIONES .....	74
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>75</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición nutricional del heno	11
<b>Tabla 2.</b> Cronograma para la producción de forraje verde hidropónico	23
<b>Tabla 3.</b> Valor nutritivo del trigo	24
<b>Tabla 4.</b> Composición nutricional del grano de cebada.	26
<b>Tabla 5.</b> Composición de la leche de vaca	33
<b>Tabla 6.</b> Esquema del Experimento en las etapas de alimentación de las vacas.	42
<b>Tabla 7.</b> Arreglo factorial.	42
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza (ADEVA).	43
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Duncan al 5 %.	44
<b>Tabla 10.</b> Edad de los animales.	45
<b>Tabla 11.</b> Parámetros de control de densidad relativa.	50
<b>Tabla 12.</b> Parámetros de control de grasa.	50
<b>Tabla 13.</b> Parámetros de control de acidez.	51
<b>Tabla 14.</b> Parámetros de control de sólidos totales y sólidos no grasos.	51
<b>Tabla 15.</b> Parámetros de control de sólidos totales y sólidos no grasos.	51
<b>Tabla 16.</b> Análisis de la Varianza para el peso corporal de las vacas.	53
<b>Tabla 17.</b> Resultados de la prueba de Duncan para Peso corporal de las vacas.	54
<b>Tabla 18.</b> Química sanguínea de vaca Ayrshire alimentada con TMR 40 % FVH y 60 % heno.	56
<b>Tabla 19.</b> Análisis de Varianza para el volumen de la leche.	57
<b>Tabla 20.</b> Resultados de la prueba de Duncan para volumen de leche en litros.	58
<b>Tabla 21.</b> Análisis de la Varianza para la densidad de la leche.	60
<b>Tabla 22.</b> Resultados de la prueba de Duncan para Densidad de la leche.	60
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza para la grasa disponible en la leche.	62
<b>Tabla 24.</b> Resultados de la prueba de Duncan para % Grasa de la leche.	62
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza para la acidez en la leche.	64
<b>Tabla 26.</b> Resultados de la prueba de Duncan para % de Acidez.	65
<b>Tabla 27.</b> Análisis de la Varianza para la proteína de la leche.	67
<b>Tabla 28.</b> Resultados de la prueba de Duncan para % Proteína de la leche.	67
<b>Tabla 29.</b> Costos Materia Prima e Insumos.	69

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Proposición de agrupaciones de vacas en rebaños grandes.....	32
<b>Gráfico 2.</b> Peso de las vacas sometidas a los diferentes tratamientos durante los 15 días de alimentación.....	54
<b>Gráfico 3.</b> Litros de leche obtenido durante los 15 días de alimentación.....	58
<b>Gráfico 4.</b> Densidad de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación .....	61
<b>Gráfico 5.</b> % Grasa de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.....	63
<b>Gráfico 6.</b> % Acidez de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.....	65
<b>Gráfico 7.</b> % Proteína de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b> .....	83
Ubicación de la facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Estatal de Bolívar.	
<b>ANEXO 2</b> .....	84
Fotografías del trabajo de campo.	
<b>ANEXO 3</b> .....	89
Registro de campo.	
<b>ANEXO 4</b> .....	90
Registro de muestras.	

## RESUMEN

El propósito del este estudio fue experimentar una alternativa tecnológica que permita afrontar la escasez de agua y área de terreno que afecta la producción de pastos en época seca en la parroquia Salinas, cantón Guaranda, para ello se construyó un invernadero de 52.5 m<sup>2</sup> en la comunidad Mercedes de Pumín, con el fin de alimentar 9 vacas con un peso promedio de 500 kg en la etapa de producción láctea con Forraje Verde Hidropónico (FVH) a base de trigo, cebada y maíz forrajero, complementado con fibra seca. La investigación incluyó la producción de FVH. La etapa de campo se realizó en tres etapas, la primera fue la producción de FVH, la segunda comprendió una duración de 15 días utilizando los siguientes tratamientos: T0: 100% pastoreo normal, T1: 40 % FVH trigo más 60 % fibra seca, T2: 40 % FVH cebada más 60 % fibra seca y T3: 40 % FVH maíz forrajero más 60 % fibra seca. La comparación estadística se realizó mediante un Diseño de Bloques Completamente al Azar.

Las variables estudiadas fueron: peso de los animales, volumen de leche (l), densidad de la leche, grasa de la leche (%), acidez de la leche (%) y proteínas (%) de la leche, se determinó que el tratamiento T2 comparado con el tratamiento testigo T0, genera un incremento de 6.40 l/vaca/día en la producción de leche, T3 se mantuvo primero estadísticamente en el resto de variables frente a T0, principalmente en cantidad de grasa y proteína, cuya diferencia entre T2 y T3 no fue numéricamente representativa en dichas variables, con valores de 0.03 % y 0.13 % respectivamente, además T2 fue el tratamiento con mejores ganancias económicas con un valor de beneficio/costo de \$ 2.10, por tanto, se convierte en el tratamiento idóneo para su adopción. Finalmente se demostró que esta tecnología garantiza una producción constante de alimento haciendo uso eficiente de agua y suelo.

## SUMMARY

The purpose of this study was to experience a technological alternative that allows to face the scarcity of water and land area that affects pasture production in the dry season in the Salinas parish, Guaranda canton, for this purpose a 52.5 m<sup>2</sup> greenhouse was built in the community Mercedes de Pumín, in order to feed 9 cows with an average weight of 500 kg in the dairy production stage with Hydroponic Green Forage (FVH) based on wheat, barley and forage corn, supplemented with dry fiber. The investigation included the production of FVH. The field stage was carried out in three stages, the first was the production of FVH, the second comprised a duration of 15 days using the following treatments: T0: 100% normal grazing, T1: 40% FVH wheat plus 60% dry fiber, T2: 40% FVH barley plus 60 % dry fiber and T3: 40 % FVH forage corn plus 60% dry fiber. Statistical comparison was performed using a Completely Random Block Design.

The variables studied were: weight of animals, volume of milk (l), density of milk, fat of milk (%), acidity of milk (%) and protein (%) of milk, it was determined that the T2 treatment compared to the T0 control treatment, generates an increase of 6.40 l / cow / day in milk production, T3 was kept statistically first in the rest of variables compared to T0, mainly in the amount of fat and protein, the difference between T2 and T3 were not numerically representative in these variables, with values of 0.03% and 0.13% respectively, in addition T2 was the treatment with better economic gains with a benefit / cost value of \$ 2.10, therefore, it becomes the ideal treatment for its adoption Finally it was shown that this technology guarantees a constant production of food making efficient use of water and soil.

## **I. INTRODUCCION Y OBJETIVOS**

La ganadería ha sido tradicionalmente un sector clave para la economía nacional, y por ello, a través de los años, se ha puesto interés en mejorar los procesos dentro de la industria. Este sector aporta alrededor del 7,59% del PIB del país, por eso se deben tomar acciones y prácticas responsables para que siga siendo una industria sostenible (Pereira & Zuniga, 2016).

La nutrición es importante en el desempeño del ganado lechero. Una dieta bien balanceada y un manejo adecuado optimizan la producción de leche, la reproducción y la salud de la vaca.

Es muy difícil de mantener los niveles de desempeño reproductivo adecuados cuando las vacas se ven presionadas para producir altos rendimientos de leche. Esto se agrava debido al hecho que las vacas no pueden obtener el nutriente adecuado para producir la leche para lo cual se les ha desarrollado. El resultado es un balance energético negativo.

La tarea del productor es alimentar a los animales, según sus necesidades y en forma económica. Las raciones para los bovinos de leche deben incluir agua, materia seca, proteínas, fibra, vitaminas y minerales en cantidades suficientes y bien balanceadas. Los alimentos se clasifican en forrajes, concentrados y minerales y vitaminas. Materia seca: Un bovino consume una cantidad de materia seca de aproximadamente del 2 al 3% de su peso vivo, según su producción lechera. Normalmente se dan 2/3 partes de ésta en forma de forraje. Agua: Las necesidades de agua dependen de la edad, de su producción, del clima y del consumo de materia seca.

La disponibilidad de forraje, en el sistema tradicional de alimentación animal basado en el pastoreo extensivo a campo abierto, enfrenta una serie de contrastes asociados al cambio climático y a la crisis mundial del agua.

Hoy se sabe que es posible cultivar en climas adversos con ayuda de invernaderos y que también es posible cultivar sin necesidad de suelo a través de la técnica de “cultivo sin suelo” más conocida como hidroponía. Pero el agua ha sido y será siempre el factor limitante para toda producción agrícola. Precisamente una de las ventajas del cultivo sin suelo, es el ahorro significativo del agua en comparación con cultivos a campo abierto, siendo una buena opción en zonas donde ocurren sequías frecuentes. Una manera de enfrentar este problema natural que ocurre en muchas partes del mundo, es la producción de forraje verde hidropónico (FVH), que permita sostener una producción intensiva de forraje para alimentar animales; como vacas, caballos, conejos, cuyes, cabras, etc.

Una alternativa en la alimentación animal puede ser el forraje verde hidropónico, ya que presenta una serie de ventajas respecto al sistema convencional de producción de forrajes a campo abierto. El forraje verde hidropónico se obtiene a partir de la germinación de semillas o granos, y puede ser utilizado como suplemento nutricional en diferentes especies de animales, aportar hasta 1800 gramos de proteína por día, se encuentran aumentos en la producción lechera entre un 10 a 20%, en comparación con dietas tradicionales, se disminuye el índice de mastitis en 40% y aumentó el índice de fertilidad en un 16% (Elizondo Salazar, 2015).

Los objetivos planteados en esta investigación fueron:

- Evaluar tres raciones totalmente mezcladas (TMR) de forraje hidropónico más fibra en la nutrición de vacas lecheras y su relación con sólidos totales.
- Evaluar el efecto de tres raciones totalmente mezcladas de trigo, cebada y maíz forrajero
- Determinar la influencia de las tres raciones en los constituyentes de la leche (grasa, proteína y sólidos totales) de vacas lecheras
- Realizar el análisis de costos de producción y su relación beneficio- costo

## **II. PROBLEMA**

El empobrecimiento de los suelos por la erosión y explotación intensiva, así como las variaciones climáticas, principalmente las sequías prolongadas, constituyen un problema en los hatos ganaderos por el bajo rendimiento, disponibilidad y calidad de los pastos y forrajes para los animales, lo que ocasiona una baja producción lechera aproximadamente 4 litros/día por vaca en la parroquia rural Salinas de Guaranda (Contexto Ganadero, 2013).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado que resulta propicia para evadir las principales dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción convencional de forraje. Las zonas áridas han sido consideradas como terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, siendo las razones principales para esta consideración la escasez permanente de lluvia, alta evaporación, y suelos y aguas de riego de baja calidad. No obstante, estas limitaciones, la creciente demanda de productos agropecuarios ha ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles de zonas áridas y semiáridas, los cuales son muy susceptibles a la degradación y en donde es improbable sostener altos rendimientos de manera sostenible para intentar satisfacer las necesidades.

Además, la falta de agua siempre ha sido un problema para la producción de forraje verde en nuestro país.

El producir alimento de bajo costo se ha convertido en un problema, para la ganadería. Los insumos agrícolas y los alimentos balanceados son costosos y se tiene que ir a lugares lejanos para comprarlos y transportarlos. Una solución a este problema para animales omnívoros y herbívoros puede ser el grano germinado, ya que este lo pueden obtener los productores de sus propias cosechas y así aprovechar el grano dándole valor agregado.

Ante los constantes problemas metabólicos y productivos en el sector administrar una ración total mezclada (TMR, Total Mixed Ration) ayuda a la vaca lechera a dar su máximo rendimiento. Por lo antes mencionado se pone a disposición este trabajo: Evaluación de tres raciones totalmente mezcladas (TMR) de forraje verde hidropónico más fibra en la nutrición de vacas lecheras y su relación con sólidos totales.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. LA GANADERIA BOVINA**

La definición de ganadería: La ganadería bovina es una importante actividad económica en la que resulta fundamental aumentar la producción de carne y leche. Para lograrlo los animales deben estar sanos y recibir una alimentación adecuada durante todo el año (Gonzales, K. 2018).

##### **3.1.1. Qué es un ganado bovino**

El ganado bovino se puede encontrar en dos especies como son:

Nombre Científico: Bos Taurus (sin joroba) como el tipo europeo, y Bos Indicus (con joroba) como el cebú.

- Mamíferos puesto que son animales que poseen tetas,
- Orden ungulados (mamíferos con pezuñas),
- Suborden artiodáctilo (dedos impares),
- Familia: Bóvidos,
- Subfamilia: Bovinos
- Género: Bos, comercialmente interesan dos especies:
  - Bos Indicus (Cebú) y
  - Bos taurus (Europeo).

Son capaces de digerir hierbas, forrajes (pastos), entre otros.

En las etapas tempranas los bóvidos solamente tienen desarrollado el abomaso, y se alimentan únicamente de leche materna, en esta etapa no se consideran como rumiantes (Gonzales, K. 2018).

##### **3.1.2. Características biológicas, anatómicas y zootécnicas de bovino**

**Estómago compuesto:** Cuatro compartimentos

**Régimen alimenticio:** Herbívoro

**Dentición:** Incompleta; ausencia de piezas superiores y caninos.

En promedio a los tres meses de edad ya suelen tener en funcionamiento sus cuatro estómagos (rumen, retículo, omaso y abomaso). Los cuales tienen diferentes funciones en el proceso de la digestión de sus alimentos, constituidos básicamente por forrajes y granos.

Tanto hembras como machos presentan protuberancias óseas (cuernos) sobre sus cabezas. Estos animales pueden llegar a pesar cerca de una tonelada. La mayoría de los elementos de esta especie se congregan en grupos grandes con estructuras sociales muy complejas, pero existen casos en los que su comportamiento no es gregario. Los bóvidos cubren un extensivo rango de diferentes climas y hábitats, que abarcan desde desiertos, tundra hasta bosques tropicales (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.3. Constantes fisiológicas del bovino**

Las constantes fisiológicas en los bovinos son valores preestablecidos de algunas funciones vitales del organismo esos rumiantes. Debe recordarse que en el animal vivo se encuentra íntimamente relacionadas, de tal forma que cuando una constante se encuentra comprometida, otra u otras también se verán alteradas en forma compensatoria (Gonzales, K. 2018).

Para los bovinos estas son las constantes fisiológicas:

**Temperatura:** 37.7-38.5°C (adulto); 38.5-39,5°C (joven)

**Frecuencia cardiaca:** 40-80 mov. /min. (Adulto); 80-110 mov. /min. (Joven)

**Frecuencia respiratoria:** 10-30 rep./min. (Adulto); 15-40rep. /min. (Joven)

**Movimientos ruminales:** 2-3 mov. /2 min

### **3.1.4. Ph de algunas de las secreciones corporales de los bovinos**

**Leche:** 6.5 - 7

**Orina:** 7.4 – 8.4

**Sangre:** 7.33 – 7.45

**Líquido ruminal:** 5.5 – 7

**Líquido abomasal:** 2 - 3

**Saliva:** 7.9 – 8.5

### **3.1.5. Sistemas ganaderos**

Los sistemas de producción bovina se pueden clasificar por su grado de intensificación en: intensivas, semi intensivas y extensivas (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.6. Ganadería intensiva**

Una explotación intensiva está caracterizada por una alta especialización y tecnificación; sus rendimientos unitarios, normalmente, son altos; utilizan fuertes inversiones y una alta aplicación de insumos.

Se localiza dentro de grandes empresas agrícolas. Eliminación total del pastoreo. Los animales se tienen estabulados y se alimentan con raciones a base de materias agroindustriales y residuos de cosecha. La ganadería se convierte en una actividad complementaria de la agricultura comercial intensiva. Los Sistemas que se desarrollan aquí son la lechería especializada y Ceba de animales jóvenes. Algunos sistemas en pastoreo son considerados intensivos en la producción de forraje, y son llamados: (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.7. Pastoreo intensivo suplementado**

Utiliza suelos con aptitud agrícola. Se localiza en áreas cercanas a las grandes ciudades. Se emplean pastos mejorados, fertilización intensiva, riego. Pastoreo rotacional y suplementación con alimentos elaborados dentro o fuera de la finca (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.8. Ganadería semi intensiva**

Las explotaciones semi intensivas son intermedias en cuanto al nivel tecnológico y mecanización y obtienen rendimientos unitarios inferiores a las intensivas. Aquí puede existir un uso de suelos con aptitud agrícola. Se localiza en áreas cercanas a las grandes ciudades. Se emplean pastos mejorados, fertilización intensiva, riego. Pastoreo rotacional y suplementación con alimentos elaborados dentro o fuera de la finca (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.9. Ganadería extensiva**

Por último, las explotaciones extensivas se caracterizan por el sistema de libre pastoreo en agostaderos nativos e inducidos bajo condiciones de temporal; la producción por individuo es baja; es estacional y tiene una mayor producción en época de lluvias. Se localiza en áreas con calidad del suelo deficiente, con pastos de cobertura rala y bajo aporte nutricional, reducida infraestructura vial y dificultad de comercialización.

Se presenta reducida participación institucional especialmente en lo relacionado con la asistencia técnica y crédito. Es muy común mantener los sistemas de cría con levante (ganadería extensiva). Estos sistemas se diferencian en el nivel de alimentación, el nivel de mecanización, razas lecheras y nivel de producto final, sobre todo en cuanto a la calidad bacteriológica de la leche (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.10. Ganadería trashumante**

Se caracteriza por ser una ganadería rotativa, cambiante; ya que el pastoreo se efectúa de acuerdo a las estaciones, cuando es invierno el ganado vacuno es trasladado a los campos de verano y viceversa. Es diferente al nomadismo ya que los sitios en donde pastan los animales en cada estación son permanentes. Esta clase de ganadería bovina es muy beneficiosa ya que incrementa la fertilidad de los

terrenos ya que estos se favorecen con la inclusión de estiércol y otros vegetales (Gonzales, K. 2018).

### **3.1.11. Clasificación de la ganadería según los productos ganaderos**

- a) Leche: Lechería especializada y Doble propósito
- b) Carne: Sistemas cría, Ceba y Doble propósito

### **3.1.12. Tipos de ganadería**

#### **Ganadería bovina lechería especializada**

Como su nombre lo indica, son los sistemas de producción de ganadería bovina que están especializados en la leche, como su único producto, por lo tanto, está basado en la reproducción de las vacas para su posterior lactancia. Este sistema presenta las siguientes características:

- Dos ordeños diarios sin ternero
- El macho para sacrificio en la primera semana de vida, en hatos mestizos.
- Cría de terneras para reemplazo y pocos machos para vender como reproductores.
- Buena infraestructura y adecuado manejo y establecimiento de pasturas)
- Alta demanda de insumos en cuanto a drogas veterinarias, semen, abonos y semillas de pasto, etc.
- Localización en Zonas frías en cuencas y altiplano.
- La producción por vaca día: 12 – 25 litros vaca/día en dos ordeños diarios.  
(Gonzales, K. 2018)

## **3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ALIMENTOS QUE CONSUMEN LOS BOVINOS**

La nutrición es importante en un sistema productivo. Si se emplea una dieta bien balanceada y un manejo adecuado se contará con un buen rendimiento en los hatos

ganaderos. Un productor debe suministrar alimento a los animales según sus necesidades y en forma económica, los bovinos requieren de elementos necesarios como agua, materia seca, proteínas, fibra, vitaminas y minerales en cantidades suficientes y bien balanceadas (Castro, 2017).

Estos elementos están contenidos en la materia seca de los alimentos que consumen los bovinos. La cantidad de materia seca que consume un animal depende de la cantidad de fibra en el alimento, cuando un alimento contiene un alto contenido de fibra es poco apetecible por el animal. Productos como los concentrados cuentan con poca fibra y son agradables para el consumo (Terán, 2015).

El agua tiene una gran importancia y su consumo depende de la edad, la producción, el consumo de materia seca y el clima. El bovino consume una cantidad de materia seca de aproximadamente del 2 al 3% de su peso vivo, según su producción lechera. Normalmente se dan 2/3 partes de ésta en forma de forraje (Blanco-Callancho, Loza-Murguía, Achu-Nina, & Chura-Limachi, 2018). Los principales alimentos que consume un bovino son: forrajes, heno, ensilaje, concentrados.

### **3.2.1. Forrajes**

Los pastos o forrajes son la fuente de nutrientes más económica y la base de la alimentación de las vacas. Según su estado al momento del consumo se pueden clasificar en forrajes verdes que son los que el animal toma directamente de los potreros los pastos pueden ser de pastoreo y de corte (Boccanera, 2017). Los forrajes secos se cortan y se dejan deshidratar tomando el nombre de heno empleados en los periodos de sequía.

### **3.2.2. Heno**

Es un método de conservación de forraje que consiste en reducir la humedad a un 15% o 20% mediante un secado natural o artificial, esto permite obtener un producto con un aporte nutricional similar al forraje fresco como se muestra en la

Tabla 1, pero nunca igual al material de origen. La henificación es aplicada a la mayoría de las especies forrajeras cuya finalidad es deshidratar los tejidos forrajeros (Álvarez & Ruiz, 2015).

**Tabla 1.** Composición nutricional del heno

<b>Composición nutricional</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Materia seca	%	87,00
NDT	%	49,00
Energía digestible	Mcal/kg	2,21
Energía metabolizable	Mcal/kg	1,84
Proteína (TCO)	%	7,60
Calcio (TCO)	%	0,20
Fósforo total (TCO)	%	0,29
Grasa (TCO)	%	1,90
Ceniza (TCO)	%	6,60
Fibra (TCO)	%	23,10

Fuente: (Álvarez & Ruiz, 2015)

### **3.2.3. Ensilaje**

Es una estructura a prueba de aire y agua el cual permite que se realice una conservación del pasto y forraje, manteniendo su condición jugosa y su color verde sin disminuir el valor nutritivo. Se recomienda mantener una humedad aproximadamente del 70% se debe realizar cuando los pastos estén en su mejor momento de contenido en proteína y bajo en fibra (Barros, 2017).

### **3.2.4. Concentrados**

Son alimentos con alto contenido de energía y poca fibra. Es un alimento balanceado para los animales, pero cuenta con un precio alto con respecto a las demás fuentes de alimentación que eleva los costos de producción. Para su

elaboración se emplean granos de cereales como el trigo, centeno, cebada, avena, maíz y sorgo son los más importantes.

Los concentrados no se pueden emplear como única fuente de nutrientes para los animales se deben emplear con un sistema de pastoreo, se ofrece en cantidades controladas con respecto a la producción (Vallejos, 2018).

### **3.3. ALIMENTACIÓN PARA EL GANADO DE LECHE**

La nutrición es un factor importante en la producción del ganado de leche. La tarea del ganadero es suministrar alimento que requieren los animales a un bajo costo. El forraje verde hidropónico aporta en la alimentación una gran cantidad de elementos necesarios para los animales como agua, materia seca, proteínas, fibra, vitaminas y minerales en cantidades suficientes y bien balanceadas (Ramírez, 2016).

Para que los alimentos sean eficientes se deben preparar dietas con un valor nutritivo ideal, el alimento debe suministrarse de manera constante y cumpliendo con las necesidades que requieren los animales en las diferentes etapas de producción. El alimento consumido es útil para conservar al animal para recuperar las pérdidas que el cuerpo sufre en el desarrollo de las actividades vitales diarias. Una alimentación balanceada genera buenos rendimientos en la producción (Flores, 2019).

En los sistemas de producción se emplean programas de alimentación enfocando un mejoramiento continuo en las condiciones de los animales para cumplir con los requerimientos nutricionales (en cantidad y calidad) logrando mejorar los parámetros productivos (Holguín, 2018).

La producción ganadera tiene como objeto principal la producción de animales de excelente calidad relacionado con el sistema de pastoreo (Sánchez y Alvares, 2010), se debe suministrar alimento que contenga buenas condiciones que les ofrecen a los animales los requerimientos en la producción y la reproducción. El contenido de

nutrientes que se encuentra en los alimentos son aspectos sobresalientes en su calidad, que permite tener una mejor apreciación del valor nutricional (Rodríguez, 2015).

En una producción bovina los costos dependen de las estrategias que utiliza en la producción. Los costos de producción son la suma de los valores del conjunto de bienes y esfuerzos valorados en pesos en que se incurre para obtener un producto en las condiciones adecuadas para entregar al mercado (Cutipa, 2018).

Cuando la vaca esta recién parida necesita mayor cantidad de nutrientes como energía y proteína. En el primer tercio de lactancia (desde el parto hasta el día 90), se requiere una mayor exigencia en la alimentación para cumplir con los requerimientos del animal y evitar que la vaca movilice sus reservas corporales para cubrir el déficit energético, esto puede afectar la reproducción. El consumo de materia seca consumida deberá ser de 3.6 a 4.0 % respecto a su peso corporal.

El segundo tercio de lactancia va desde los 90 días hasta los 210 días después del parto la vaca consume alimento para cumplir los requerimientos nutricionales y que le permite recuperar las pérdidas que afectaron la condición corporal durante el primer tercio. Se recomienda el consumo de 3.0 a 3.3 % de materia seca según su peso corporal.

El último tercio de lactancia va desde el día 211 hasta que la vaca deje de producir leche, se necesita que recupere la condición corporal teniendo en cuenta que está en un estado de preñez, el consumo de materia seca debe estar en niveles de un 2.5% con respecto al su condición corporal (Arista, 2017).

Los alimentos sufren una transformación en el proceso de digestión que es el resultado de la acción de los microorganismos del rumen que extraen la energía de los carbohidratos estructurales y convierte el nitrógeno no proteico en proteína bacteriana rica en aminoácidos para cubrir mantenimiento, crecimiento, reproducción y producción (Fonseca, 2018).

En la explotación ganadera se requiere de especial cuidado con los requerimientos de energía y proteína que la alimentación convencional no logra cubrir en el animal. El uso de suplementos compensa la nutrición. Existen varios tipos de suplementos y diversidad de recursos para ser utilizados. Estos alimentos se clasifican en:

### **3.3.1. Suplementos Fibrosos**

Los suplementos fibrosos están constituidos principalmente por los forrajes verdes, heno, plantas de la pradera, pastos, árboles que son alimentos a los cuales los bovinos encuentran en abundancia en los sistemas de pastoreo con un buen manejo. Una vaca lechera requiere de un 17 % a un 22 % de fibra cruda en la materia seca, si se incrementa esta ración se perjudica el consumo de alimento y cuando está por debajo del 17% el nivel de grasa en la leche disminuye.

La fibra comprende un conjunto de compuestos que son indigestibles por los enzimas del tubo digestivo de los mamíferos, algunos de los componentes de la fibra son digestibles por enzimas producidos por bacterias del tubo digestivo. La lignina es el único compuesto de la fibra que es indigestible en el tracto digestivo de los rumiantes, su digestión necesita la presencia de oxígeno. Las raciones de rumiantes suelen tener un contenido elevado de fibra, especialmente las del vacuno lechero. Los sistemas de alimentación de los rumiantes han disminuido progresivamente la proporción de fibra en las raciones con el fin de aumentar los aportes de energía al animal. Por un lado, la fibra fermenta lentamente aportando relativamente poca energía al animal y genera poco ácido en el rumen, pero aporta una textura física al contenido ruminal que estimula la rumia, la masticación y la secreción salivar, y regula el ritmo de paso (Álvarez & Ruiz, 2015).

### **3.3.2. Suplementos Proteicos**

El requerimiento de proteína en los animales es necesario para complementar las dietas básicas de forrajes y aumentar la producción. La implementación de forrajes y pastos se realiza porque son los más económicos y fáciles de suministrar. En los

sistemas de pastoreo los animales presentan restricciones en la alimentación y se deben implementar programas de suplementación. Compensando la falta de nitrógeno para promover una fermentación ruminal, el consumo de alimento deficiente en proteína, minerales y energía que afectan la digestión. La suplementación en los animales representa un incremento en los costos de producción y esta se recomienda cuando la oferta de forraje es baja y existen limitaciones nutricionales que causan pérdida en condición corporal, crecimiento, baja producción (Holguín, 2018).

### **3.3.3. Suplementos Minerales**

Los animales en la pradera consumen los minerales en los pastos, en el agua, en la tierra que se adhiere a los pastos durante el consumo. La sal mineralizada se recomienda suministrarse a los animales en todas las fases de producción, debe contar una buena calidad y buen balance en los minerales menores y mayores se asume que para algunos minerales como calcio, fósforo, magnesio, potasio, sodio, azufre, hierro, la cantidad que aportan los forrajes se debe complementar con la sal mineralizada. En los elementos menores cobre, Zinc, Yodo, Selenio, y Cobalto la sal mineralizada debe suplir el 100% de los requerimientos del animal (Martínez, 2015).

Los minerales se clasifican con respecto a sus necesidades en la suplementación en macrominerales expresados en (% porcentajes) y microminerales en (ppm partes por millón). Son elementos con características fisicoquímicas de origen inorgánico.

### **3.3.4. Suplementos Energéticos**

Están presentes en los carbohidratos, lípidos o grasas. Los alimentos que contienen energía son los concentrados, cereales, subproductos de molienda y de la industria azucarera, frutas, raíces, etc.

Los bovinos utilizan energía para una gran variedad de funciones en su cuerpo como el crecimiento, la producción de leche, el funcionamiento reproductivo y mantenimiento de su estado corporal.

Los alimentos, en su estructura química, están constituidos en átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Conformando moléculas, algunas se le conocen como carbohidratos (como azúcares, almidón y fibra bruta) y lípidos (grasas). Son usados por los bovinos para generar la energía que es necesaria para funciones como regular la temperatura de su cuerpo, función de órganos internos, para moverse, para elaborar grasa en las vacas productoras de leche.

El consumo adecuado de N, aditivos como enzimas exógenas, de granos incrementan la digestibilidad de los alimentos, pero se deben de evitar los excesos de compuestos nitrogenados degradables en la dieta. Para aumentar la energía metabolizable (EM) es necesario reducir las pérdidas de energía en orina y en gases de la fermentación. Considerar los productos finales de la fermentación de acuerdo a la relación forraje concentrado. Para aumentarla energía neta, es necesario reducir el calor producido, lo cual no es sencillo dado que existe producción de calor asociada con el metabolismo basal, la actividad y el intercambio calórico y el consumo de EM (Patty-Quispe, y otros, 2017).

### **3.3.5. Suplementos Vitamínicos**

El empleo de suplementos vitamínicos se debe realizar teniendo en cuenta el tipo de animales, la explotación, la edad y el estado fisiológico y debe contar con la asistencia técnica de un profesional.

Los animales para el desarrollo de sus funciones vitales y productivas requieren de vitaminas. Por las características en la digestión de los rumiantes muchas vitaminas hidrosolubles y algunas liposolubles pueden ser sintetizadas en cantidades que superen las necesidades (Espinoza, 2016). Son elementos que regulan la fisiología en el organismo y muy importantes en innumerables procesos biológicos, pero no tienen ningún aporte calórico.

Las vitaminas son compuestos orgánicos útiles para el funcionamiento metabólico, funcionan como factores alimenticios accesorios. Actúan a nivel celular catalizando los procesos enzimáticos en la transformación y utilización de la energía, los rumiantes en la actividad microbiana que ocurre en la digestión producen vitaminas del complejo B. Se clasifican según la solubilidad en agua (hidrosolubles) o grasa (liposoluble).

### **3.4. EL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

El forraje verde hidropónico es un alimento que se obtiene a partir de semillas de cereales como maíz, trigo, cebada, avena que germinan en condiciones ambientales controladas en ausencia de suelo (Izquierdo, 2001). En la producción de forraje verde hidropónico se requiere de buenas condiciones ambientales, semillas o granos de buena calidad para su germinación logrando un alimento para los animales de buena calidad con un bajo costo de producción. Alcanzando un rendimiento de 10 a 12 veces el peso de la semilla que se siembra en cada bandeja (Ramírez, 2016).

El forraje verde hidropónico es un cultivo que produce alimento de muy buena calidad nutricional y sanidad, en un periodo de 9 a 15 días, durante todo el año y se puede implementar en cualquier lugar geográfico adaptando las condiciones ideales que se requieren. El forraje verde hidropónico es una actividad complementaria a la producción de forraje de especies convencionales (Flores, 2019).

El forraje verde hidropónico cuenta con beneficios para la salud de los bovinos esto se debe a el aporte de proteínas, minerales y vitaminas (Moreno I. , 2018).

La producción de semillas germinadas es conocida como un sistema hidropónico, se realiza en ausencia de suelo, su producción se realiza en bandejas dando como resultado un forraje con un alto valor nutritivo consumible en un 100% con una digestibilidad de 85 % a 90 % higiénico y libre de contaminación. Es un sistema nuevo de producción y no requiere de grandes extensiones de tierra, periodos largos en la producción (Ramírez, 2016).

En el proceso de germinación de la semilla ocurren una serie de cambios en la planta la cual toma energía luminosa y en su rápido crecimiento desarrolla su parte radicular cuenta con poca fibra y con una elevada cantidad de aminoácidos que son aprovechados por el animal (Flores, 2019).

No ocasiona trastornos digestivos y la recuperación de la inversión se realiza de una manera rápida (FAO, 2002). En la producción bovina la alimentación se realiza utilizando el componente forrajero que es el insumo más económico en costos y que contiene la mayoría de elementos nutricionales que necesita un animal en producción (Boccanera, 2017).

### **3.5. ANTECEDENTES DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

El forraje verde hidropónico hace parte de la hidroponía que surge en investigaciones a partir del siglo XVII cuando Robert Boyle realiza los primeros experimentos de cultivos en agua, poco después John Woodward continúa con resultados exitosos en la germinación de granos (Boccanera, 2017).

La palabra hidroponía proviene del griego Hydro que significa (agua) y Ponos que significa (labor o trabajo) que representa trabajo en agua. La hidroponía estudia los cultivos en ausencia de tierra. Es una técnica antigua que la utilizaron culturas y civilizaciones. Un ejemplo señala que los jardines colgantes de Babilonia eran hidropónicos. Una técnica utilizada en China, India, Egipto y la cultura maya (Moreno I. , 2018).

### **3.6. EL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO COMO SUPLEMENTO EN LA ALIMENTACIÓN DEL GANADO BOVINO**

Actualmente en Colombia la producción de forraje verde hidropónico con destino a la alimentación de ganado bovino cuenta con un poco de desarrollo y no se consigue directamente en los mercados esto quiere decir que para ser implementado en la suplementación de la alimentación animal debemos producirlo en la finca, esta

producción requiere de una técnica y de un proceso que requiere de tener un conocimiento previo. La producción se debe hacer en invernaderos que adapten las condiciones ideales que se requieren.

El forraje verde hidropónico es un alimento utilizado para la alimentación animal se obtiene de la germinación y crecimiento temprano de semillas las cuales pueden ser gramíneas y leguminosas (Elizondo Salazar, 2015). Es utilizado en la alimentación de bovinos, caprinos, ovinos, cerdos, aves de corral, presentando una buena ganancia de peso, tiene un bajo contenido de materia seca lo que requiere complementar la ración.

En la producción presenta buenos rendimientos en la alimentación, la reproducción y la sanidad animal, presenta un aumento en la producción de leche, rápida de ganancia de peso, buena conversión alimenticia y menor incidencia de mastitis (Boccanera, 2017)

Una alternativa para producir un alimento fresco, con alto porcentaje de proteína y agradable para el consumo de los animales, la producción es de manera continua y puede realizarse de manera artesanal y a bajo costo, se puede producir en las diferentes estaciones del año incluyendo el invierno. El empleo del forraje verde hidropónico cuenta con excelentes resultados en animales mono gástricos y poligástricos, el consumo del colchón formado por las raíces, semillas sin germinar y la parte verde de la planta, aportando nutrientes esenciales en la alimentación animal. Existen una serie de factores que intervienen en los sistemas de producción bovina como los son sanitarios, genéticos, ambientales, manejo y nutricionales. La alimentación en la producción representa un costo elevado. El forraje ocupa un lugar estratégico, aporta elementos nutricionales esenciales para el bovino para lograr una buena transformación de productos como carne y leche. Para realizar una suplementación se requiere de un plan de alimentación balanceando una dieta con los elementos que se requieren como carbohidratos, energía, proteína, agua, vitaminas y minerales necesarios en los procesos fisiológicos del animal (Ramírez, 2016).

## **3.7. OBTENCIÓN DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO**

### **3.7.1. Selección de la semilla**

Determinada la especie que utilizada se debe tener en cuenta la calidad de la semilla libre de malezas, plagas y enfermedades para un óptimo rendimiento en la producción, las semillas que estén tratadas con fungicidas no se deben utilizar (Flores, 2019).

### **3.7.2. Germinado**

Es el resultado final que ocurre en las semillas tras una serie de procesos físicos y químicos que dan como resultado la aparición de la raíz y de las primeras hojas. Para que esto ocurra es necesario que el embrión de la semilla se active (que pase de un estado de latencia a un estado activo) y se inicie el crecimiento de la planta (Molina, Olmedo, & Trumpp, 2018).

La germinación y el crecimiento de semillas forrajeras de gramíneas y leguminosas ocurre en un periodo de 9 a 16 días (FAO, 2001). Se pueden utilizar varios tipos de semillas teniendo en cuenta las condiciones ambientales de la zona y las necesidades del productor (Villavicencio, 2017).

### **3.7.3. Requerimientos ambientales**

Ubicación. Se requiere de un lugar el cual cuente con agua y cubierto para darle condiciones que faciliten la producción, se recomienda que este cerca de la producción a la cual se le ofrece el alimento (FAO, 2001).

Se necesita de:

Una cabina térmica: Regula la temperatura, humedad y el lugar en el cual se realizará la producción (Carrasco & Espinosa, 2016)

El agua: es útil para el metabolismo de la semilla para mantener condiciones ideales de humedad, temperatura y oxígeno. La absorción de agua hace que la semilla aumente de tamaño, la corteza se ablanda y la reserva de alimentos inician unas reacciones químicas y biológicas que ocasionan que el embrión se desarrolle (Flores, 2019).

Solución nutritiva: Es agua preparada con soluciones nutritivas que aporta los minerales necesarios para un óptimo crecimiento del forraje y así ofrecerle características como alta palatabilidad, buena digestibilidad (Soto, 2018). Esta solución nutritiva se almacena en un estanque colector.

Estantería y bandejas: Representan uno de los mayores costos de inversión y en la estantería se pueden emplear materiales como la madera, hierro o elementos que se encuentren en la región. Las bandejas son de una superficie plana en donde se forma el colchón, absorberán todos los beneficios de los nutrientes y crecen las semillas. La estantería será el soporte sobre el que reposarán las bandejas que contendrán el FVH, es de diseño vertical y la altura depende de las instalaciones y de la cantidad que se requiere producir (FAO, 2001).

Sistema de riego: Se puede realizar en forma automática o manual. Si es automático se necesita de una bomba de un tanque de almacenamiento y un sistema de distribución sea para micro aspersores o por aspersión. Y cuando se realiza de forma manual se realiza con manguera o con un balde con hoyos en el fondo. El riego se hace con una frecuencia de 5 a 8 veces por día (Flores, 2019)

Requiere de una humedad relativa de un 85 a 90 %. Causa en la planta transpiración y un incremento de materiales de reserva. La temperatura debe ser ideal para el desarrollo y crecimiento de las semillas. Uno de los factores climáticos como la luz es un elemento que se necesita para el crecimiento de las plantas facilitando la síntesis de compuestos nutricionales como las vitaminas esenciales para la nutrición en los animales (Boccanera, 2017; FAO, 2002).

En la producción de forraje verde hidropónico la intensidad de la luz se puede ver afectada por las variaciones en el clima que se presentan, para darle condiciones que faciliten un buen crecimiento al forraje se hace necesario realizar el cultivo en un lugar en el cual se puedan controlar los factores externos como una cabina térmica.

#### **3.7.4. Producción**

Se debe tener en cuenta la zona en donde se quiere realizar la producción, las condiciones ambientales, la oferta y el precio de las semillas, las semillas que floten son (semillas vacías que no germinan) y se deben retirar para que no afecten la producción (Molina, Olmedo, & Trumpp, 2018).

En la desinfección de las semillas se recomienda emplear hipoclorito de sodio al 1% para eliminar patógenos, este proceso puede durar entre 30 segundos y 3 minutos (Villavicencio, 2017). Para hidratar las semillas se sumergen en agua por 24 horas causando que se active el estado de latencia (FAO, 2001).

Pre germinado. Se humedece la semilla durante 24 horas luego se escurre el agua y se deja en reposo durante 48 horas en los recipientes (Molina, Olmedo, & Trumpp, 2018). En la inhibición las enzimas empiezan a funcionar el almidón es digerido, transformado en azúcares, los lípidos y proteínas se transforman en aminoácidos liberando energía (Soto, 2018). Luego se traslada a las bandejas para continuar con el proceso de producción (FAO, 2001), como se menciona en la Tabla 2.

Al momento de la cosecha el forraje verde hidropónico alcance una gran cantidad de hojas, tallos, abundante colchón radicular y semillas sin germinar (FAO, 2001). Se retira de las bandejas y se requiere de uno a dos días para que se deshidrate y así evitar que se presenten problemas de timpanismo en los animales a los cuales estamos alimentando.

**Tabla 2.** Cronograma para la producción de forraje verde hidropónico

<b>Fecha</b>	<b>Paso</b>	<b>Resultado esperado</b>
<b>Día N-1</b> <b>Lavado y remojo:</b>	Limpiar el grano separando basura y granos quebrados. Pasar por zaranda. Desinfectar, lavar la semilla y dejarla reposar en agua.	Sólo quedan para germinar semillas con vigor. Semilla bien hidratada de agua.
<b>Día N-2</b> <b>Reposo:</b>	A las 12 horas de estar en remojo, quitar el agua.	Sólo quedan para germinar semillas con vigor. Semilla bien hidratada de agua.
<b>Día N-3 y 4</b> <b>Siembra e inicio del riego:</b>	Sembrar en las bandejas. Cubrirse con una tela de polisombra negra durante 48 horas. Regar 5 a 6 veces al día, con riego por nebulización por dos minutos.	Aparecen los primeros vestigios de radícula en las semillas. Rompen totalmente su cápsula y salen del estado de latencia. Germinación de un 96% de los granos.
<b>Día N-5 y 6</b> <b>Desarrollo de la raíz:</b>	Vigilar temperatura, humedad, desarrollo. Regar 5 a 6 veces al día por dos minutos.	Desarrollo de hojas y las raíces. Empiezan a salir las primeras hojas; se retiene más agua.
<b>Día N-7</b> <b>Aparecen primeras hojas:</b>	Vigilar temperatura, humedad, desarrollo. Regar 5 a 6 veces al día por dos minutos.	Las hojas cubren las raíces. Las raíces se entrecruzan unas con otras. Se elevan las hojas y se tornan de color verde
<b>Día N-8 y 9</b> <b>Crecimiento:</b>	Vigilar temperatura, humedad, desarrollo. Regar 5 a 6 veces al día por dos minutos.	Las hojas cubren las raíces. Las raíces se entrecruzan unas con otras. Las plántulas son cada vez más autosuficientes.
<b>Día N-10 y 11</b> <b>Crecimiento:</b>	Vigilar temperatura, humedad, desarrollo. Regar 5 a 6 veces al día por dos minutos.	Que la plántula haya alcanzado una altura promedio de 20 cm Ya se nota el tapete verde y el colchón radicular.
<b>Día N-12 al 14</b> <b>Crecimiento:</b>	Vigilar temperatura, humedad, desarrollo. Regar 5 a 6 veces al día por dos minutos.	Que la plántula haya alcanzado una altura promedio de 22 cm. Ya se debe dar el germinado a los animales.
<b>Día N-15</b>	<b>Cosecha</b>	<b>Cosecha</b>

Fuente: (Mirabá, 2015)

El forraje verde hidropónico debe de ser suministrado de 5 a 10 Kg en vacas productoras de leche dependiendo de la producción, en terneros se debe ir suministrando poco a poco mientras el animal se acostumbra a su consumo, no se debe dar más de 3 Kg ya que se pueden presentar diarreas debido a que contiene un muy poco porcentaje de fibra (Elizondo Salazar, 2015).

### 3.7.5. Trigo

De origen asiático, luego se extendió por todo el mundo pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae). El trigo *triticum aestivum* es el cereal más cultivado en el mundo. Importante porque cuenta con nutrientes como se muestra en la Tabla 3, vitamina E, ácido linoleico y fosfolípidos necesarios para el funcionamiento del organismo (González, Ceballos, & Benavides, 2016).

Rangos de temperatura:

Mínima: 10 °C

Óptima: 25 °C

Máxima: 31 °C

**Tabla 3.** Valor nutritivo del trigo

Nutrientes	Porcentaje (%)
Carbohidratos	70
Proteína	16
Humedad	10
Lípidos	2
Minerales	2

Fuente: (González, Ceballos, & Benavides, 2016)

La distribución de las diferentes variedades de trigo existentes en el país y para todos los lugares trigueros de la Sierra ecuatoriana. Variedad Atacazo desde los 2800 a 3200 msnm, Rumiñahui 1600 a 3000 msnm; Bonza 2200 a 2800 msnm;

Crespo 1400 a 2500 msnm; Amazonas 1400 a 2800 msnm; Napo 2600 a 3200 msnm. Además, se dan recomendaciones generales para preparar bien el terreno, sembrar en la época más adecuada, usar semilla certificada de variedades mejoradas, emplear fertilizantes, control de malezas, y la cosecha a máquina cuando la humedad del grano es inferior al 16 por ciento (Mirabá, 2015).

### **3.7.6. Cebada**

Su cultivo se conoce desde tiempos remotos y se supone que procede de dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura (González, Ceballos, & Benavides, 2016).

La cebada pertenece a la familia *Poaceae*. Las cebadas cultivadas se distinguen por el número de espiguillas que quedan en cada diente del raquis. Si queda solamente la espiguilla intermedia, mientras abortan las laterales, tendremos la cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*); si aborta la espiguilla central, quedando las dos espiguillas laterales, tendremos la cebada de cuatro carreras (*Hordeum tetrastichum*); si se desarrollan las tres espiguillas tendremos la cebada de seis carreras (*Hordeum hexastichum*) (González, Ceballos, & Benavides, 2016).

Rangos de temperatura

Mínima: 6 °C

Óptima: 16 °C

Máxima: 20 °C

Las exigencias en cuanto al clima son muy pocas, por lo que su cultivo se encuentra muy extendido, aunque crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. La cebada requiere menos unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, por ello alcanza altas latitudes y altitudes. En Europa llega a los 70° de latitud Norte, no sobrepasando en Rusia los 66°, y en América los 64°. En cuanto a la altitud, alcanza desde los 1.800 m en Suiza, a 3.000 m en Perú, ya que es entre los cereales,

el que se adapta mejor a las latitudes más elevadas (teniendo la precaución de tomar las variedades precoces).

La composición nutricional del grano de cebada se muestra en la Tabla 4

**Tabla 4.** Composición nutricional del grano de cebada.

<b>Composición del grano de cebada por 100 g de sustancia</b>	
Proteínas	10
Materia grasa	1.8
Hidratos de carbono	66.5
Celulosa	5.2
Materias minerales	2.6
Agua	14

Fuente: (González, Ceballos, & Benavides, 2016).

La cebada prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal de que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. No le van bien los terrenos demasiado arcillosos y tolera bien el exceso de salinidad en el suelo. Los terrenos compactos no le van bien, pues se dificulta la germinación y las primeras etapas del crecimiento de la planta (González, Ceballos, & Benavides, 2016).

### **3.7.7. Maíz forrajero**

La planta del maíz es de aspecto robusto. Recuerda al de una caña. Tiene un solo tallo de gran longitud, sin ramificaciones, que puede alcanzar hasta cuatro metros de altura, es decir, poco más de la altura de dos hombres. Al hacerle un corte presenta una médula esponjosa. La planta tiene flores tanto masculinas como femeninas. La inflorescencia masculina es un espigón o penacho amarillo que puede almacenar de veinte a 25 millones de granos de polen. La femenina tiene menos granos de polen, mil como máximo, y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices. Las hojas son largas y extensas, con

terminación en forma de lanza, o lanceoladas, de extremos cortantes y con vellosidades en la parte superior. Sus raíces son fasciculadas; es decir, todas presentan más o menos el mismo grosor, y su misión es aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos pueden verse los nudos de las raíces a nivel del suelo.

### **Agua para el desarrollo**

El maíz requiere una temperatura cálida, entre 25 y 30°C, y mucho sol para desarrollarse bien. Sufre después de los 30°C o con temperaturas frías menores a 8°C. Además, necesita mucha agua, alrededor de cinco milímetros de lluvia o riego diarios, en promedio. Cada etapa de su desarrollo demandará diferentes cantidades de agua. Cuando brota de la tierra, requiere menos cantidad; basta sólo una humedad constante. Sin embargo, en la fase de crecimiento deberá tener suficiente agua, siendo la floración el periodo más importante, porque de ello dependerá la producción obtenida. El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelos, especialmente los ligeramente ácidos, profundos, ricos en materia orgánica, con buen drenaje para no permitir encharcamientos que asfixiarían las raíces.

### **Formas de cosechar**

La semilla del maíz es adaptable y puede sembrarse tanto en suelos bien preparados como en terrenos con mínima labranza o siembra directa; todo depende de los recursos con que cuente el agricultor y la forma en que obtenga los mejores resultados. Pueden hacerse surcos de ochenta centímetros de largo, separados por medio metro entre sí. Por lo general se eligen variedades de maíz de rápido crecimiento. Como se destinará para consumo animal, la cosecha del maíz forrajero incluye toda la planta.

Se utiliza el tallo, las hojas y las otras partes. Puede cosecharse verde o deshidratarse para venderse seco y en pacas; también puede ensilarse, que significa guardar en silos para que se fermente.

El ensilaje, que puede efectuarse aproximadamente tres meses después de la siembra, aumenta su nivel nutritivo en cuanto a valor energético, proteínas y sales minerales. Finalmente, también se hace maíz molido al que se agregan nutrientes para la alimentación integral de los animales.

### **3.8. EL SISTEMA RACIÓN TOTALMENTE MEZCLADA (RTM)**

El sistema RTM se define como una mezcla cuantitativa de forrajes, concentrados y suplementos formulada para satisfacer requerimientos nutricionales específicos y suministrada a discreción. Una RTM no considera el aporte de alimentos adicionales; sin embargo, también ha sido utilizada exitosamente como complemento de vacas a pastoreo. En este caso, como lo indica Villavicencio (2017), estamos hablando más bien de una ración parcialmente mezclada (RPM). El objetivo final de la RTM es alimentar a la vaca y fundamentalmente al rumen de la vaca con una ración balanceada en cada bocado que ella ingiera.

#### **3.8.1. Ventajas potenciales de la RMT**

- Se asegura que las vacas consumen la cantidad y proporción deseada de forrajes cuando se suministran dos o más forrajes diferentes.
- Es posible determinar el consumo de materia seca promedio por grupo de vacas.
- Se logra una mayor coincidencia entre la ración formulada y la que efectivamente están consumiendo las vacas.
- Reduce el riesgo de problemas digestivos, especialmente a inicios de lactancia (se evita acidosis a través de una fermentación más uniforme en el rumen).
- Mejora la eficiencia de utilización de los alimentos.
- Es posible disminuir la mano de obra y tiempo necesario para alimentar las vacas, respecto a dar todos los alimentos por separado.
- Se incrementa la producción de sólidos en la leche. Según (Llumipanta, 2017), conservadoramente el uso de RTM puede dar por resultado un incremento de un kilogramo de leche corregida a grasa por día en vacas de dos o más partos y de dos kilogramos más de leche en vaquillas. Otros autores señalan un aumento

mínimo de 450 kg de leche por lactancia aún en rebaños que ya tienen muy buena producción (Castillo, 2018).

- Además, se observa una persistencia notablemente superior al adoptar este sistema de alimentación (Arista, 2017).

Muchas de las ventajas señaladas anteriormente contribuyen a estos incrementos en producción, sin embargo, dos de ellas son probablemente las de mayor incidencia. La primera es "asegurar que las vacas consuman la cantidad y proporción deseada de forrajes cuando se suministran dos o más forrajes diferentes".

Cuando las vacas tienen la posibilidad de seleccionar entre dos o más forrajes existen grandes diferencias entre ellas respecto al forraje que consumirán preferencialmente, aun cuando ambos sean de excelente calidad.

Por ejemplo, cuando se está alimentando con ensilaje de maíz y ensilaje de alfalfa (dos forrajes que difieren marcadamente en su composición química nutricional), es muy difícil que el concentrado o suplementos utilizados para balancear la ración cumplan efectivamente con su objetivo.

La segunda razón fundamental es "lograr una mayor coincidencia entre la ración formulada y la que efectivamente están consumiendo las vacas."

En los sistemas de alimentación tradicionales en que el forraje y el concentrado son suministrados separadamente, difícilmente se logrará este objetivo; como se señaló anteriormente, algunas vacas prefieren un forraje a otro y además existe la posibilidad de que algunas de ellas consuman cantidades significativamente mayores de concentrado que otras.

Adicionalmente, errores en el orden de suministro de forrajes y concentrados se cometen con facilidad, lo que finalmente predispone a los animales a una serie de problemas provocados por una acidosis subaguda a nivel ruminal.

### **3.8.2. Desventajas o exigencias del sistema RTM**

En contraposición a las ventajas señaladas anteriormente, existen también algunas exigencias para implementar exitosamente el sistema RTM.

- Contar con forrajes frescos y/o conservados de buena calidad y en cantidad suficiente.
- Tener vacas de capacidad genética media a alta (mínimo 6.000 litros por lactancia.)
- Las instalaciones deben ser apropiadas para poder alimentar con carro mezclador (contar con comederos de fácil acceso o patio de alimentación, tener el forraje conservado relativamente cerca, adecuado sistema de almacenaje y carga de granos y suplementos).
- En algunos casos se requieren equipos adicionales, además del carro mezclador.
- El heno debe ser picado en caso de que el carro no sea capaz de hacerlo.
- La ración debe ser formulada cuidadosamente y revisada periódicamente por un nutricionista.
- Los beneficios económicos a obtener deben pagar el costo de la inversión.

### **3.8.3. Factores importantes a considerar al aplicar el sistema RTM**

#### **1. Contar con los antecedentes productivos de las vacas:**

Es necesario disponer de la información de producción y composición láctea obtenida a través de al menos un control individual en el mes. Además, son importantes los antecedentes reproductivos e información de peso y condición corporal de los animales.

#### **2. Análisis de la composición nutricional de los alimentos:**

La composición nutricional de todos los alimentos que se utilizarán para el balance de la dieta debe ser conocida antes de comenzar a suministrarlos. La primera

prioridad en este sentido la tienen los forrajes, los que tienen una alta variabilidad intra y entre predios.

### **3. Manejo adecuado de los alimentos:**

La ración formulada debe corresponder a la que se está ofreciendo y en definitiva están consumiendo las vacas. Además, los ingredientes de la ración deben manejarse correctamente para evitar la pérdida de los beneficios para las vacas de un determinado alimento. Por ejemplo, un ensilaje excesivamente picado y muy húmedo disminuye su efecto como aportador de fibra efectiva, afectando negativamente el funcionamiento ruminal.

Otro factor importante es el orden en que se incluyen los alimentos en el carro mezclador, lo que determina el tiempo de mezclado para lograr una mezcla homogénea.

En general el tiempo de mezclado debe ser mínimo después de agregado el último ingrediente de la ración (máximo 5 minutos o 10 minutos dependiendo del sistema de mezclado), para minimizar el riesgo de destrucción de la estructura del forraje.

### **4. Estimación de consumo:**

Para esto debe conocerse lo que se está ofreciendo y el sobrante (expresado en materia seca); este último debe representar entre el dos y cinco por ciento de la materia seca total ofrecida de manera que las vacas dispongan de alimento en el comedero durante todo el día.

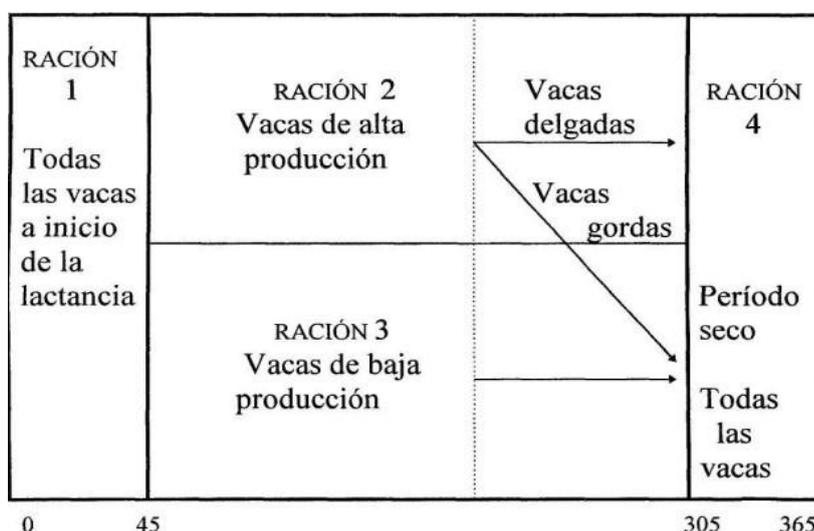
Sin duda la forma más fácil de obtener exactamente esta información en la práctica es contar con un carro mezclador con balanza y determinar con la mayor frecuencia posible la materia seca de la ración y especialmente de los voluminosos (idealmente una vez por semana).

## 5. Agrupación de las vacas:

La alimentación grupal de forrajes y concentrados frecuentemente causa problemas en satisfacer los requerimientos individuales de la vaca. Cada vaca tiene requerimientos específicos a su producción de leche, tamaño corporal, edad, estado de lactancia y otros factores. Debido a desbalances en las raciones, comportamiento social, disponibilidad de alimentos, espacio de comedero y muchas otras razones, es difícil que las vacas satisfagan sus requerimientos en forma exacta. Este problema puede ser solucionado en parte dividiendo el rebaño en grupos con requerimientos nutricionales similares.

La práctica de dividir las vacas de acuerdo a estado de lactancia y producción de leche (considerando condición corporal), funciona con éxito en la mayoría de los casos. En el gráfico 1, se señala el esquema propuesto por Arista (2017), para la agrupación de vacas en rebaños grandes.

**Gráfico 1.** Proposición de agrupaciones de vacas en rebaños grandes.



Fuente: (Arista, 2017)

En este esquema todas las vacas son cambiadas de grupo alrededor de los primeros 45 días de la lactancia, de manera que se pueda estimar su potencial de producción de leche. Vacas de alta producción se mantienen con la dieta de alta concentración

energética hasta que por condición corporal se cambian a una dieta con menos energía.

En las lecherías de mayor tamaño y que cuentan con las instalaciones necesarias, se justifica además otro grupo en que se separan las vaquillas de primer parto, de las vacas de dos o más lactancias.

### **3.9. LA LECHE**

La leche cruda es el producto de la secreción normal de las glándulas mamarias, obtenida a partir del ordeño íntegro e higiénico de vacas sanas, sin adición ni sustracción alguna, exento de calostro y libre de materias extrañas a su naturaleza, destinado al consumo en su forma natural o a elaboración ulterior (INEN 9, 2012).

#### **3.9.1. Composición de la leche de vaca**

Las cantidades de los distintos componentes principales de la leche pueden variar considerablemente entre vacas de diferentes razas e incluso entre individuos de la misma raza. Por lo tanto, solamente se pueden especificar valores límites para esas variaciones, como se muestra en la tabla a continuación (Alvarez & Chuqui, 2017):

**Tabla 5.** Composición de la leche de vaca

<b>Constituyente principal</b>	<b>Límites de variación %</b>	<b>Valor medio %</b>
Agua	85.5 – 89.5	87.5
Sólidos totales	10.5 – 14.5	13.0
Grasa	2.5 – 6.0	3.9
Proteínas	2.9 – 5.0	3.4
Lactosa	3.6 – 5.5	4.8
Minerales	0.6 – 0.9	0.8

Fuente: (Alvarez & Chuqui, 2017)

### 3.9.2. Requisitos

#### 3.9.2.1. Requisitos físicoquímicos de la leche cruda

REQUISITOS	UNIDAD	MIN.	MAX	MÉTODO DE ENSAYO
Densidad relativa: a 15°C	-	1,029	1,033	NTE INEN 11
a 20°C	-	1,026	1,032	
Materia grasa	% (m/m)	3,2	-	NTE INEN 12
Acidez titulable como ácido láctico	% (m/m)	0,13	0,16	NTE INEN 13
Sólidos totales	% (m/m)	11,4	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (m/m)	8,2	-	*
Cenizas	% (m/m)	0,65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico) **	°C	-0,538	-0,512	NTE INEN 15
	°H	-0,555	-0,530	
Proteínas	%(m/m)	2,9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)***	h	2	-	NTE INEN 18
Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 65% en peso o de 75% en volumen.			NTE INEN 1 500
Presencia de conservantes <sup>1)</sup>	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes <sup>2)</sup>	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes <sup>3)</sup>	-	Negativo		NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo		NTE INEN 1500
Suero de leche	-	Negativo		NTE INEN 2401
Prueba de brucelosis	-	Negativo		Prueba de anillo
Contaje de células somáticas	-		750 000	PAL (Ring Test) AOAC-978.26
Antibióticos:				
β-Lactámicos	µg/l	-	5	AOAC-988.08
Tetraciclínicos	µg/l	-	100	16 Ed. Vol. 2
Sulfas	µg/l	-	100	
<p>* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa.  ** °C= °H. f, donde f= 0,9658  *** Aplicable a la leche cruda antes de ser sometida a enfriamiento.  <b>1) Conservantes:</b> formaldehído, peróxido de hidrógeno, cloro, hipocloritos, cloraminas, lactoperoxidasa adicionada y dióxido de cloro.  <b>2) Neutralizantes:</b> orina bovina, carbonatos, hidróxido de sodio, jabones.  <b>3) Adulterantes:</b> Harina y almidones, soluciones azucaradas o soluciones salinas, colorantes, leche en polvo, suero, grasas extrañas.</p>				

Fuente: (NTE INEN 9, 2012).

### **3.9.2.2. Requisitos específicos**

Según la NTE INEN 9 (2012), los requisitos específicos son:

### **3.9.2.3. Requisitos físicos y químicos**

La leche cruda, debe cumplir con los requisitos que se indican a continuación.:

### **3.9.2.4. Requisitos organolépticos**

Color: Debe ser blanco, opalescente o ligeramente amarillo.

Olor: Debe ser suave, lácteo característico, libre de olores extraños.

Aspecto: Debe ser homogéneo, libre de materias extrañas.

### **3.9.2.5. Requisitos complementarios**

La leche cruda después del ordeño debe ser enfriada, almacenada y transportada hasta los centros de acopio y/o plantas procesadoras en recipientes apropiados autorizados por la autoridad sanitaria competente.

### **3.9.3. Densidad**

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 (INEN11, 2012).

Alvarez & Chuqui (2017), indica que la densidad de la leche puede fluctuar entre 1,029 a 1,033 a una temperatura de 15°C; su variación con la temperatura es 0,0002

por cada grado de temperatura. La densidad, es el peso de un determinado volumen de leche. La leche en promedio pesa 1,033 g/ml; la densidad es aceptada por las industrias entre los rangos que indica el INEN, fuera de estos rangos, significa que la leche es adulterada con agua principalmente, cuando la leche es menor del rango de 1,026.

#### **3.9.4. Materia Grasa**

Vásquez, Castrillón, & Monsalve (2016), menciona que debido a diversos factores que intervienen en la composición de la leche el contenido de grasa en la leche vacuna varía notablemente, los valores porcentuales más comunes se encuentran entre 3.2 % y 4.2 %. La materia grasa está constituida por tres tipos de lípidos:

- a) Las sustancias grasas propiamente dichas es decir los triglicéridos y que forman el 96% del total de la materia grasa.
- b) Los fosfolípidos, que representan entre el 0.8 % y el 1 %.
- c) Sustancias no saponificables que constituyen otro 1 %.

El resto lo constituyen diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres, etc. La grasa se encuentra en forma de emulsión, que están en una suspensión de pequeños glóbulos líquidos, las mismas son rodeadas por una capa de fosfolípidos que evitan el aglutinamiento entre sí. La grasa de la leche contiene principalmente ácidos grasos de cadena corta (cadenas de menos de 8 átomos de carbono) producido en unidades de ácido acético derivada de la fermentación ruminal. Los ácidos grasos de cadena larga en la leche son principalmente los insaturados (deficientes en hidrógeno), siendo los predominantes el oleico (cadena de 18 carbonos) y polisaturados linoleico y linoléico (Alvarez & Chuqui, 2017).

#### **3.9.5. Acidez titulable como ácido láctico**

Según la NTE INEN 9, (2012), la leche cruda tiene una acidez de 0.13 % a 0.16 %. Esta acidez se debe en un 40 % a la anfoterica, otro 40 % al aporte de la acidez de

las sustancias minerales, CO<sub>2</sub> disuelto y ácidos orgánicos y el 20% restante se debe a las reacciones secundarias de los fosfatos presentes.

La leche fresca tiene una acidez titulable equivalente a 0,12 - 0,18 % ácido láctico debido a su contenido de anhídrido carbónico, proteínas y algunos iones como fosfato, citrato, etc. Normalmente la leche no contiene ácido láctico; sin embargo, por acción bacteriana la lactosa sufre un proceso de fermentación constituyéndose en ácido láctico y otros componentes que aumenta la acidez titulable (Torres, 2018).

### **3.9.6. Sólidos totales**

La leche está constituida en un 85-90 % por agua, el 10-15 % restante es lo que se conoce como sólidos totales. Ellos están conformados principalmente por Lactosa, Grasa, Proteína y Minerales.

Torres (2018), reporta en el diagnóstico de la calidad e inocuidad de la leche en la parroquia Cayambe, sobre el contenido de sólidos totales en la leche de 11.1 % en promedio y con un rango de 9.3 a 16,2% en las 15 muestras evaluadas.

### **3.9.7. Proteína**

La principal proteína de la leche es la caseína, que se encuentra dispersa como partículas sólidas tan pequeñas que no sedimentan y permanecen en suspensión, a estas partículas se les denomina micelas que están en una dispersión coloidal (Arboleda & Echeverri, 2017).

El contenido de proteína de la leche en promedio es de 3.4 %. En esta fracción se incluyen la caseína, las cuales por si solas representan un 80% del contenido proteico total (2.7 %), el resto está integrado por las proteínas séricas, que incluyen la lactoglobulina (0.3 %), la lactoalbúmina (0.15 %), una albúmina similar a la seralbúmina de la sangre, inmunoglobulinas y una fracción de proteínas menores,

entre las cuales se incluyen la lactotransferina, la lactolina y la proteína de la membrana del glóbulo graso (Vásquez J. , 2019).

## IV. MARCO METODOLÓGICO

### 4.1. MATERIALES

#### 4.1.1. Ubicación de la investigación

El presente trabajo de investigación se ejecutó en la finca María de los Ángeles, propietario el Sr. Miguel Ángel Rodríguez Sanunga, comunidad Mercedes de Pumín, parroquia de Salinas provincia Bolívar y en el análisis de laboratorio en la quesera “PUMÍN”, ubicado en la Parroquia Salinas.

#### 4.1.2. Localización de la Investigación

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	Salinas
Localidad	Pumín

#### 4.1.3. Situación geográfica y climática

Altitud	3500 a 4200 m.s.n.m.
Latitud	78 ° 58 ° E
Longitud	01 °55 °45''
Humedad relativa promedio anual	75%
Precipitación media anual	800Mm/año
Temperatura máxima	12°C
Temperatura media	10 °C
Temperatura mínima	8°C
Precipitación media anual	3500mm <sup>3</sup>

Fuente: (Fepp, Magap Guaranda, 2016)

#### **4.1.4. Zona de vida**

Según la clasificación Ecológica de Holdridge las zonas corresponden a Bosque Siempre Verde Montado Bajo (bbMB).

#### **4.1.5. Material experimental**

- Forraje Verde Hidropónico de trigo, cebada y maíz forrajero - TMR
- Leche cruda

#### **4.1.6. Material de campo**

- Botas
- Overol
- Cinta bovinométrica
- Frascos para muestras de leche
- CMT
- Guantes
- Etiquetas de registro
- Botas
- Agua
- Comederos
- Bebederos
- Bandejas
- Tubos PVC
- Cercas eléctricas
- Tablones
- Clavos
- Plástico de invernadero
- Nebulizadores
- Timer

#### **4.1.7. Materiales de oficina**

- Papel bond 4-A,
- Calculadora.
- Registros
- Internet
- Computadora
- Impresora
- Copiadora
- Memoria USB
- Cámara fotográfica

#### **4.1.8. Materiales de laboratorio**

- Materiales de vidrio
- Lactoscan
- Material plástico
- Papel aluminio
- Guantes
- Soluciones amortiguadoras

### **4.2. MÉTODOS**

#### **4.2.1. Factor de estudio**

Tres raciones más fibra

Calidad de la leche

El alimento TMR fue 60 % fibra y 40% Hidropónico.

## 4.2.2. Tratamiento y Diseño Experimental

### 4.2.2.1. Tratamientos

Los tratamientos son resultado de las combinaciones de FVH más fibra según el detalle en la tabla 6:

**Tabla 6.** Esquema del Experimento en las etapas de alimentación de las vacas.

<b>TRATAMIENTO T</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
PASTO	T0	0 % de FVH + 100 % alfalfa
FVH TRIGO	T1	40 % FVH trigo + 60 % fibra
FVH CEBADA	T2	40 % FVH cebada + 60 % fibra
FVH MAIZ FORRAJERO	T3	40 % FVH maíz forrajero + 60 % fibra

### 4.2.2.2. Procedimiento del ensayo

En la investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) 4\*3, es decir, 4 tratamientos (T) con 3 repeticiones formando de esta manera 12 unidades experimentales como se muestra en la Tabla 7:

**Tabla 7.** Arreglo factorial.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	3
Número de vacas por unidad investigativa	12
Número de días de la investigación	15
Total	180

Cada vaca tiene un peso aproximado de 500 kg.

El desarrollo de la investigación se inició con la instalación de los animales para cada tratamiento en potreros diferentes. Los animales en cada tratamiento contaron con agua a libre consumo y un manejo de plan sanitario adecuado.

El suministro de forraje verde hidropónico para los tres tratamientos se realizó en los potreros a la hora en que se realiza el ordeño.

A los animales se les tomó el registro de la producción diaria de leche durante el tiempo en el que se realizaron los tratamientos.

#### 4.2.2.3. Tipo de análisis

Se efectuó el análisis de variancia (ADEVA), de acuerdo al diseño experimental planteado y prueba de significación mediante Duncan al 5%, para diferenciar promedios entre tratamientos como se detallan a continuación en la Tabla 8 y 9 respectivamente:

**Tabla 8.** Análisis de varianza (ADEVA).

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-Tabular</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	179				
Tratamiento	3				
Repetición	8				
Días	14				
Error experimental	154				
Coefficiente de variación %					
Promedio					

**Tabla 9.** Prueba de Duncan al 5 %.

<b>Orden original</b>			<b>Orden descendente DUNCAN 5 %</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>
T0 Testigo		A	T0 Testigo		A
T1 Trigo		A	T1 Trigo		A
T2 Cebada		B	T3 Maíz		AB
T3 Maíz		AB	T2 Cebada		B

#### **4.2.3. Periodo experimental**

##### **4.2.3.1. Duración y distribución en el tiempo**

La investigación se dividió en tres etapas:

Etapa 1:

Producción del forraje

Etapa 2:

Administración de TMR

Etapa 3:

Laboratorio

#### **4.2.4. Animales**

12 vacas de la raza Ayrshire, destinadas a la producción de leche con un peso vivo promedio de 500 Kg.

## **4.3. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **4.3.1. De campo**

Para este estudio, fueron seleccionadas 12 vacas en producción (población total) divididas en cuatro grupos de similar estados fisiológicos y condiciones corporales.

#### **4.3.1.1. Edad de los animales**

Variable cuantitativa expresada en años de vida del animal, se tomó mediante registros de la propiedad.

La tabla 10 muestra las edades de las vacas que fueron alimentadas con los diferentes tratamientos y con pastoreo normal como tratamiento testigo.

**Tabla 10.** Edad de los animales.

<b>Tratamiento</b>	<b>Edad</b>
T0 Testigo	3
T1 Trigo	4
T2 Cebada	4
T3 Maíz	3

Las edades de las vacas empleadas en la investigación tenían entre 3 y 4 años de edad y cada una de ellas estaban en su segundo o tercer parto.

### **ETAPA 1**

La construcción del invernadero, proceso de siembra de semillas y cosecha de FVH se explica a continuación y se evidencia en las fotografías del ANEXO 2:

- **Construcción del invernadero:**

Se construyó el invernadero de madera con unas dimensiones de 5 m de largo por 3 m de ancho y una altura de 3,5 m. Las estructuras para las bandejas de forraje hidropónico fueron construidas de madera, para la producción de 138 bandejas de forraje hidropónico se necesitó dos estructuras con unas dimensiones de 4,70 m de largo por 0,70 m de ancho y 3 m de alto, cada estructura tuvo la capacidad para 67 y 68 bandejas respectivamente.

Las bandejas utilizadas fueron específicas para la producción de forraje verde hidropónico con unas dimensiones de 60 cm de largo por 40 cm de ancho.

#### **4.3.2. Elementos para la producción del forraje verde hidropónico, forraje verde y el manejo de los animales.**

Semillas de trigo, cebada y maíz forrajero, agua, cal y cloro, sistema de riego, bandejas, soporte para las bandejas en tubos PVC, comederos, bebederos, cinta métrica, baldes, desinfectante para pre sellado y sellado al realizar el ordeño, papel periódico.

Insumos: forraje verde hidropónico, sal mineralizada, forraje producido en los potreros con predominio de especies forrajeras como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), raygrass (*Lolium multiflorum*).

#### **4.3.3. Pasto hidropónico**

##### **Elección de las especies de granos:**

La finca se encuentra en zonas altas, por lo que se optó por trabajar con trigo, cebada y maíz forrajero. En estos cultivos se pueden producir tanto gramíneas como leguminosas

### **Selección de la semilla:**

Se procedió a sacar aquellas semillas que estén partidas y retirar todo tipo de mugre y tierra porque esto pudo producir hongos o hacer que no se reproduzcan.

### **Desinfección de la semilla:**

Luego se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio. Se usó 10 mililitros de esta sustancia por cada litro de agua. Las semillas se sumergieron por un periodo controlado de 30 segundos, más tiempo se podría dañar o quemar el germen. Por último, se procedió a enjuagar muy bien con agua limpia.

### **Prueba de germinación:**

Se realizó una prueba de germinación con 100 granos de cada cereal (trigo, cebada y maíz forrajero).

### **Hidratación de las semillas:**

Se colocaron en unos recipientes para que pasen por un periodo de remojo durante un lapso de 24 horas con el objetivo de que se llenen de agua.

Luego de ese tiempo, se retiraron, se dejaron en reposo en sacos, para que pueda salir el agua sobrante, entrar aire y la semilla logre respirar. De esta manera empezó el proceso de germinación, el cual tiene una duración de 48 horas.

### **Siembra en las bandejas:**

Las bandejas donde estuvieron los cultivos fueron de 60 x 80 centímetros, especiales para forraje verde. Se les aplicó 1.5 kg de semilla de maíz y en un lapso de 8 a 10 días se obtuvo cerca de 10 y 14 kilos de alimento. El tiempo de cosecha dependió de la cantidad de radiación con la que se cuente en esos días.

**Riego:**

Se realizó por medio de nebulizadores, los que tienen una motobomba, cada aspersión se dejó por 2 minutos y se realizaron entre 4 y 6 al día, dependiendo de la incidencia del sol.

**Cosecha:**

Se realizó acorde a la investigación, determinada entre el día # 18 al día # 21.

**ETAPA 2****4.3.4. Alimentación**

Los animales fueron sometidos a una estabulación de 15 días en los cuales se les alimentó con el sistema (TMR) que consistió en 40% de FVH y 60% materia seca. En este período las mediciones de producción de leche se realizaron diariamente, considerando la producción obtenida en la mañana.

**ETAPA 3****4.3.5. Composición fisicoquímica de la leche y laboratorio**

Para los análisis de composición fisicoquímica de la leche, se tomaron 180 muestras (una muestra diaria por vaca durante los 15 días de suplementación), para cada muestreo se utilizaba un envase con tapa de plástico.

Las muestras de leche fueron tomadas mediante ordeño manual, usando guantes estériles, se tomaron 20 ml de leche, se identificaron las muestras y luego se colocaron en un cooler para su debida conservación a una temperatura de 4 °C y se trasladaron al laboratorio de la quesera de Pumín, con el fin de determinar densidad

relativa, materia grasa, acidez titulable, sólidos totales y porcentaje de proteína, por medio del equipo Lactoscan.

#### **4.3.6. Mediciones experimentales**

En la investigación se evaluaron las siguientes variables:

##### **4.3.6.1. Peso de los animales**

Variable cuantitativa que fue tomada con una cinta bovinométrica alrededor de todo el perímetro torácico y se expresó en kg.

##### **4.3.6.2. Perfil metabólico**

**Variable determinada con un perfil hepático y renal:**

Se tomaron muestras de sangre entera para la realización de exámenes hematológicos y de hemoparásitos, siendo el EDTA el anticoagulante de elección, para ello, el tubo debe voltearse suavemente para que el anticoagulante se distribuya eficazmente y no se produzcan coágulos.

**Para el perfil bioquímico:**

Se procedió a la extracción de sangre a las 7 a.m., en la vena yugular; se emplearon tubos vacutainer con y sin anticoagulante.

Las muestras fueron analizadas en un equipo marca Mindray BA-88® y se determina: proteínas totales, relación albúmina-globulina, nitrógeno ureico, aspartato aminotransferasa (AST), fósforo calcio, relación calcio fósforo y magnesio.

#### 4.3.6.3. Volumen de leche

Variable que fue determinada mediante bidones de leche con medidas expresadas en litros, se procedió al ordeño manual directamente a recipientes o baldes de 10 l, para posteriormente medir la cantidad exacta una vez ya colocados en los bidones.

#### 4.3.6.4. Calidad de leche

- **Densidad:**

La incorporación de agua disminuye la densidad de la leche. En ocasiones, se disimula el aguado incorporando sustancias baratas, como el almidón, para compensar la disminución de la densidad, el valor mínimo y máximo aceptable según la norma se presenta en la Tabla 11 (Arboleda & Echeverri, 2017).

**Tabla 11.** Parámetros de control de densidad relativa.

Densidad	UNIDAD	MIN	MAX	NORMA
relativa a 15 °C	-	1,029	1,033	NTE INEN 11

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

- **Grasa:**

El valor mínimo y máximo aceptable según la norma se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Parámetros de control de grasa.

	UNIDAD	MIN	NORMA
Grasa	% (m/m)	3,2	NTE INEN 12

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

- **Acidez:**

El valor mínimo y máximo aceptable según la norma se presenta en la Tabla 13:

**Tabla 13.** Parámetros de control de acidez.

	<b>UNIDAD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>NORMA</b>
Acidez titulable como ácido láctico	% (m/m)	0,13	0,16	NTE INEN 12

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

- **Sólidos totales y sólidos no grasos en leche y derivados:**

El valor mínimo y máximo aceptable según la norma se presenta en la Tabla 14.

**Tabla 14.** Parámetros de control de sólidos totales y sólidos no grasos.

	<b>UNIDAD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>NORMA</b>
Sólidos totales	% (m/m)	11,2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (m/m)	8,2	-	NTE INEN 14

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

- **Proteínas:**

El valor mínimo y máximo aceptable según la norma se presenta en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Parámetros de control de sólidos totales y sólidos no grasos.

	<b>UNIDAD</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>NORMA</b>
Proteínas	% (m/m)	2,9	-	NTE INEN 16

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012)

#### **4.4. Tabulación de datos**

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de variancia de acuerdo al diseño propuesto. Para la separación de medias se utilizó la prueba de Rangos múltiples de Duncan al 5% de probabilidad ( $P \leq 0.05$ ) para ver cual tratamiento fue el mejor. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el programa INFOSTAT 2019.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Peso de los animales:

La tabla 16 indica el promedio de peso logrado por las vacas al final de cada tratamiento y su análisis de varianza.

**Tabla 16.** Análisis de la Varianza para el peso corporal de las vacas.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F-Tabular	Probabilidad
Total	179	1064871.1			
Tratamiento	3	396614.32	132204.77	43430.07	<0.0001
Repetición	8	666816.22	83352.03	27381.65	<0.0001
Días	14	971.81	69.42	22.8	<0.0001
Error experimental	154	468.79	3.04		
Coefficiente de variación %	10.36				
Promedio	479.04				

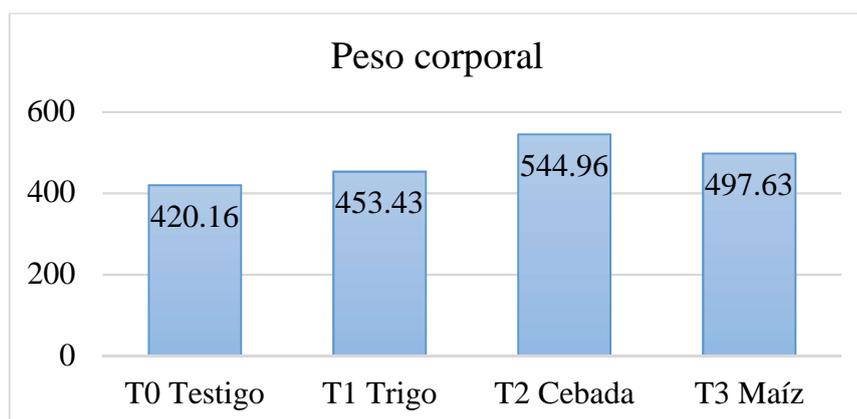
Con referencia a los resultados obtenidos para la variable peso de los animales que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que el P valor es menor a 0.0001 valor menor (alfa)  $\alpha$  0.05 esto demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a peso de la vaca.

Para determinar cuál del tratamiento brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan, mostrado en la Tabla 17 y visualizado en el Gráfico 2, los cuales indicaron que el Tratamiento 2 dio los mejores resultados.

**Tabla 17.** Resultados de la prueba de Duncan para Peso corporal de las vacas.

Orden original			Orden ascendente DUNCAN 5 %		
Tratamiento	Promedio	Rango de significación	Tratamiento	Promedio	Rango de significación
T0 Testigo	420.16	D	T0 Testigo	420.16	D
T1 Trigo	453.43	C	T1 Trigo	453.43	C
T2 Cebada	544.96	A	T3 Maíz	497.63	B
T3 Maíz	497.63	B	T2 Cebada	544.96	A

**Gráfico 2.** Peso de las vacas sometidas a los diferentes tratamientos durante los 15 días de alimentación.



Con los resultados obtenidos se aprecia que el tratamiento T2 con un peso corporal de 544.96 kg fue superior al T0 con 420.16 kg, teniendo un aumento de peso al día 15 de 9 kg y 3 kg respectivamente, seguidos de T3 (497.63 kg con un aumento de 8.30 kg) y T1 (453.43 kg con un aumento de 7.70 kg), este aspecto favorece la comercialización de las vacas en descarte obteniendo mayores ganancias.

Dichos resultados concuerdan a los obtenidos por Acosta, Ramírez, & Urías (2017), quienes al estudiar la alimentación de vacas con Forraje Verde Hidropónico de maíz complementado con silaje de sorgo en el Cantón Chamoco, departamento de San Vicente obtuvieron promedios de peso después de la administración de la dieta de

497.68 kg con un aumento de 8.50 kg al día 20 de alimentación, valor semejante a T3 (497.63 kg con un aumento de 8.30 kg).

En este mismo aspecto Romero, Córdova, & Hernández (2016), al evaluar la producción de Forraje Verde Hidropónico y su aceptación en ganado lechero, registró incremento de pesos promedios de 7 a 12 kg, en un tiempo de alimentación de 15 a 30 días aproximadamente, tal como se registró en esta investigación en los tratamientos T1 (453.43 kg con un aumento de 7.70 kg), T2 (544.96 kg con un aumento de 9 kg) y T3 (497.63 kg con un aumento de 8.30 kg) al día 15 de alimentación. Estos resultados sobre las diferencias entre los pesos obedecen a diferentes factores como son la genética, el clima, el manejo y la sanidad de la explotación.

La implementación de esta tecnología permite obtener un forraje de alta calidad que contribuye a mantener o incrementar el peso corporal de los bovinos sin recurrir a grandes extensiones de tierra para su producción, lo que favorece al ahorro de agua y a la eficiencia en el tiempo de producción, siendo esta constante todo el año, situación que indica.

## **5.2. Perfil metabólico**

Los promedios, rangos referenciales usando dos desviaciones estándar, los valores máximos y mínimos de las variables de química clínica y la condición corporal de vacas en lactancia media, se exponen en la tabla 18.

Con respecto al periodo de lactancia media se observa que la mayoría de las variables de química sérica, ocuparon un lugar intermedio en comparación con el periodo seco y la lactancia temprana.

Esto revela que en este periodo el animal logra normalizar su metabolismo, si los nutrientes adquiridos a través de la dieta formulada con 40% Forraje verde hidropónico y 60% fibra.

**Tabla 18.** Química sanguínea de vaca Ayrshire alimentada con TMR 40 % FVH y 60 % heno.

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango referencial</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor mínimo</b>
PT	g/dl	8.1	5.1-8.3	8.8	5.3
Albumina	g/dl	3.7	2.9-4.5	4.8	2.9
Globulina	g/dl	3.0	1.4-4.6	5.2	1.1
A/G		1.3	0.3-2.3	4.4	0.6
Glucosa	mg/dl	58.9	37.9-75.9	91	44.0
Colesterol	mg/dl	256.8	148.7-329.1	349	126.0
UN	mg/dl	18.0	7.0-27.0	28.2	5.1
AST	UI/I	95.7	44.4-126.8	159	50.0
P	mg/dl	6.4	3.0-9.8	13.8	2.1
Ca	mg/dl	9.4	7.0-11.8	12.5	7.0
Ca/P		1.6	0.6-2.6	4.3	0.8
Mg	mg/dl	3.4	1.6-4.0	4.9	1.6

PT= Proteínas totales A/G= Relación albúmina-globulina NU= Nitrógeno ureico  
 AST= Aspartato amino transferasa P= Fósforo Ca= Calcio Ca/P= Relación calcio-fósforo Mg= Magnesio

Los valores presentados coinciden con la investigación realizada por Holguín (2018), al comparar dos sistemas de alimentación complementaria (silopack, balanceado) sobre el metabolismo hepático y producción de leche, en la cual mencionan que las vacas del tratamiento testigo (pastoreo normal) tiene valores de la química sanguínea de los analitos valorados dentro de los parámetros normales y además tienen una producción de leche inferior o igual a 17 kg/día en vacas con dos y tres partos, tal como las vacas analizadas en esta investigación.

### 5.3. Volumen de leche:

Variable que indica el nivel de producción de leche alcanzado por cada uno de los tratamientos, cuyo análisis de varianza se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Análisis de Varianza para el volumen de la leche.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-Tabular</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	179	3948.06			
Tratamiento	3	2781.71	927.24	435.41	<0.0001
Repetición	8	715.42	89.43	41.99	<0.0001
Días	14	122.98	8.78	4.12	<0.0001
Error experimental	154	327.96	2.13		
Coefficiente de variación %	13.11				
Promedio	11.13				

Con referencia a los resultados obtenidos para la variable volumen de la leche, que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que P valor es igual a  $< 0.0001$  valor menor a (alfa)  $\alpha 0.05$ , lo que demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la variable volumen de leche.

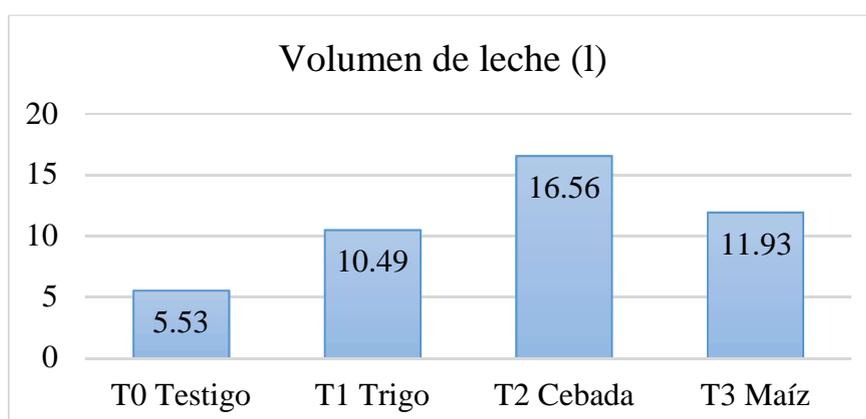
Para determinar cuál de los tratamientos brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan, el cual demostró que el tratamiento T2 Cebada tuvo los mejores resultados como se observa en la tabla 20 y en el Gráfico 3 respectivamente.

Con base a los resultados obtenidos se puede apreciar que el tratamiento que brindó mayor volumen de leche fue el T2 con una producción de 16.56 litros, valor superior al T0 con 5.53 litros, seguidos T3 (11.93 l) y T1 (10.49 l), este incremento indica que la adopción del T2 garantiza un incremento de la producción láctea durante la época seca que es cuando se tienen las mayores dificultades para la producción de forraje y permitirá mantener una producción estable durante todo el año, con este incremento de 6.40 litros/vaca/día estadísticamente significativo, permitirá mejorar los ingresos en esta época, debido a que el litro de leche incrementa su valor comercial en el mercado (González Blanco & Rodolfo WingChing-Jo, 2018).

**Tabla 20.** Resultados de la prueba de Duncan para volumen de leche en litros.

Orden original			Orden ascendente DUNCAN 5 %		
Tratamiento	Promedio	Rango de significación	Tratamiento	Promedio	Rango de significación
T0 Testigo	5.53	D	T0 Testigo	5.53	D
T1 Trigo	10.49	C	T1 Trigo	10.49	C
T2 Cebada	16.56	A	T3 Maíz	11.93	B
T3 Maíz	11.93	B	T2 Cebada	16.56	A

**Gráfico 3.** Litros de leche obtenido durante los 15 días de alimentación.



Quinteros-Pozo & Marini (2017), indican que la producción de leche de genotipos lecheros en pastoreo libre en la amazonía ecuatoriana es de 5.80 litros diarios, valor

similar al obtenido en las vacas de T0 estudiadas, con el mismo método de alimentación, mientras que con una suplementación en la alimentación se obtuvieron valores significativamente mayores en relación a la producción diaria de leche (16 litros diarios), volumen de leche semejante a T2 (16.56 l) de esta investigación.

González Blanco & Rodolfo WingChing-Jo (2018), en su estudio de producción y reproducción de vacas Holstein, Jersey y Airshyre presentan producciones de 23.85 litros, 22.08 litros y 17.10 litros respectivamente, el último valor es cercano al obtenido en T2 (16.56 l), evidenciando volúmenes adecuados de producción de leche de las vacas estudiadas.

Por otra parte, con la implementación de esta tecnología se contribuye con el ahorro de agua, espacio físico para la producción de forraje, se evita el uso de agroquímicos y fertilizantes sintéticos y a su vez se evitan prácticas como la tala o quema de bosques conservando los suelos y la biodiversidad concordando con Botero & Varela (2016), quien menciona que es necesario que la ganadería en comunidades con desabastecimiento de agua como es el caso de Mercedes de Pumín, se oriente hacia el desarrollo de sistemas de manejo que sean sustentables y amigables con el ambiente.

#### **5.4. Calidad de leche**

- **Densidad**

Analizando los resultados obtenidos para la variable densidad de la leche en la Tabla 21, el análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que P valor es igual a 0.0028 valor menor a (alfa)  $\alpha$  0.05, lo que demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la variable densidad de la leche.

**Tabla 21.** Análisis de la Varianza para la densidad de la leche.

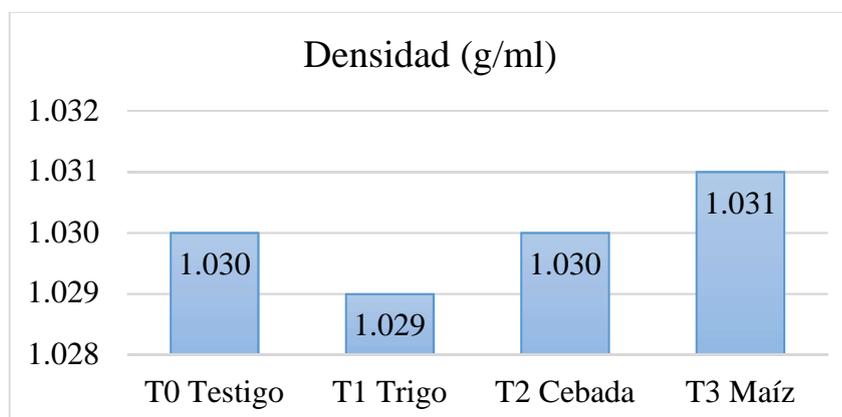
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-Tabular</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	179	1.20E-03			
Tratamiento	3	5.50E-05	1.80E-05	4.9	0.0028
Repetición	8	5.20E-04	6.40E-05	17.23	<0.0001
Días	14	7.70E-05	5.50E-06	1.47	0.1288
Error experimental	154	5.80E-04	3.70E-06		
Coefficiente de variación %	5.19				
Promedio	1.03				

Para determinar el mejor tratamiento se realizó la prueba de Duncan, cuyos resultados indicaron que el tratamiento T3 Maíz obtuvo los mejores resultados, como presenta la Tabla 22 y el Gráfico 4.

**Tabla 22.** Resultados de la prueba de Duncan para Densidad de la leche.

<b>Orden original</b>			<b>Orden ascendente DUNCAN 5 %</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>
T0 Testigo	1.030	AB	T1 Trigo	1.029	B
T2 Cebada	1.030	A	T0 Testigo	1.030	AB
T1 Trigo	1.029	B	T2 Cebada	1.030	A
T3 Maíz	1.031	A	T3 Maíz	1.031	A

**Gráfico 4.** Densidad de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.



Se observaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, el mayor valor presentó T3 con 1.031 g/ml, seguido por T0 y T2 con 1.030 g/ml respectivamente y T1 con 1.029 g/ml, valores que se encuentran dentro del rango indicado en la Norma INEN 9 (2012), que señala que la densidad de la leche cruda a 15 °C se encuentra entre 1.029-1.033 g/ml.

Delgado-Callisaya, Parisaca, Quispe , Delgado , & Aduviri (2016) y Vallejo Torres, y otros (2018), en sus estudios con contenido de evaluación de la calidad físico química de la leche presentan valores de densidad promedio, medidos a 15 °C de 1.030 a 1.034 g/ml, resultados similares a T0 y T2 (1.030 g/ml), y T3 (1.031 g/ml) respectivamente, valores similares a los encontrados en esta investigación.

- **Grasa**

Es la variable que indica el porcentaje de grasa disponible en la leche de las vacas analizadas, su análisis de varianza se muestra en la Tabla 23.

Observando los resultados obtenidos para la variable grasa de la leche, el análisis de varianza determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que P valor es menor a 0.0001 valor menor a (alfa)  $\alpha$  0.05, lo que demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la variable grasa de la leche.

**Tabla 23.** Análisis de varianza para la grasa disponible en la leche.

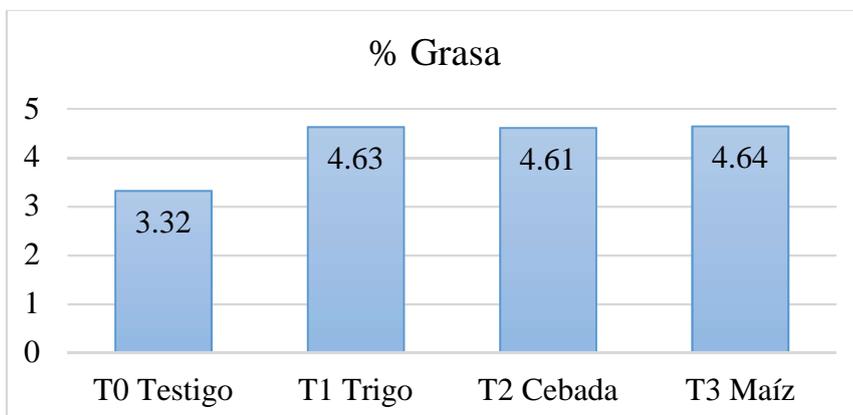
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-Tabular</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	179	198.9			
Tratamiento	3	57.28	19.09	58.66	<0.0001
Repetición	8	48.7	6.09	18.7	<0.0001
Días	14	42.8	3.06	9.39	<0.0001
Error experimental	154	50.13	0.33		
Coefficiente de variación %	13.27				
Promedio	4.30				

Para determinar el tratamiento que brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan, cuyos resultados indicaron que el tratamiento T3 Maíz obtuvo los mejores resultados, como presenta la Tabla 24 y el Gráfico 5.

**Tabla 24.** Resultados de la prueba de Duncan para % Grasa de la leche.

<b>Orden original</b>			<b>Orden ascendente DUNCAN 5 %</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>
T0 Testigo	3.32	B	T0 Testigo	3.32	B
T1 Trigo	4.63	B	T2 Cebada	4.61	B
T2 Cebada	4.61	B	T1 Trigo	4.63	B
T3 Maíz	4.64	A	T3 Maíz	4.64	A

**Gráfico 5.** % Grasa de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.



De los resultados se puede apreciar que el mayor porcentaje de la grasa obtenida fue de 4,64 % correspondiente al tratamiento T3, valor superior al tratamiento testigo T0 que fue de 3.32 %, seguidos por T1 (4.63 %) y T2 (4.61 %), la implementación del FVH en la dieta de esta investigación mejora la calidad de la leche, ya que el porcentaje de grasa se ha incrementado, lo que favorece la comercialización tanto para procesadores artesanales como industriales, debido a que obtienen mayor cantidad de productos, por lo tanto, existe un incremento de ingresos, situación que supone una mejor aceptación por parte de los compradores.

Jácome Quinaluisa (2018), en su propuesta de forraje verde hidropónico como alternativa de alimento para el ganado lechero del Cantón Mejía, menciona que las estaciones del año afectan el porcentaje de grasa de la leche, en este sentido la estación seca se caracteriza por promediar 0.4 % menos de grasa que la estación lluviosa; de esta forma la alimentación con FVH garantiza que el porcentaje de grasa se mantenga constante durante la época seca con un valor promedio de 4.5 %, porcentaje que concuerda con T3 (4,64 %), T1 (4.63 %) y T2 (4.61 %).

Los valores de % de grasa en leche bovina muestran que es rica en este componente, pues de acuerdo a INEN 9 (2012), debería tener como mínimo de materia grasa en la leche cruda 3 %, los valores obtenidos en T3 (4,64 %), T1 (4.63 %), T2 (4.61 %) y T0 (3.32 %), correspondientes a esta investigación se encuentran dentro de norma.

Delgado-Callisaya, Parisaca, Quispe , Delgado , & Aduviri (2016), demuestra en su investigación evaluación de la calidad de la leche cruda bovina (*Bos taurus*) que la grasa de la leche bovina es un componente variable y afectado por las condiciones del medio como la alimentación (niveles de fibra), cambios en la dieta y otros, además tiene valores promedio de grasa de 3.10 %, con un rango 1.8 % a 6.0 % en 15 vacas evaluadas, lo que muestra que los valores de T3 (4,64 %), T1 (4.63 %), T2 (4.61 %) y T0 (3.32%) obtenidos en este estudio están dentro del rango presentado.

- **Acidez**

La variable acidez de la leche mide la transformación de la lactosa por acción microbiana en ácido láctico y su valor está dado en %, su análisis de varianza se muestra en la tabla 25.

**Tabla 25.** Análisis de varianza para la acidez en la leche.

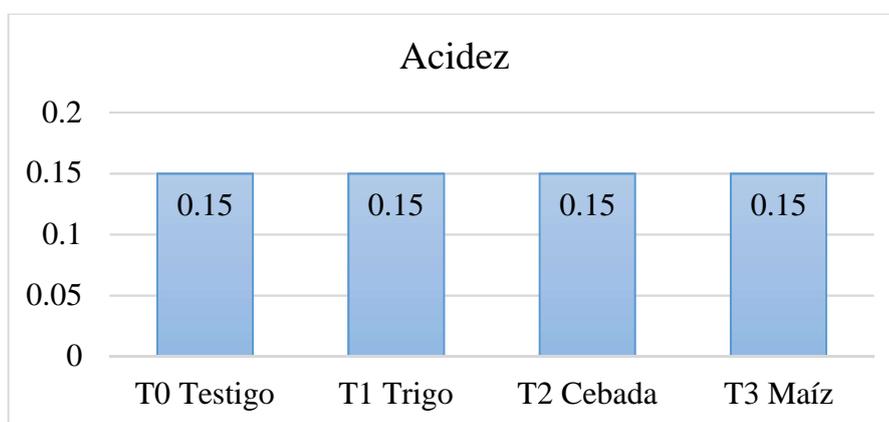
<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-Tabular</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	179	0.01			
Tratamiento	3	2.50E-04	6.70E-06	0.41	0.7454
Repetición	8	5.80E-04	7.20E-05	2.64	0.0098
Días	14	1.10E-03	7.60E-05	2.77	0.0011
Error experimental	154	4.20E-03	2.70E-05		
Coefficiente de variación %	3.44				
Promedio	0.15				

Con referencia a los resultados obtenidos para la variable acidez de la leche que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que no existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que P valor es igual a 0.7454 valor mayor a (alfa)  $\alpha$  0.05, esto demuestra que no existen tratamientos diferentes en cuanto a la variable % de acidez de la leche reflejado en la tabla 26 y en el Gráfico 6.

**Tabla 26.** Resultados de la prueba de Duncan para % de Acidez.

Orden original			Orden ascendente DUNCAN 5 %		
Tratamiento	Promedio	Rango de significación	Tratamiento	Promedio	Rango de significación
T0 Testigo	0.15	A	T1 Trigo	0.15	A
T1 Trigo	0.15	A	T2 Cebada	0.15	A
T2 Cebada	0.15	A	T3 Maíz	0.15	A
T3 Maíz	0.15	A	T0 Testigo	0.15	A

**Gráfico 6.** % Acidez de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.



En la Tabla 26 de medias según Duncan al 5%, se registraron letras iguales lo que indica que se obtuvieron resultados de % de acidez total homogéneo en los tratamientos con valores en T0, T1, T2 y T3 de 0.15 %.

Delgado-Callisaya, Parisaca, Quispe, Delgado, & Aduviri (2016), al evaluar la calidad de la leche cruda bovina (*Bos taurus*), indican que una leche entre 0.15 % a

0.17 % de acidez se encuentra entre los rangos aceptables, valores que coinciden con T0, T1, T2 y T3 (0.15 %) de esta investigación, además mencionan que un valor superior indica la alteración de la misma con sustancias extrañas para prolongar su conservación y mejorar su apariencia; con lo cual, se disminuye su valor nutritivo y el contenido de sus componentes, económicamente este factor provoca pérdidas considerables al punto de desaprovecharse total o parcialmente la leche e interfiere y reduce la cantidad de los productos, además la acidez está relacionada con la higiene y la calidad de los forrajes ofrecidos.

Conviene mencionar que el porcentaje de acidez interviene en la calidad de la leche, ya que existe una relación inversamente proporcional, a menor acidez mayor calidad de leche

INEN 9 (2012), indica como requisito de la leche cruda un % de acidez de 0.13 % a 0.17 %, los porcentajes de T0, T1, T2 y T3 (0.15 %) se encuentran dentro de norma.

Los valores menores a 0.13 % pueden ser debido a leche con presencia de mastitis, aguadas, o bien alteradas con algún producto químico alcalinizante. La acidez de la leche aumenta rápidamente bajo la influencia de microorganismos como los lactobacilos y estreptococos las cuales transforman la lactosa en ácido láctico (Patty-Quispe, y otros, 2017).

- **Proteína**

En la tabla 27 se muestra el análisis de varianza para proteína de la leche cruda, datos recolectados de los análisis realizados en el Lactoscan.

En el análisis de varianza para el contenido de proteína de la leche muestra que existen diferencias significativas con un valor P menor a 0.0001 para los tratamientos.

**Tabla 27.** Análisis de la Varianza para la proteína de la leche.

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>F-Tabular</b>	<b>Probabilidad</b>
Total	179	32.12			
Tratamiento	3	21.14	7.05	153.98	<0.0001
Repetición	8	2.74	0.34	7.48	<0.0001
Días	14	1.2	0.09	1.88	0.0324
Error experimental	154	7.05	0.05		
Coefficiente de variación %	7.14				
Promedio	3.00				

Para determinar el tratamiento que brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan, cuyos resultados indicaron que el tratamiento T3 obtuvo los mejores resultados, como presenta la Tabla 28 y en el Gráfico 7.

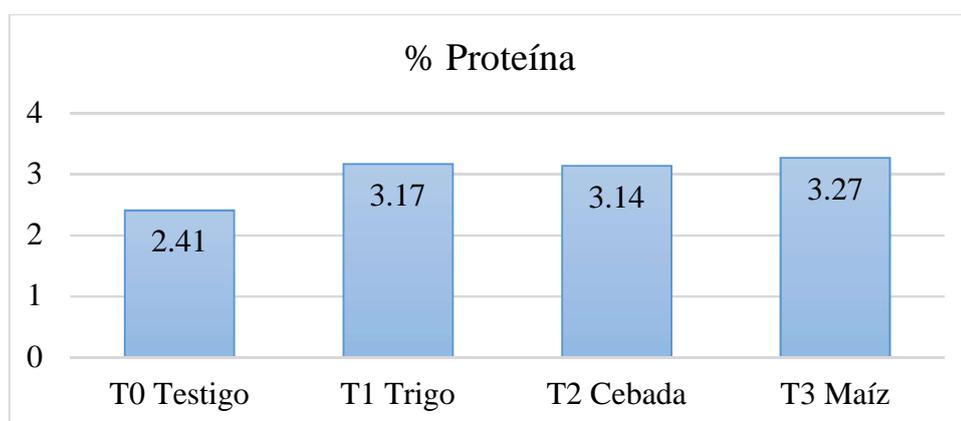
**Tabla 28.** Resultados de la prueba de Duncan para % Proteína de la leche.

<b>Orden original</b>			<b>Orden ascendente DUNCAN 5 %</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Promedio</b>	<b>Rango de significación</b>
T0 Testigo	2.41	C	T0 Testigo	2.41	C
T1 Trigo	3.17	B	T2 Cebada	3.14	B
T2 Cebada	3.14	B	T1 Trigo	3.17	B
T3 Maíz	3.27	A	T3 Maíz	3.27	A

De los resultados se puede observar que el mayor porcentaje de proteína obtenida fue de 3.27 % correspondiente a T3, valor superior a T0 que fue de 2.41 %, seguidos por T1 (3.17 %) y T2 (3.14 %). Los datos para proteína en las muestras analizadas

de los 3 tratamientos de la presente investigación están por encima de lo requerido por la Norma INEN 9 (2012), que registra un valor mínimo de 2.9 %, no así en el valor de las muestras testigo con 2.41 %, debido a que la calidad nutricional del FVH es valiosa con encontrado características apropiadas, como excelente gusto y un alto contenido de proteína cruda (13 % – 14 %) (Blanco-Callancho, Loza-Murguía, Achu-Nina, & Chura-Limachi, 2018).

**Gráfico 7.** % Proteína de la leche obtenida durante los 15 días de alimentación.



Patty-Quispe, y otros (2017), al evaluar el efecto de suplemento de heno fortificado concentrado y forraje verde hidropónico en la producción de leche de bovinos (*bos taurus* l.) durante la época seca, mencionan que el contenido de proteína de la leche en promedio es de 3.4 %, valores cercanos a T3 (3.27 %), T1 (3.17 %) y T2 (3.14 %) obtenidos en la presente investigación.

### 5.5. Costos de producción

Para la obtención del costo de producción de las diferentes raciones totalmente mezcladas (TMR) se empleó el sistema de costos ABC, con el fin de llevar un control exacto en los costos en que se incurre en cada actividad del proceso productivo (Pérez, 2000).

Los datos de los costos por los 15 días de materia prima (semillas e insumos) fueron de las compras realizadas.

**Tabla 29.** Costos ABC de Tratamientos

RUBROS	T0 (pastoreo normal)	FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO		
		T1 (40 % FVH trigo + 60 % fibra)	T2 (40 % FVH cebada + 60 % fibra)	T3 (40 % FVH maíz + 60 % fibra)
<b>INGRESOS</b>				
Venta litro de leche	\$ 0.45	\$ 0.45	\$ 0.45	\$ 0.45
Litros producidos / 3 unidades bovinas	16.50	31.50	49.80	36.00
Total de ingresos	\$ 7.43	\$ 14.18	\$ 22.41	\$ 16.20
<b>EGRESOS</b>				
Terreno (\$ 30 000)				
Costo de oportunidad	\$ 10.01712	\$ 10.01712	\$ 10.01712	\$ 10.01712
Infraestructura – Invernadero: (\$ 1097.30) Vida útil: 2 años Producción FVH: 1620 kg	\$ -	\$ 0.12548	\$ 0.12548	\$ 0.12548
Semilla	\$ -	\$ 0.09375	\$ 0.07813	\$ 0.17343
Insumos	\$ -	\$ 0.01074	\$ 0.01074	\$ 0.01074
Heno de cebada	\$ -	\$ 0.04000	\$ 0.04000	\$ 0.04000
Mano de Obra	\$ 0.02083	\$ 0.39063	\$ 0.39063	\$ 0.39063
Pasto verde	\$ 0.75060	\$ -	\$ -	\$ -
Ensilaje	\$ 0.20000	\$ -	\$ -	\$ -
Total egresos TMR	\$ 10.98856	\$ 10.67772	\$ 10.66210	\$ 10.75740
Costo de producción dieta/litro de leche	\$ 0.66597	\$ 0.33898	\$ 0.21410	\$ 0.29882
Beneficio/Costo	\$ <b>0.68</b>	\$ <b>1.33</b>	\$ <b>2.10</b>	\$ <b>1.51</b>

\* Producción total por tratamiento: 540 kg de FVH.

\* Salario diario del jornal de trabajo 8 horas: \$15

Se determinó el costo de producción, de las tres TMR compuesta de 60 % fibra y 40% Forraje Verde Hidropónico, capaz de abastecer a 9 vacas en producción en un

ciclo de producción de 15 días, dentro de una superficie de 52.5 m<sup>2</sup>, con un consumo promedio diario de 50 kg/vaca como se muestra en la Tabla 29.

Como se evidencia en la tabla 30, el T2 es el de menor costo (\$ 0.21) por lo que es el más rentable para el productor en relación a la alimentación del tratamiento testigo (\$ 0.68), seguido por T1 (\$ 0.34) y T3 (\$ 0.30). Además, la producción de leche en vacas alimentadas con T2 (40 % FVH cebada y 60 % fibra) mostró un incremento significativo de 19.5 litros diarios más que las vacas con la dieta de T0.

Por otra parte, el T2, también presentó mejores rendimientos económicos con índices de beneficio/costo de \$ 2.10, seguido T3 (\$ 1.51) y T1 (\$ 1.33) frente a T0 que presentó un beneficio/costo de \$0.68 lo que nos indica que en este tratamiento testigo se tiene pérdidas económicas, sin embargo, en lo que refiere al % de grasa la diferencia que existe es significativa, teniendo 1.3 % más grasa y 1 % aproximadamente en proteína en T2, por lo tanto, la alimentación con FVH de cebada resulta con mayores beneficios económicos para el productor, debido a que en la industria de acuerdo al Acuerdo Ministerial 394 (2010) se fijó el litro de leche entre 3 % a 3.5 % de grasa en \$ 0.42, y con un contenido de grasa mayor depende de la negociación con el comprador.

En cuanto al costo de producción dieta/litro de leche se aprecian valores mayores en el T0 con \$ 0.68; los tratamientos T1 (\$ 0.34), T2 (\$ 0.21) y T3 (\$ 0.30) le siguen con valores menores económicamente representativos al T0, esto es debido a la disminución de recursos en la producción de FVH para emplearlo como alimento, en esta investigación se ha demostrado que la sustitución de la alimentación con pastoreo normal por TMR (40 % FVH + 60% fibra) produjo ganancias económicas.

## **VI. COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS**

Mediante el racionamiento de TMR de trigo, cebada y maíz forrajero en cultivos hidropónicos más fibra se pudo comprobar que existieron diferencias en el efecto de los diferentes tratamientos; lográndose así obtener resultados estadísticamente diferentes para en la calidad de sólidos totales de la leche, con lo cual se acepta la hipótesis alterna (H1) al final de este ensayo técnico.

## **VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1. CONCLUSIONES**

Se logró producir Forraje Verde Hidropónico de alta calidad, lo que generó una alternativa que mantiene constante la producción de alimento para el ganado, mediante la construcción del invernadero y un uso óptimo de los recursos agua y suelo.

Se comprobó que los 3 tratamientos T1: trigo, T2: cebada y T3: maíz forrajero frente a un T0: tratamiento testigo (pastoreo normal), influyeron en la calidad de los sólidos totales de la leche, como fue el caso de la grasa con T1: 4.63 %, T2: 4.61 % y T3: 4.64 % frente a T0: 3.32 %, y en cuanto a proteína T1: 3.17 %, T2: 3.14 % y T3: 3.27 % comparados con T0: 2.41 %, evidenciando como el mejor tratamiento en relación a la calidad de la leche a T3 con valores significativamente mayores que el resto de tratamientos.

El mejor tratamiento en la variable volumen de litros de leche fue Tratamiento 2 con un incremento promedio de 6.40 litros/vaca/día en comparación con T0, sin embargo, Tratamiento 3 se mantuvo primero estadísticamente en el resto de variables frente al Tratamiento 0, principalmente en cantidad de grasa y proteína, cuya diferencia entre T2 y T3 no fue representativa numéricamente en dichas variables, con valores de 0.03 % y 0.13 % respectivamente, por tanto, el Tratamiento 2 se convierte en el tratamiento idóneo para su adopción.

Económicamente los resultados del presente proyecto de investigación en su fase experimental final, obtuvo una relación beneficio/costo (B/C) más rentable y con un beneficio económico más alto en T2 con \$2.10, seguido de T3 con \$1.51 y T1 con \$ 1.33, frente a T0 con \$ 0.68 que fue bajo, es decir por cada dólar invertido se obtiene \$ 1.10 \$ 0.51 y \$ 0.33 de ganancia en los diferentes tratamientos estudiados respectivamente.

En vista de los resultados obtenidos mediante la aplicación del método científico, en el presente ensayo las variables analizadas y verificadas mediante análisis estadístico favorecen al Tratamiento 2 con una ventaja económica y estadísticamente significativa.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

A la finca María de los Ángeles, lugar donde se realizó la investigación, que implemente dietas que contengan Forraje verde Hidropónico y fibra o similares a la misma, ya que quedo comprobado tanto en cantidad como calidad de leche que se produjo al someter a sus bovinos a este tipo de alimentación.

Al Ministerio de Agricultura y Ganadería, que pueda invertir en proyectos similares a esta investigación y se pueda brindar capacitaciones del mismo, creando así alternativas de producción y alimentación para las diferentes Asociaciones de Ganaderos del sector de Salinas y de la provincia Bolívar.

Como una sugerencia para la Universidad Estatal de Bolívar, se podría implementar un invernadero para la producción de forraje verde hidropónico, de manera que todos los estudiantes, no solo de Medicina Veterinaria, sino también de Agronomía se verían beneficiados con este tipo de investigaciones que ayudan al Agro.

Se debería realizar exámenes bromatológicos de las diferentes especies de forraje verde hidropónico para verificar cual tiene mayores beneficios en lo que se refiere a crecimiento, palatabilidad, digestibilidad y por ende solidos totales en la leche en el ganado, además que ayudaría a suplementar los escasos de pastos en estaciones secas.

Dado los resultados del presente trabajo se recomienda en el ámbito estadístico como productivo utilizar o invertir en el Tratamiento 2 el cual fue de 40% Forraje verde Hidropónico de Cebada y 60% de fibra (heno)

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, E., Ramírez, E., & Urías, S. (2017). *ALIMENTACIÓN DE VACAS CON FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ COMPLEMENTADO CON SILAJE DE SORGO DE MARZO A JULIO DE 2016, CANTÓN CHAMOCO, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE*. San Vicente: Universidad de El Salvador.

AGROCALIDAD, M. &. (2015). *BUENAS PRÁCTICAS PECUARIAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE*.

Álvarez, C., & Ruiz, R. (2015). *Efectos de la calidad del forraje, fresco o henificado, sobre el comportamiento alimentario del canero (Ovis Aries)*. Machala: Revista Científica Cumbres.

Alvarez, E., & Chuqui, C. (2017). *Prevalencia de mastitis subclínica mediante California Mastitis Test (CMT) en ganado bovino lechero del cantón Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Arantxa Muñoz, N. D. (2015). *mportance of eggshell cuticle composition and maturity for avoiding trans-shell Salmonella contamination in chicken eggs*. *Food Control*.

Arboleda, D., & Echeverri, E. (2017). *Evaluación de las normas sobre calidad sanitaria de leche cruda en America Latina y la revisión de la norma para Colombia*. Caldas: Corporación Universitaria Lasallista.

Arias, A. P. (s.f.). [www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-articulo-cistatina-c-nuevo-marcador-funcion-renal-X0211699505018385](http://www.revistanefrologia.com/es-publicacion-nefrologia-articulo-cistatina-c-nuevo-marcador-funcion-renal-X0211699505018385). Obtenido de Cistatina C. Nuevo marcador de función renal.

Arista, R. (2017). *EFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN DE LEVADURAS VIVAS (Saccharomyces cerevisiae), EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LECHE DE VACAS RAZA HOLSTEIN EN EL ESTABLO MONTENEGRO - CHICLAYO*. Chiclayo: UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS.

Azcona, Á. C. (2016). *Calidad nutricional de los huevos y relación con la salud*. *Nutrición Práctica*.

Barros, M. (2017). *EFECTO DE LA ADICIÓN DE Bacillus spp. EN ENSILAJE DE MAÍZ (Zea mays) SOBRE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN RUMINAL in situ*

*Y FERMENTACIÓN RUMINAL in vitro*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.

Blanco-Callancho, F., Loza-Murguía, M. G., Achu-Nina, C., & Chura-Limachi, F. (2018). *Producción de leche en vacas mestizo Holstein (Bos taurus L.) pastoreadas en paraderas nativas en comparación con las suplementadas con borra de cerveza y maíz amarillo*. Pucaráni: Journal of the Selva Andina Animal Science.

Boccanera, M. (2017). *Utilización de Forraje Verde Hidropónico en dietas para caprinos*. Buenos Aires: Universidad de La Plata.

BOTERO CRESPO, O. D., & VARELA GIRALDO, P. A. (2016). *SISTEMAS SOSTENIBLES EN LA PRODUCCION GANADERA*. Cali: UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA.

Callewaert L, M. C. (2010). Lysozymes in the animal kingdom. *Journal of Biosciences*, 34.

Campuzano G. (2016). *LA ELEC TROFORESIS DE PROTEINAS MAS QUE UNA PRUEBA DE LABORAORIO. MEDICINA & LABORATORIO*. Médica Colombina S.A.

Carizi Cherobin, V., Garzón, J. P., Alvarado, J. P., & Marini, P. R. (2018). *Condición corporal y su relación con producción láctea, reproducción y perfil metabólico en vacas lecheras del trópico boliviano*. La Paz: Universidad Autónoma Gabriel René Moreno .

Carmen Alicia Padilla Peña, J. D. (2012). <https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/17%20ELECTROFORESIS%20ACS%20NUCLEICOS%20GELES%20AGAROSA.pdf>. Obtenido de Electroforesis de ácidos nucleicos en geles de agarosa. Aislamiento y caracterización electroforética de DNA plasmídico.

Carrasco, D., & Espinosa, D. (2016). *Efecto de los cereales Forrajes Hidropónicos y los diferentes tiempos de cosecha sobre la composición química bromatológica y parámetros productivos*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Carrillo, W. (2013). Lisozioma: Actividad antibacteriana y alergenicidad. *revistasan*, 13.

Carrillo, W., Tubón, J., & Vilcacundo, R. (2016). ISOLATION OF HEN EGG WHITE LYSOZYME BY CATION EXCHANGE CHROMATOGRAPHY,. *Asian Journal Of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5.

Castillo, M. (2018). *EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y METABÓLICOS EN VACAS LECHERAS SUPLEMENTADAS CON NABO (Brassica rapa ssp. rapa L.) Y RAPS FORRAJEROS (Brassica napus ssp. biennis L.)*. Valdivia: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE.

Castón, J. P. (s.f.). <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf>.

Castro, A. (2017). *PRODUCCIÓN DE LECHE EN BOVINOS DE LA GRANJA SANTA INES ALIMENTADOS CON CASCARA DE BANANO MADURO*. Machala: Universidad Técnica de Machala.

COLOMA, D. V. (2015). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO*. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0260000170001\\_PDOT%20BOLIVAR%202015\\_02-09-2015\\_12-08-14.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0260000170001_PDOT%20BOLIVAR%202015_02-09-2015_12-08-14.pdf).

Cutipá, Y. (2018). *EFEECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN EN VACAS LECHERAS BROWN SWISS DURANTE LA EPOCA SECA EN LARIMAYO - PUNO*. Puno: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO .

DANE, C. (2013). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (CO)*. Obtenido de [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_oct\\_2013.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_oct_2013.pdf).

Delgado-Callisaya, P., Parisaca, V., Quispe, I., Delgado, E., & Aduviri, M. (2016). *Evaluación de la calidad de la leche cruda bovina (Bos taurus) en la Comunidad Mazo Cruz del Departamento de La Paz-Bolivia*. La Paz: Journal of the Selva Andina Animal Science.

Echeverría, H. (2015). GALLINAS FELICES: EL EMPRENDIMIENTO QUE RESPETA SU BIENESTAR Y GENERA DIVIDENDOS. (2. TVN, Entrevistador) Obtenido de <http://ecoterra.cl/es/gallinas-felices-el-emprendimiento-que-respetasu-bienestar-y-genera-dividendos/>.

*ELECTROFORESIS EN GEL DE POLIACRILAMIDA CON SDS“SDS-PAGE”*. (s.f.). Obtenido de [www3.uah.es/jcdiez/biologia%20sanitaria/metodos%20biologia](http://www3.uah.es/jcdiez/biologia%20sanitaria/metodos%20biologia)

%20molecular/practicas.pdf.

Elizondo Salazar, J. (2015). Forraje verde hidropónico: Una alternativa para la alimentación animal. *ECAG*, 36-39.

Espinoza, L. (2016). *ANÁLISIS DE LA COMERCIALIZACIÓN DE POLVO DE PLÁTANO COMO SUPLEMENTO ALIMENTICIO EN LA NUTRICIÓN DEL GANADO VACUNO PRODUCTOR DE LECHE EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS*. Guayaquil: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.

Flores, S. (2019). *APLICACIÓN DE ABONO ORGÁNICO LÍQUIDO AERÓBICO EN LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO EN DOS VARIEDADES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.

Fonseca, D. (2018). *Elaboración de un alimento para ganado bovino a base de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante fermentación en estado sólido como una alternativa ecoeficiente*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Gil, A. y. (2010). *Tratado de Nutrición. Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Madrid: M.D. Ruiz.

González Blanco, J., & Rodolfo WingChing-Jo, R.-J. (2018). *Producción y reproducción de vacas Holstein, Jersey y sus cruces en cinco localidades de Costa Rica*. San José: Universidad de Costa Rica.

González, E., Ceballos, J., & Benavides, O. (2016). *Producción de forraje verde hidropónico de maíz *Zea mays* L. en invernadero con diferentes niveles de silicio*. Nariño: REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS.

Holguín, E. (2018). *EVALUACIÓN COMPARATIVA CON DOS SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN COMPLEMENTARIA (SILOPACK, BALANCEADO) SOBRE EL METABOLISMO HEPÁTICO Y PRODUCCIÓN DE LECHE*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

I, W., & H., S. (2005). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16220535>. Obtenido de Advantages and limitations of clear-native PAGE.

IEC. (2015). International Egg Commission. *Egg Industry Review*. Obtenido de Egg Industry Review.

- INEN11. (2012). *Determinación de la Densidad Relativa*. Instituto de Normalización Ecuatoriano.
- INEN9. (2012). *Leche Cruda. Requisitos*. INEN.
- Ismael, C. W. (2016). DIGESTIBILITY AND ENZYMATIC ACTIVITY IN VITRO OF HEN EGG WHITE LISOZYME. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 4.
- JÁCOME QUINALUISA, P. E. (2018). *PROPUESTA DE OTRA ALTERNATIVA DE ALIMENTO PARA EL GANADO LECHERO DEL CANTÓN MEJÍA A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Jiménez, S. R. (2012). *DIGESTIBILIDAD, ALERGENICIDAD IN VITRO*. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS DE LA ALIMENTACIÓN (CSIC-UAM). Madrid.
- Johnson, M. (2016). Cuantificación de proteínas. *labome*.
- Leek, A. (2015). <http://seleccionesavicolas.com/avicultura/2015/09/alimentacion-para-la-calidad-del-huevo-y-ii>. Obtenido de 26th Anual Australian Poultry Sci. Symp.
- Llumipanta, N. (2017). *EFECTO DE UN SECUESTRANTE DE MICOTOXINAS (ULTRABOND) EN LA CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN GANADO BOVINO (Bos taurus)*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Lugo, A. C. (2007). *correlacion del metodo de kjendahl con el metodo de combustion dumas automatizado para de terminacion de proteina en alimentos*. repository.uaeh.
- M Hammershøj, N. F. (2016). The effect of grass and herbs in organic egg production on egg fatty acid composition, egg yolk colour and sensory properties. *Livestock Science*, 37-43.
- MAGAP. (2010). *Acuerdo Ministerial 394*. Quito.
- Manuel Pérez Rivera, M. (2017). *Estimación de parámetros genéticos para características de producción considerando índices de temperatura - humedad en bovinos ayrshire de Colombia*. Bogotá: Ciencia UNISALLE.
- Martínez, L. (2015). *UTILIZACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE PULPA DE CAFÉ BIOFERMENTADA EN RACIONES SUPLEMENTARIAS PARA VACAS*

*MESTIZAS EN PASTOREO, EN EL CANTÓN GONZANAMÁ, PROVINCIA DE LOJA.* Loja: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

Mirabá, C. (2015). *CINÉTICA DE DEGRADACIÓN Y DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ (Zea maíz) EN CABRAS CRIOLLAS EN SANTA ELENA, ECUADOR.* Santa Elena: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.

Molina, A., Olmedo, M., & Trumpp, A. (2018). *Análisis de factibilidad de forraje verde hidropónico en dietas de novillos para producción de carne de calidad diferenciada.* Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.

Moreno, D. A. (2001). *ANOTACIONES SOBRE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN AVÍCOLA EN PASTOREO* . Obtenido de [http://www.bdigital.unal.edu.co/9189/1/8271346.\\_2001.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/9189/1/8271346._2001.pdf).

Moreno, D. A. (2011). [http://www.bdigital.unal.edu.co/9189/1/8271346.\\_2001.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/9189/1/8271346._2001.pdf) Obtenido de ANOTACIONES SOBRE UN SISTEMA DE.

Moreno, I. (2018). *EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO DE MAÍZ (Zea mays) EMPLEANDO GRANO COMERCIAL.* Costa Rica: UNIVERSIDAD NACIONAL. *NUTRICION PERSONALIZADA* . (s.f.). Obtenido de [https://nutricionpersonalizada.wordpress.com/2010/01/07/alergenos\\_huevo/](https://nutricionpersonalizada.wordpress.com/2010/01/07/alergenos_huevo/).

Patiño, A. M. (2015). <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:http://alimentosmanipulacion.blogspot.com/2009/11/el-huevo.html>. Obtenido de MANIPULACION E HIGIENE DE ALIMENTOS.

Patty-Quispe, M. H., Loza-Murguía , M. G., Achu-Nina , C., Rojas-Pardo , A., Chura-Limachi , F., & Quispe-Paxipati , C. H. (2017). *Evaluación del efecto de suplemento de heno fortificado y concentrado en la producción de leche de bovinos (Bos taurus L.) durante la época seca en la comunidad Achaca-Tiahuanacu.* Tihuanacu: Journal o the Selva Andina Animal Science.

Pereira, P. C., & Zuniga, T. A. (2016). *Evaluación de la calidad nutricional de tres densidades de forraje hidropónico de maíz y sorgo sobre bagazo de caña de azúcar como sustrato.* Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano .

Pérez, H. M. (2000). [www.bvs.sld.cu/revistas/uni/vol1\\_2\\_00/uni07200.pdf](http://www.bvs.sld.cu/revistas/uni/vol1_2_00/uni07200.pdf).

Obtenido de Electroforesis en geles de poliacrilamida: fundamentos,.

- Pineida, F. D. (2012). *ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DEL HUEVO Y SUS DERIVADOS (UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO)*. México, D.F.
- Pintado, D. C. (2017). LA CALIDAD DEL HUEVO EN EL PUNTO DE MIRA CALIDAD INTERNA DEL HUEVO. *aviNews*.
- Pomilio, A. B., Ollivier, J. O., & Vitale, A. A. (2013). Flavoproteínas que actúan como amino-oxidasas: Estructura, función e importancia clínica. *Acta Bioquím Clín Latinoam*.
- Quinteros-Pozo, R., & Marini, P. (2017). *Evaluación productiva y reproductiva de cuatro genotipos lecheros en pastoreo libre en la amazonía ecuatoriana*. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.
- Quispe, W. M. (2017). *academia.edu (Crianza-de-gallinas-para-la-produccion-de-huevos)*. Obtenido de <http://www.academia.edu/7998173/Crianza-de-gallinas-para-la-produccion-de-huevos>.
- Ramírez, C. (2016). *Efecto de la nutrición sobre la calidad del Forraje Verde Hidropónico en la zona de Alajuela, Costa Rica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez, S. (2015). *Alimentación de Ganado*. Nicaragua: PROGRESA.
- Romero, M., Córdova, G., & Hernández, E. (2016). *Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato.
- Soto, F. (2018). *Efecto de la nutrición mineral en el rendimiento y las características bromatológicas del forraje verde hidropónico de maíz*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Steenfeldt, S., & Hammershoj, M. (2015). Organic egg production. II: The quality of organic eggs is influenced by hen genotype, diet and forage material analyzed by physical parameters, functional properties and sensory evaluation. *Animal Feed Science and Technology*, 182-197.
- Terán, L. (2015). *Sistema de Crianza de Bovinos de Carne en el Trópico Húmedo comparando dos tipos de pastos: Bachiaria decumbens vs Paspalum dilatatum*. Guayaquil: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL.

- Torres, X. (2018). *Estudio de la producción de la industria láctea del cantón Cayambe en el periodo 2009-2015*. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar.
- UA. (2012). <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x/analisis-elemental.html>. Obtenido de Universidad de Alicante.
- Vallejo Torres, C., Díaz Ocampo, R., Morales Rodríguez, W., Godoy Espinoza, V., Calderon Vega, N., & Cegido Cabrera, J. (2018). CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA E HIGIÉNICO SANITARIA DE LA LECHE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DOBLE PROPÓSITO, MANABÍ-ECUADOR. *Revista de Investigación Talentos*, 35 - 44.
- Vallejos, Y. (2018). *Obtención de concentrados proteicos de la harina de arveja (Pisum sativum) y determinación de su actividad antioxidante por el método del ácido tiobarbitúrico (TBA)*. Ambato: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- Vásquez, J. (2019). *PRODUCCION Y CALIDAD DE LA LECHE EN VACAS ALTAS PRODUCTORAS SUPLEMENTADAS CON SUBPRODUCTOS DE CERVECERIA*. México: Universidad Autónoma Agraria "ANTONIO NARRO".
- Vásquez, J. A., Castrillón, M. R., & Monsalve, Z. I. (2016). *Actualización en caracterización molecular de levaduras*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/biote/v18n2/v18n2a17.pdf>.
- Villavicencio, A. (2017). *Producción de Forraje Hidropónico*. Santiago: INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS.

## IX. ANEXOS

### ANEXO 1.

Ubicación dela parroquia rural Salinas de Guaranda .



## ANEXO 2.

Fotografías del trabajo de campo.



Construcción de la infraestructura



Cubierta de infraestructura



Construcción de las estanterías



Siembra en bandeja



Prueba de Germinación



Remojo con cal



Reposo



Siembra



Riego por nebulizadores



Cosecha día 18



Cosecha día 21



Dosificación



Alimentación



Alimentación con heno



Toma de muestras



Identificación de muestras



Análisis con Lactoscan

### ANEXO 3.

Registro de campo.

	
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA <b>EVALUACION DE TRES RACIONES TOTALMENTE MEZCLADAS (TMR) DE FORRAJE HIDROPONICO MAS FIBRA EN LA NUTRICION DE VACAS LECHERAS Y SU RELACION CON SÓLIDOS TOTALES</b>	
FICHA DE REGISTRO DE EVALUACION	
RAMSES SOTO PERSONA RESPONSABLE	
DATOS INFORMATIVOS	
Muestra N°	
N° Animal	<b>Edad</b>
Peso	<b>Condición corporal</b>
Fecha:	

**ANEXO 4.**

Registro de muestra

<b>FECHA</b>	<b>COD DE MUESTRA</b>	<b>ARETE DEL ANIMAL</b>	<b># DE TRATAMIENTO</b>	<b>SUERO</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>ACIDEZ</b>	<b>GRASA</b>	<b>SOLIDOS TOTALES NO GRASOS</b>	<b>PROTEINAS</b>

