

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**“ALIMENTACIÓN DE VACAS ENCASTADAS LACTANTES CON FORRAJE VERDE  
HIDROPÓNICO DE MAÍZ COMPLEMENTADO CON SILAJE DE SORGO DE MARZO A  
JULIO DE 2016, CANTÓN CHAMOCO, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE”**

**POR:**

**Br. ACOSTA NAJARRO, EDUARDO LUIS**

**Br. RAMÍREZ DÍAZ, EDGAR ANTONIO**

**Br. URÍAS GONZÁLEZ, SANDRA BEATRIZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**SAN VICENTE, 21 DE AGOSTO DE 2017.**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**“ALIMENTACIÓN DE VACAS ENCASTADAS LACTANTES CON FORRAJE VERDE  
HIDROPÓNICO DE MAÍZ COMPLEMENTADO CON SILAJE DE SORGO DE MARZO A  
JULIO DE 2016, CANTÓN CHAMOCO, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE”**

**POR:**

**Br. ACOSTA NAJARRO, EDUARDO LUIS**

**Br. RAMÍREZ DÍAZ, EDGAR ANTONIO**

**Br. URÍAS GONZÁLEZ, SANDRA BEATRIZ**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**SAN VICENTE, 21 DE AGOSTO DE 2017.**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR: Lic. M. Sc. Roger Armando Arias Alvarado.

SECRETARIO: Lic. Cristóbal Hernán Ríos Benítez.

FACULTAD MULTIDICCIPLINARIA PARACENTRAL

DECANA: Licda. M. Sc. Yolanda Cleotilde Jovel Ponce.

SECRETARIA: Licda. M. Sc. Elida Consuelo Figueroa de Figueroa.

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

Ing. Agr. M. Sc. René Francisco Vásquez.

DOCENTES ASESORES:

Lic. M. Sc. Nelsus Armando, López Turcios.

Ing. Agr. M Sc. Ramón Mauricio García Amaya.

Ing. Agr. M. Sc. Rene Francisco Vásquez.

Ing. Agr. Víctor Alfredo Rodríguez González.

COORDINADOR GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Edgard Felipe Rodríguez.

## AGRADECIMIENTOS

- ✓ **A Dios todo poderoso**, por permitirnos concluir una etapa más en nuestra formación profesional, brindarnos la sabiduría para la toma de decisiones, resguardarnos de las adversidades y por encontrar personas que nos guiaron mediante sus consejos a lo largo de nuestra carrera.
  
- ✓ **A nuestras familias**, por su apoyo incondicional a nuestra formación profesional y por motivarnos a superar las adversidades.
  
- ✓ **A los profesionales y amigos**, quienes nos colaboraron a lo largo de nuestra investigación con el aporte de sus conocimientos y experiencias.
  
- ✓ **A nuestros asesores**, por el apoyo constante y desinteresado aporte de su conocimiento y su valioso tiempo para el desarrollo de esta investigación.

Acosta Najarro, Eduardo Luis

Ramírez Díaz, Edgar Antonio

Urías González, Sandra Beatriz

## DEDICATORIA

**A Dios:** por la vida, la protección y la salud porque gracias a su poder me ha iluminado con su sabiduría para culminar un objetivo más de mi formación profesional.

**A mis padres:** por todo el sacrificio, apoyo, paciencia y esfuerzo que me han brindado durante todo el trayecto de mi formación profesional porque a pesar de los obstáculos siempre estuvieron a mi lado.

**A mis hermanos y hermanas:** por brindarme el apoyo día a día en malos y buenos momentos para cumplir la meta anhelada de mi vida.

**A mis Abuelos/as:** porque gracias a ellos dieron a la vida a mis padres quienes siempre me apoyaron en todo momento de mis estudios.

**A compañeros de tesis:** por el desempeño, compromiso y entrega de superación que siempre mantuvieron a lo largo del proceso de investigación.

A los Asesores de tesis: por el aporte incondicional, disposición, paciencia y orientación en todo momento de la realización del presente trabajo.

Eduardo Luis Acosta Najarro.

## DEDICATORIA

**A Dios:** por haberme dado la vida, una maravillosa familia y por permitirme sonreír ante todos mis logros que son resultado de su infinita bondad, gracias por la oportunidad de empezar de nuevo cada mañana, sin importar la cantidad de errores y faltas cometidas el día anterior.

**A mis Padres:** José Porfirio Ramírez y María Elena Díaz, por su apoyo incondicional y por ser el ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a luchar y nunca rendirme ante mis sueños y metas.

**A mis Hermanos:** Eduardo Ramírez, Luis Ramírez, Manuel Ramírez y Sandra Ramírez; por su apoyo incondicional y por compartir esa pasión por la más útil y noble actividad del hombre que es la Agricultura.

**A mi Abuelo:** Vicente Ramírez de la Cruz (†) por enseñarme el amor y respeto por la naturaleza.

**A mi Tío:** Miguel Ángel Ramírez por su apoyo y motivación para mi formación profesional.

**Compañeros de Tesis:** Por su amistad y por compartir la pasión que nos mueve que son las ciencias agrícolas, además de su disposición de trabajar por un objetivo en común.

**Docentes Asesores:** por su disposición, colaboración y compromiso con esta investigación y por contribuir a mi formación profesional.

Ramírez Díaz, Edgar Antonio.

## DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios ya que reconozco con agradecimiento y humildad que él me ha permitido culminar mi formación profesional y ha cuidado de mí en todo momento, a mis padres Basilio y Alicia de Urías por brindarme el apoyo y los recursos necesarios, a mi hermano José Basilio por estar siempre presente y acompañándome, a mi compañero y padre de mi hijo José Alberto Bonilla por su apoyo incondicional, a mi hijo Christopher José por ser fuente de inspiración para llevar a cabo todos mis logros, a mis tías Ana y Cecilia González así como mi abuela Antonia por su cariño y ayuda para llegar a la meta.

También quiero dedicarle mi triunfo a cada uno de los docentes que me formaron con sus conocimientos y experiencias especialmente mis asesores por su ayuda constante y desinteresada, al Dr. Nelson Edgardo León Cardoza por su apoyo en el desarrollo de la investigación y a mis compañeros de tesis ya que han sido un pilar fundamental para terminar mi carrera.

A todos mis amigos y familiares que con sus consejos me alentaron e impulsaron a salir adelante con mi carrera.

Sandra Beatriz Urías González.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I- INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II- MARCO TEÓRICO</b> .....	2
2.1 Importancia de la Ganadería en El Salvador .....	2
2.2 Clasificación de la Ganadería Nacional .....	2
2.2.1 Ganadería de subsistencia.....	2
2.2.2 Ganadería doble propósito .....	3
2.2.3 Ganadería especializada en producción de leche .....	3
2.3 Producción de leche en la ganadería nacional .....	4
2.4 Impacto del cambio climático en la ganadería nacional .....	5
2.5 Generalidades de las vacas lecheras .....	5
2.5.1 Clasificación Taxonómica .....	6
2.5.2 Anatomía y Fisiología del aparato digestivo .....	6
2.6 Requerimientos nutricionales para vacas en etapa de lactancia .....	6
2.6.1 Requerimientos para su mantenimiento .....	7
2.6.2 Requerimientos para la producción láctea .....	7
2.7 Descripción de los nutrientes necesarios para el mantenimiento y producción láctea ....	8
2.7.1 Agua .....	8
2.7.2 Azúcares (energía) .....	8
2.7.3 Proteína.....	8
2.7.4 Grasa.....	9
2.7.5 Minerales .....	9
2.7.6 Vitaminas .....	10
2.8 Factores que afectan el consumo de alimento en vacas lecheras .....	10
2.9 Composición de la leche.....	14
2.9.1 Grasa de la leche.....	14
2.9.2 Acidez de la leche.....	14
2.10 Forraje Verde Hidropónico (FVH).....	14
2.10.1 Ventajas del Forraje Verde Hidropónico.....	15
2.10.2 Desventajas del Forraje Verde Hidropónico .....	15
2.10.3 Métodos para la producción de Forraje Verde Hidropónico .....	15
2.10.4 Instalaciones para la producción de FVH.....	15

2.10.5 Producción de Forraje Verde Hidropónico .....	16
2.10.6 Técnica de riego de las bandejas.....	16
2.10.7 Ventajas de la utilización de FVH en la alimentación de bovinos.....	16
2.11 Silaje.....	16
2.11.1 Silaje de sorgo .....	17
2.11.2 Rendimiento .....	17
<b>III- MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
3.1 Ubicación y descripción del área en la que se realizó el estudio.....	18
3.2 Proceso metodológico.....	18
3.3 Fase 1: Selección de la unidades experimentales y tratamientos evaluados .....	18
3.3.1 Variables evaluadas .....	20
3.4 Fase 2: Establecimiento de infraestructura.....	20
3.4.1 Invernadero.....	20
3.4.2 Equipo para la producción de FVH .....	20
3.4.3 Corral.....	22
3.5 Fase 3: Pre-experimental .....	23
3.5.1 Etapa 1: Parámetros utilizados para la producción de FVH .....	23
3.5.2 Etapa 2: Método seleccionado para la producción de FVH.....	23
3.5.3 Etapa 3: Inicio de la producción FVH.....	24
3.5.4 Etapa 4: Muestreo y análisis de los alimentos.....	27
3.5.5 Etapa 5: Formulación de la Ración .....	28
3.5.6 Etapa 6: Datos promedio de las variables.....	30
3.5.7 Etapa 7: Transición del sistema semi estabulado al estabulado.....	30
3.6 Fase 4: Experimental.....	30
3.6.1 Descripción de los tratamientos.....	30
3.6.2 Alimentación de las vacas .....	31
3.6.3 Recolección de datos .....	32
3.6.4 Variables evaluadas .....	32
3.7 Metodología Estadística.....	34
3.7.1 Diseño Estadístico .....	34
3.7.2 Modelo Estadístico .....	35
<b>IV- DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>36</b>
4.1 Requerimientos hídricos en las diversas etapas de producción del FVH .....	36

4.2 Análisis bromatológicos .....	37
4.3 Ración balanceada .....	37
4.4 Análisis de las Variables Estudiadas.....	38
4.4.1 Volumen de leche .....	38
4.4.2 Peso de la leche .....	40
4.4.3 Grasa de la leche.....	41
4.4.4 Grados de acidez.....	42
4.4.5 Peso corporal de la vaca .....	44
4.4.6 Costo diario por tratamiento .....	46
4.4.7 Ingresos netos diarios por tratamiento.....	46
4.4.8 Relación costo beneficio por tratamiento .....	47
<b>V- CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VI- RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>VII- BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>50</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. RETROSPECTIVA, PRODUCCIÓN DE LECHE, CARNE Y SACRIFICIO DE GANADO BOVINO ..4	
CUADRO 2. EFECTOS DEL ESTRÉS CALÓRICO EN VACAS DE PRODUCCIÓN .....	11
CUADRO 3. DISTRIBUCIÓN DE ANOVA .....	19
CUADRO 4. RACIÓN UTILIZADA EN EL ENSAYO.....	29
CUADRO 5. RESULTADOS DE VARIABLES PREVIAS AL ENSAYO .....	30
CUADRO 6. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	31
CUADRO 7. ROTACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	31
CUADRO 8. PROPORCIONES DE LAS RACIONES SUMINISTRADAS.....	32
CUADRO 9. NECESIDAD HÍDRICA PARA LA PRODUCCIÓN DE FVH.....	36
CUADRO 10. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS .....	37
CUADRO 11. DISTRIBUCIÓN DE LA RACIÓN .....	38
CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL VOLUMEN DE LA LECHE .....	38
CUADRO 13. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA VOLUMEN DE LECHE EN LITROS .....	39
CUADRO 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE LA LECHE .....	40
CUADRO 15. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA EL PESO DE LA LECHE EN KILOS.....	40
CUADRO 16. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA GRASA DISPONIBLE EN LA LECHE .....	41
CUADRO 17. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA GRASA DE LA LECHE EN %.....	42
CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS GRADOS DE ACIDEZ DE LA LECHE .....	43
CUADRO 19. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA LA ACIDEZ DE LA LECHE EN °D.....	44
CUADRO 20. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PESO DE LAS VACAS .....	44
CUADRO 21. RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN PARA PESO DE LA VACA EN KG .....	45
CUADRO 22. COSTO DIARIO POR TRATAMIENTO EN DÓLARES.....	46
CUADRO 23. INGRESOS NETOS POR TRATAMIENTO .....	46
CUADRO 24. RELACIÓN COSTO/BENEFICIO POR TRATAMIENTO (\$) .....	47

## ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA 1. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.....	7
FIGURA 2 . PRODUCCIÓN DE LECHE, CONSUMO Y PESO VIVO DURANTE LA LACTACIÓN.....	12
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	18
FIGURA 4. INVERNADERO UTILIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE FVH.....	21
FIGURA 5. BANDEJAS PARA GERMINACIÓN .....	21
FIGURA 6. ESTANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE FVH.....	22
FIGURA 7. CORRAL UTILIZADO PARA LA INVESTIGACIÓN .....	22
FIGURA 8. ÁREA DE GERMINACIÓN.....	25
FIGURA 9. DESARROLLO DE RAÍZ .....	26
FIGURA 10. DESARROLLO INICIAL .....	26
FIGURA 11. ÁREA DE PRODUCCIÓN .....	27
FIGURA 12. TOMA DEL VOLUMEN DE LECHE .....	32
FIGURA 13. MEDICIÓN DE LA LECHE EN KILOS .....	33
FIGURA 14. MEDICIÓN DE GRASA POR EL MÉTODO DE GERBER.....	33
FIGURA 15. MEDICIÓN DE LA ACIDEZ DE LA LECHE.....	34
FIGURA 16. TOMA DE PESO DE LAS VACAS UTILIZANDO CINTA BAROMÉTRICA .....	34

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS DEL FVH A BASE DE MAÍZ.....	57
ANEXO 2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL SILAJE DE SORGO.....	58
ANEXO 3. ANÁLISIS PROXIMAL DEL CONCENTRADO.....	59
ANEXO 4. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE GRASA EN LECHE PARA CADA TRATAMIENTO .....	60
ANEXO 5. RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE ACIDEZ EN LECHE PARA CADA TRATAMIENTO.....	61

## **SIGLAS UTILIZADAS**

FVH: Forraje Verde Hidropónico.

PIB: Producto Interno Bruto.

ALC: América Latina y el Caribe.

Mcal: Mega calorías.

AGV: Ácidos Grasos Volátiles.

NNP: Nitrógeno no Proteico.

MS: Materia Seca.

DCL: Diseño Cuadrado Latino.

## RESUMEN

El propósito del 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 El Salvador, dicho ensayo se realizó en el Cantón Chamoco, Municipio y Departamento de San Vicente durante el periodo de marzo a julio de 2016 y consistió en alimentar seis vacas encastadas en la etapa de producción láctea con Forraje Verde Hidropónico (FVH) a base de maíz complementado con silaje de sorgo y concentrado. La investigación incluyó la producción de FVH alcanzando 4.8 kg de forraje por cada kilogramo de granos de maíz y según el análisis bromatológico este obtuvo el 6.01% de proteína, en cambio el silaje de sorgo obtuvo 2.50%, con estos datos se formuló la ración con base a la proteína de los alimentos que proporcionó como resultado 20.45 kg de forraje más 2.72 kg de concentrado.

La etapa de campo se realizó en dos fases, la primera; fue de transición del sistema semi estabulado al estabulado y adaptación a la nueva dieta y tuvo una duración de dos semanas; la segunda comprendió una duración de 90 días utilizando los siguientes tratamientos: T0: 100% silaje de sorgo, T1: 100% FVH, T2: 75% FVH, T3: 50% FVH, T4: 40% FVH, T5: 30% FVH y complementados con silaje de sorgo y concentrado. La comparación estadística se realizó mediante el modelo del cuadrado latino.

Las variables estudiadas fueron: volumen de leche (l), peso de la leche (kg), grasa de la leche (%), acidez de la leche ( $^{\circ}$ D) y peso corporal de las vacas (kg), se determinó que el tratamiento T2 comparado con el tratamiento testigo T0, genera un incremento de: 1.04 l/vaca/día en la producción de leche, con un peso por litro de leche de 1.030 kg, 0.75% en la grasa de la leche; para la variable acidez de la leche el tratamiento que mostro mejores resultados fue el T1 que redujo la acidez de la leche hasta 2.33  $^{\circ}$ D y en cuanto al peso corporal de las vacas el tratamiento T3 mostró un incremento de 23.17 kg, siendo estas variables estadísticamente significativas. Esta tecnología a su vez garantiza una producción constante de forraje haciendo uso eficiente de agua y suelo.

## I- INTRODUCCIÓN

La industria ganadera bovina ha venido desarrollándose con mayor auge desde el inicio de la década de los 90's, se ha introducido asesoría técnica apropiada y promovido el uso eficiente de especies de pastos y forrajes de mayor producción de biomasa y adaptabilidad a las condiciones climáticas de nuestro país, logrando en la actualidad ser el rubro pecuario de mayor importancia económica dentro del PIB (BCR, 2005 citado por Gómez González *et al*, 2007). Sin embargo, la variabilidad climática es la principal causa de la fluctuación anual de la producción ganadera, los cambios lentos pero inexorables en las condiciones promedio del entorno como temperatura y disponibilidad de agua también afectan este sector reduciendo su productividad y competitividad (PRISMA, 2012 citado por MARN, 2013).

Se estima que para el año 2030 el promedio anual de temperatura del país que es de 25.2°C habrá aumentado 1.5 °C, este aumento, acompañado de la intensificación de los periodos secos provocará un déficit de agua y consecuentemente un cambio en las zonas aptas para la ganadería (Bouruncle *et al*, 2015). Es por ello que la alimentación representa el principal costo en la producción y el que mayormente determina los rendimientos, será necesario implementar nuevas alternativas que cumplan los requerimientos nutricionales de las especies al menor costo posible (MARN, 2013). Como una alternativa importante, se gesta la producción de FVH bajo invernadero que se trata de una tecnología de producción de biomasa obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (FAO 2001 citado por Vargas Rodríguez, 2007) .

El objetivo de la investigación consistió en afrontar la problemática de escasas de agua y área de terreno que afecta la producción de pastos en época seca en la zona ganadera del cantón Chamoco Municipio y Departamento de San Vicente, mediante la alimentación de seis vacas encastadas con Forraje Verde Hidropónico producido bajo invernadero y complementado con silaje de sorgo y concentrado.

## **II- MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Importancia de la Ganadería en El Salvador**

La ganadería es uno de los rubros más importantes en el sector agropecuario del país, durante el 2011 aportó un 17.7% al PIB agropecuario, equivalente a un 2.15% de aporte al PIB nacional, solamente igualado por la producción de granos básicos. Si al rubro de ganadería, se agregan la agroindustria de carne y lácteos, suma 3.25% en aporte total al PIB nacional (IICA, 2012), esta actividad productiva se caracteriza por estar dispersa en todos los departamentos del país, según el último Censo Agropecuario realizado durante los años 2007-2008, existen en el ámbito nacional 59,461 productores que se dedican a la crianza de ganado bovino (PRISMA, 2014) en tanto que datos oficiales estiman que se generan 150,000 empleos directos en las fases de producción, transporte y procesamiento (García Ramírez, 2010).

### **2.2 Clasificación de la Ganadería Nacional**

Con base a la información generada por la Dirección General de Economía Agropecuaria, sobre la actividad ganadera en el país, resulta útil definir tres grupos: ganaderías de subsistencia, doble propósito, y especializadas en producción de leche (IICA, 2012), las cuales se describen a continuación:

#### **2.2.1 Ganadería de subsistencia**

Agrupar a productores que poseen menos de 20 cabezas de ganado y sus producciones oscilan entre 3 a 4 botellas/vaca/día (Martínez, 2000 citado por López Castillo, 2008); el manejo empleado es tradicional con poca o ninguna adopción de tecnología, ordeño manual con ternero junto a la vaca la mayor parte del día, las razas utilizadas normalmente son cruces de brahmán con ganado criollo sin aplicar planes profilácticos, de mejoramiento genético, sin prácticas de nutrición (IICA, 2012), con limitantes como la deficiente alimentación, la cual se agrava en la época seca, manejo inapropiado de los pastos en época lluviosa, manejo sanitario y reproductivo inadecuado, dedican la mitad de sus parcelas para la siembra de otros cultivos, hacen que la producción sea baja, ya que son fincas que disponen de áreas limitadas para el pastoreo, con áreas pequeñas destinadas a producir pasto y no cuentan con alimento seguro durante todo el año por los cambios de clima (García Ramírez, 2010); la leche producida es utilizada para autoconsumo y los excedentes

son comercializados localmente para ayudarse con la economía familiar; se estima que estos ganaderos representan el 24% del rebaño nacional (IICA, 2012).

### **2.2.2 Ganadería doble propósito**

Son ganaderos que han adoptado algún grado de tecnología apropiada, mantienen rebaños con rendimientos promedio de producción de leche de 10 botellas/vaca/día (García Ramírez, 2010); su sistema de reproducción es monta natural, con sementales de razas Holandesas y Pardo Suizos, realizan prácticas de pastoreo rotacional con áreas de gramíneas y leguminosas promisorias o mejoradas, utilizan parcialmente los sistemas de registros (IICA, 2012), cuentan con corrales construidos con duela de madera y postes, piso de cemento, techo de lámina con albergue para terneros, sala de ordeño y un cuarto de utensilios para el ordeño, bebederos de cemento, pozo y depósito de agua (García Ramírez, 2010). Desinfectan ubres con soluciones yodadas, lavan utensilios y equipos de ordeño con detergentes, lo que les permite producir leche que cumple con parámetros de calidad como: acidez entre 16 y 17 grados, 4.0% grasa, 3.32% proteína, por poseer rebaños encastados, normalmente producen leche cuyo contenido de sólidos tiene buen rendimiento en la elaboración de productos lácteos, por lo que es apetecida por las plantas procesadoras y se estima que estos ganaderos representan el 73% del rebaño nacional que producen el 60% de la leche y 30% de la carne del país (IICA, 2012).

### **2.2.3 Ganadería especializada en producción de leche**

Se estima que compone el 3% del hato nacional y cuenta con aproximadamente 200 productores, la producción promedio es de 13.50 litros por vaca por día, con un mínimo de 8.25 litros por vaca por día y un máximo de 24.0 litros por vaca por día, cargan las novillas a los 13-15 meses de edad (Arévalo, 2003 citado por López Castillo, 2008), se caracterizan por aplicar manejo técnico bajo el sistema de estabulación completa o semi-estabulación, utilizan eficientemente la inseminación artificial y sus rebaños tienen alto potencial genético para producción lechera (IICA, 2012); para la alimentación utilizan pasto mejorado en buenas extensiones, las raciones de alimento son balanceadas y los controles sanitarios están bien establecidos, mejoran constantemente su tecnología de manejo reproductivo, tienen capital para ser autosuficientes y capacidad administrativa (García Ramírez, 2010), hacen uso de sistemas de ordeño mecanizado, realizan prácticas de ordeño higiénico como lavado y secado de ubres, despunte, sellado de pezones, prevención de mastitis, proporcionan mantenimiento higiénico a todo el equipo utilizado para el ordeño y manejo post-ordeño;

predominan las raza holandesa, pardo suizo y Jersey, realizan ordeño dos veces por día, depositan la leche en tanques de enfriamiento de acero inoxidable, la leche producida contiene 3.8% de grasa; con 16 grados de acidez; y 3.28% de proteína, raras veces necesitan mejorar las prácticas de ordeño higiénico empleadas y la manipulación de la leche post-ordeño (IICA, 2012).

### 2.3 Producción de leche en la ganadería nacional

En el país predomina el sistema denominado doble propósito (producción de leche y carne), el cual está ligado generalmente a bajos niveles de productividad con escasa utilización de tecnología y se refleja en la producción promedio de leche/vaca/día que a nivel nacional es baja (IICA, 2012); no obstante en la última década la producción nacional de leche se ha incrementado en 21.5%, lo que representan 85.7 millones de litros, esto muestra un crecimiento promedio anual de 2,15%, este incremento resulta bastante modesto si se compara con los datos de Costa Rica que registra un crecimiento anual promedio de 7% para el período 1980- 2010 (MAG, sf). En el cuadro 1 se muestra el incremento de la producción láctea en los últimos años.

Cuadro 1. Retrospectiva, producción de leche, carne y sacrificio de ganado bovino

AÑO	LECHE (MILES DE LITROS)	BOVINO	
		SACRIFICIO (CABEZAS)	CARNE 1/ (MILES DE LIBRAS)
1999	349,390	203,956	74,240
2000	386,760	207,634	75,579
2001	383,467	209,444	76,238
2002	399,280	180,980	65,876
2003	393,230	176,686	64,314
2004	399,808	160,159	58,298
2005	447,600	163,055	59,352
2006	435,413	185,042	65,286
2007	475,862	206,873	68,766
2008	494,071	194,236	70,702
2009	541,614	187,951	68,414
2010	457,740	168,402	61,298
2011	485,015	156,987	57,143
2012	472,731	158,345	57,638
2013	484,844	99,802	40,448
2014	490,943	106,070	40,985

Fuente: D.G.E.A. (2015).

## **2.4 Impacto del cambio climático en la ganadería nacional**

En El Salvador como en el resto de América Latina y el Caribe (ALC) la ganadería bovina es una de las actividades que ocupa la mayor proporción de suelos agrícolas (Bechara & Cortez, 2011), lamentablemente, una parte considerable de la actividad está caracterizada por bajos niveles de productividad (García Ramírez, 2010), por lo que es importante señalar que presenta una marcada dependencia de diversos factores ambientales como son: temperatura, humedad relativa, régimen de lluvias, altura sobre nivel del mar; que inciden en la producción agropecuaria (MAG, 2003), el cambio en los regímenes pluviales tiene efectos directos sobre el rendimiento de los forrajes, así como efectos indirectos a través de los cambios en la disponibilidad de agua de riego (IFPRI, 2009); y es que el cambio climático está calentando la atmósfera; esto a su vez genera que los pastos tengan que defenderse ante tal efecto incrementando sus concentraciones de tejidos de protección (lignina); estos, al ser consumidos por los animales, van a generar una menor eficiencia digestiva, una menor absorción de nutrientes, una menor producción (Garzón, 2011), se estima que para el año 2030 el promedio anual de temperatura del país habrá aumentado 1.5 °C, este aumento, acompañado de la intensificación de los periodos secos y de menos lluvias, provocará un déficit de agua y consecuentemente, un cambio en las zonas aptas para la ganadería (Bouruncle *et al*, 2015); ante este contexto, es necesario que la ganadería en El Salvador se oriente hacia el desarrollo de sistemas de manejo que sean sustentables y amigables con el ambiente (García Ramírez, 2010).

## **2.5 Generalidades de las vacas lecheras**

Estas se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje y son capaces de degradar los hidratos de carbono estructural del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina que es muy poco digestible para las especies de estómago simple o no-rumiantes, basado en esta diferencia fundamental, a la vaca se le considera un rumiante siendo su anatomía y fisiología digestiva las que adquieren características particulares (Relling y Mattioli, 2003).

### **2.5.1 Clasificación Taxonómica**

Reino: Animal

Sub reino: Vertebrados

Clase: Mamíferos

Orden: Ungulados

Rama: Rumiantes

Familia: Bóvidos

Género: Bos

Especies: Bos indicus (Young, 1971 citado por Bavera G. A., 2005)

### **2.5.2 Anatomía y Fisiología del aparato digestivo**

La primera porción del conducto alimenticio está formado por la boca, que contiene la lengua y los dientes (García Tobar *et al*, sf), la boca es la parte inicial del aparato digestivo, es una cavidad alargada en el sentido de la cabeza que presenta dos aberturas, una anterior por donde penetran los alimentos y una posterior por medio de la cual se comunica con la faringe (Londoño, sf), la lengua de los rumiantes es especialmente larga en su porción libre y cubierta por diferentes tipos de papilas que le dan una marcada aspereza y la convierten en el principal órgano de aprehensión, es decir que la lengua sale de la boca, rodea al pasto y lo atrae hacia adentro y la dentadura de los rumiantes carece de caninos e incisivos en el maxilar superior y éstos están reemplazados por una almohadilla carnosa (García Tobar *et al*, sf), y las funciones de los dientes en la fisiología digestiva son la prensión del alimento y la masticación (Londoño, sf).

El sistema digestivo de los bovinos se caracteriza por tener un gran tamaño y de 3 a 4 modificaciones pre gástricas (Martínez, sf), el estómago se identifica por tener cuatro compartimientos: retículo, rumen, omaso y el estómago verdadero o abomaso y en este existe una formación microbiológica que permite aprovechar los carbohidratos estructurales de los pastos (Londoño, sf).

### **2.6 Requerimientos nutricionales para vacas en etapa de lactancia**

En esta etapa los requerimientos nutricionales de las vacas se ven incrementados ya que necesitan suplir sus necesidades (Fig. 1), los primeros son necesarios para la nutrición y cumplimiento de sus necesidades básicas para su mantenimiento corporal y los segundos

son requerimientos específicos para la producción láctea (López, 2016)<sup>1</sup> y estos se describen a continuación:

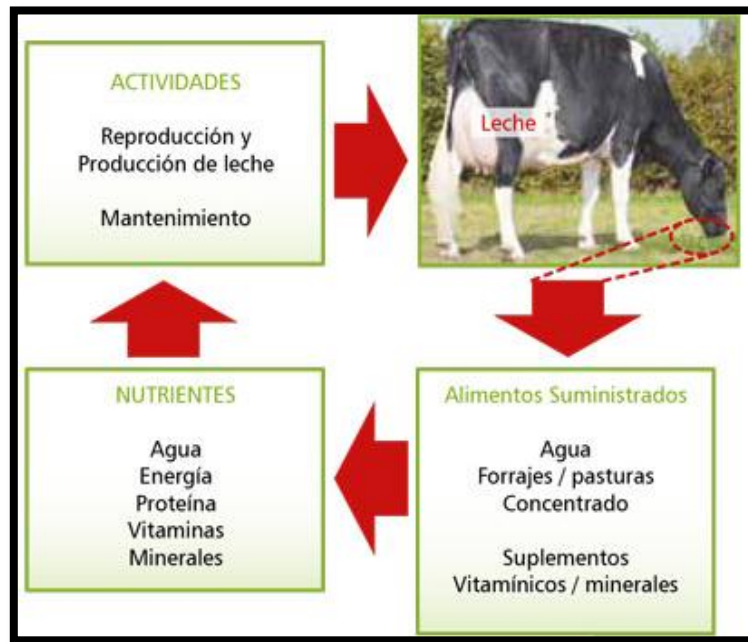


Figura 1. Requerimientos nutricionales

### 2.6.1 Requerimientos para su mantenimiento

Para cubrir las demandas de nutrición y mantención los nutrientes esenciales son: agua, energía, proteína, minerales y vitaminas. Estos son los que el animal requiere para cumplir con sus necesidades básicas y que le permiten mantener su equilibrio (Lanuza, sf).

### 2.6.2 Requerimientos para la producción láctea

Cuando se ha logrado cubrir las demandas de mantención, la energía y demás nutrientes, son canalizados en mayor proporción para satisfacer los requerimientos de producción láctea, estos a su vez son los implicados en el crecimiento, aumento de peso y gestación (Gómez *et al*, 2003 citado por Benítez Iglesia *et al*, 2011) dichos nutrientes son los siguientes: el agua, azúcares (energía), proteína, grasa, minerales y vitaminas (Hazard, 1990).

## **2.7 Descripción de los nutrientes necesarios para el mantenimiento y producción láctea**

### **2.7.1 Agua**

El requerimiento de agua depende del nivel de producción de leche, del tipo de ración alimenticia, de la temperatura, del viento y de la humedad relativa, el requerimiento de agua por litro de leche producida, varía entre 2.3 a 3.0 litros (Lanuza, sf).

### **2.7.2 Azúcares (energía)**

En vacas lecheras una baja fertilidad está relacionada con la deficiencia de energía en relación con las necesidades del animal o un balance de energía negativo, dependiendo de la producción de leche en el comienzo de la lactancia, un balance de energía negativo puede durar las primeras dos a diez semanas de lactancia (Gómez *et al*, 2003 citado por Benítez Iglesia *et al*, 2011), es por esta razón que los azúcares son necesarios para mantener el metabolismo y los procesos vitales de las vacas lecheras, la vaca requiere cubrir las necesidades de energía, según su nivel de producción de leche y contenido graso, estando directamente relacionado con su capacidad de consumo y calidad de la dieta alimenticia (Lanuza, sf), ya que las vacas adultas demandan 2.5 Mcal por 100 kg de peso vivo por mantenimiento corporal más 1.12 Mcal adicionales por Kilo de leche producido (UNAM, sf).

### **2.7.3 Proteína**

Los rumiantes pueden generarlas, por simbiosis con los microorganismos ruminales y de fuentes de Nitrógeno no Proteico (NNP), a través de un proceso de síntesis (INTA, 2014). A medida que las proteínas y el NNP entran al rumen, son atacadas por enzimas microbianas, formándose péptidos, estos son degradados a aminoácidos y utilizados para la formación de proteína microbiana, o son degradados todavía más para la producción de energía a través de la vía de los AGV (Lanuza, sf). Cuando una dieta es baja en nitrógeno, cantidades importantes de urea (que es normalmente excretada en la orina) es reciclada al rumen a través de la saliva o de la pared ruminal, siendo utilizada por los microorganismos ruminales para la síntesis de aminoácidos (INTA, 2014).

Los requerimientos de proteína en vacas lecheras, son cubiertos sólo en un 20-30% por proteína alimentaria (no degradada en el rumen), el resto, es degradada por la flora ruminal y utilizada desde la forma de amoníaco, para síntesis de proteína microbiana disponible para el animal (Lanuza, sf); esta síntesis, depende primariamente del aporte nitrogenado de la

ración y luego, del suministro oportuno de energía que requieren los microorganismos del rumen, en la medida que aumenta el nivel productivo de las vacas, aumenta el requerimiento de proteína no degradable, ampliándose de esta forma la relación proteína-energía (INTA, 2014).

La vaca necesita proteína, primero para su mantenimiento y luego para alcanzar la más alta productividad en leche, es por ello que solo los forrajes no llegan a cubrir toda la necesidad proteica y por tanto hay que complementar con un alimento balanceado, con características específicas (Fernández Curí, 2013); durante la lactancia, la glándula mamaria necesita de cantidades importantes de aminoácidos para la síntesis de la proteína láctea, especialmente la caseína, el metabolismo de los aminoácidos en la glándula es complejo (UNAM, sf); ya que puede haber reconversión de un aminoácido en otro o puede ser oxidado para producir energía, la leche contiene aproximadamente 32 g de proteína por kg, existiendo variaciones importantes dentro y entre razas. Aproximadamente el 90% de la proteína en leche es caseína, encontrándose varias formas de esta proteína, que contribuyen al alto valor nutritivo de los productos lácteos (INTA, 2014).

#### **2.7.4 Grasa**

La grasa es un componente de la ración muy rica en energía ya que en promedio, un gramo de grasa contiene la misma energía que 2.5 g de carbohidratos, siendo esto vital en la fase de lactancia de las crías bovinas (UNAM, sf.).

#### **2.7.5 Minerales**

Los macrominerales y microminerales, son elementos esenciales para el funcionamiento del organismo de las vacas lecheras en sus distintos estados fisiológicos, teniendo así los elementos que tienen que ver con la formación de tejidos como son: el Calcio, Fósforo y Manganeso, en el metabolismo energético, el Fósforo, Sodio, Cobalto y Yodo, y por último en procesos de transmisión nerviosa y contracción muscular, se encuentra el Calcio, Fósforo, Sodio y Potasio (Lanuza, sf). Siendo el calcio esencial para la coagulación normal de la sangre, al estimular la liberación de la tromboplastina de las plaquetas sanguíneas, un activador de varias enzimas claves, incluyendo la lipasa pancreática y la fosfatasa acida, estimulando este elemento la contracción muscular, promueve el tono muscular, el latido y regula la transmisión del impulso nervioso, es por eso que es considerado esencial para la absorción de vitamina B12 (UNAM, sf).

### **2.7.6 Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos químicos que deben ser incluidos en las dietas de las vacas lecheras (Escobosa Laveaga, sf); aunque Son sustancias que en muy pequeñas cantidades intervienen en las funciones vitales y productivas; los rumiante, sintetizan todas las vitaminas hidrosolubles del grupo B y la vitamina K en el rumen y la vitamina C se sintetiza en las células de los tejidos. Aquellas liposolubles como la A1, D3 y E, deben ser suplementadas según sea la dieta alimenticia (Lanuza, sf).

### **2.8 Factores que afectan el consumo de alimento en vacas lecheras**

La cantidad de leche producida por un determinado animal es el resultado de una serie de acciones combinadas (factores genéticos, historia nutricional, estado de lactación y prácticas de manejo), donde las variaciones en la producción de leche corresponden en 10% a razones genéticas, 30-40% a prácticas de manejo y 50-60% a la nutrición y tipo de dieta (Escobosa Laveaga, sf).

#### **A) Factores medio ambientales**

Los fenómenos meteorológicos que influyen en el consumo son: temperatura, humedad, radiación, viento, lluvia y altitud y se sabe con certeza que tiene efecto sobre el consumo de alimento, consumo de agua, producción y composición de la leche (Garcia & Ramos, 2011).

#### **-Efectos del Estrés Calórico en la Producción**

El estrés calórico afecta negativamente la rentabilidad y viabilidad económica de la actividad ganadera de un país (Flamenbaun 1998 citado por González Páez, sf); sin duda alguna a partir de los 25 °C se pueden apreciar los efectos del calor en la producción lechera de las vacas, no obstante hay que tener en cuenta también la humedad relativa del aire (Mujika Arraiago, 2005); teniendo el mayor impacto económico se aprecia en la producción y la reproducción (tabla 2) (Flamenbaun 1998 citado por González Páez, sf).

La vaca lechera es particularmente sensible al clima cálido y la principal estrategia para reducir el calor corporal es la reducción voluntaria del consumo de materia seca. Por esta razón, la reducción voluntaria en la ingestión de alimento llega hasta un 25% con la obvia consecuente reducción de la producción de leche (Shearer & Bray, 1995 citado por González Páez, sf).

Haciendo referencia a la producción láctea, entre 0 y 23 °C aproximadamente no se produce una disminución por el efecto del estrés calórico, como se observa en el cuadro 2, por el contrario a -20 °C las vacas comen un 5% menos de lo recomendado en las normas y producen 6,5 litros menos de lo esperado (Navarra Agraria citado por Mujika Arraiago, 2005).

Cuadro 2. Efectos del estrés calórico en vacas de producción

TEMPERATURA	RESULTADOS OBTENIDOS			
	Necesidades de ingestión de materia seca (kg)	Ingestión de materia seca (kg)	Producción de leche (kg)	Agua ingerida (l/día)
<b>-20</b>	21,38	20,52	20,1	61,29
<b>-10</b>	19,88	19,88	25,12	69,46
<b>0</b>	18,87	18,87	27,13	76,72
<b>10</b>	18,28	18,28	27,13	76,72
<b>20</b>	18,28	18,28	27,13	81,72
<b>25</b>	18,51	17,78	25,12	88,53
<b>30</b>	19,01	17,00	23,11	94,88
<b>35</b>	19,51	16,78	18,10	143,91
<b>40</b>	20,29	10,26	12,03	127,12

Fuente: (Mujika Arraiago, 2005)

Según Hazard (1990) & Mujika Arraiago (2005), los efectos más importantes del estrés calórico en los animales son:

- Se incrementa por encima de los 39 °C la temperatura corporal.
- Incremento de las necesidades de agua, incluso pueden llegar a duplicarse en situación de estrés severo.
- El ganado suda más con objeto de refrigerarse.
- Disminuye la producción de leche.

B) Factor manejo de las vacas en producción láctea

Las características a considerar en este factor son las siguientes:

### -Temperatura corporal de la vaca

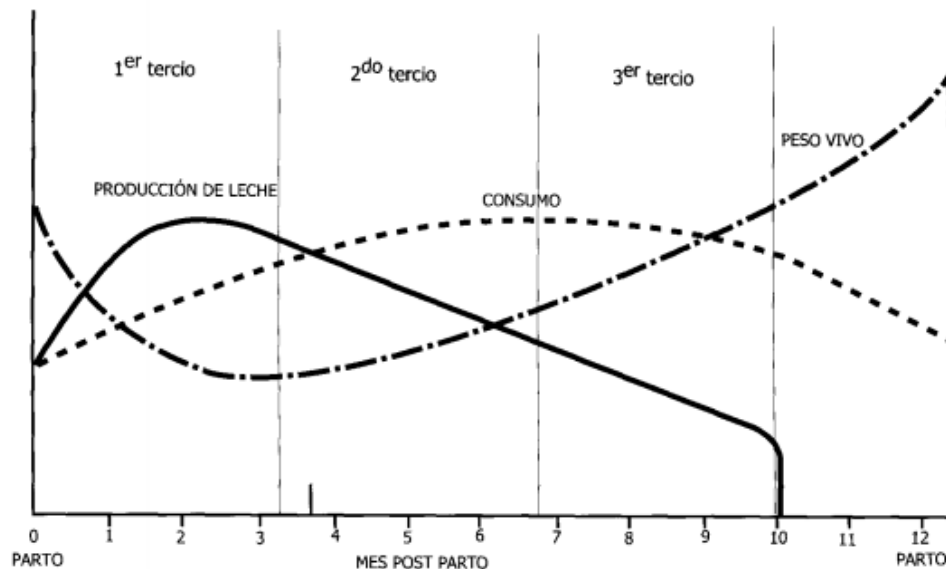
Los bovinos al igual que todos los mamíferos, son animales homeotermos, es decir, organismos que a pesar de las fluctuaciones en la temperatura ambiental son capaces de mantener relativamente constante la temperatura corporal (Shearer & Bray, 1995 citado por González Páez, sf), el calor corporal total procede de tres fuentes básicas que son, en orden de importancia, el metabolismo normal, el medio ambiente y la actividad física y productiva (Yabuta Osorio, 2001 citado por González Páez, sf).

### -Curva de lactación

La curva de lactancia (Fig. 2) permite conocer el comportamiento productivo, el potencial genético real, evaluar el programa de alimentación entre otros aspectos de una vaca o rebaño lechero identificando que la máxima producción de leche se logra entre los 45 a 60 días después del parto (Hernández & Ponce, 2008).

### C) Factor ración nutrición

La cantidad de alimento a considerar al calcular la ración, así como su contenido de nutrientes se puede expresar sobre la base de materia seca (MS), es así que el alimento a suministrar está basado en el peso vivo del animal, etapa de producción, clase de alimento entre otros factores (Escobosa Laveaga, sf).



Fuente: Hazard (1990)

Figura 2 . Producción de leche, consumo y peso vivo durante la lactación

#### -Materia seca

La materia seca es muy variable en los forrajes, depende significativamente del estado fisiológico del mismo, más jóvenes y creciendo activamente el contenido de agua es mayor y cuando comienzan a envejecer sin realizarle cortes o pastoreos contienen menos agua y por ende más % de fibra neutra y menos digestibles para los animales (Calistro, 2012), es por esta razón que el porcentaje de materia seca (MS) es un criterio usualmente asociado a la calidad de los forrajes conservados, que en el caso de los ensilajes debiera estar en torno a 30-32% (Cofre, sf).

Según Hazard (1990), las recomendaciones de consumo de materia seca por kilogramo de peso vivo durante las diferentes etapas de lactancia son las siguientes:

1er tercio de lactancia, 3.6% del peso vivo.

2do tercio de lactancia, 3.0% del peso vivo.

3er tercio de lactancia, 2.5% del peso vivo.

#### D) Factor Animal

##### -Genética

El control de producción de leche ha permitido formar bases de datos productivos, los que junto a los antecedentes genéticos de producción de sus progenitores o pedigrí, permiten a los genetistas, poder identificar a los animales genéticamente superiores en una determinada característica de importancia económica. La expresión de una característica que se pueda medir, como es el caso de producción de leche, está dada por componentes genéticos y ambientales (Uribe, sf).

##### -Conversión alimenticia

La eficiencia de conversión alimenticia se ha relacionado, principalmente, con los factores genéticos y de manejo, que afectan la tasa de crecimiento de los animales y la edad de comercialización, elementos que generalmente están estrechamente correlacionados por otra parte la conversión alimenticia tiende a incrementar con aumentos en la tasa reproductiva (Spedding *et al*, 1976 citado por Rivera & Duarte; 1992).

## **2.9 Composición de la leche**

La composición de la leche varía significativamente entre las diferentes especies, la vaca posee una leche que contiene alrededor del 87.6% de agua, 12.4% de M.S, 3.4% de grasa, 3.5% de proteína cruda, 4.6% de lactosa y 0.8% de ceniza (Hazard, sf).

### **2.9.1 Grasa de la leche**

La grasa láctea está presente como glóbulos microscópicos en una emulsión de lípidos y agua (Heid y Keenan, 2005; Singh, 2006 citado por García *et al*, 2014); sin embargo constituyen alrededor del 3 al 4 por ciento del contenido sólido de la leche de vaca, las proteínas aproximadamente el 3.5 por ciento y la lactosa el 5 por ciento, pero la composición química bruta de la leche de vaca varía según la raza (FAO, sf); además las variaciones en la producción de grasa láctea, dentro de un grupo de vacas alimentadas en condiciones similares, sugieren que la producción de grasa depende de la capacidad metabólica individual de cada vaca (Soyeurt et al, 2006 citado por García *et al*, 2014); de las diferentes razas bovinas y aun dentro de la misma raza se presenta variaciones como consecuencia del estado de la lactación, alimentación y condiciones ambientales (Hazard, sf), asimismo la grasa de la leche de vaca es considerada como una de las grasas más complejas de origen natural, debido a la gran cantidad de ácidos grasos con diferentes estructuras bioquímicas, peso molecular, y grado de insaturación (Harvatine *et al*, 2009 citado por García *et al*, 2014).

### **2.9.2 Acidez de la leche**

Es la que está dada por la presencia de ácido láctico y otros ácidos originados durante la fermentación; a esta acidez también se le conoce como acidez desarrollada o real, una leche buena, con alto contenido graso y por ende con alto contenido de sólidos no grasos, puede mostrar una acidez aparentemente alta, la leche de vacas Holstein, dan una acidez que varía de 13 a 16% en cambio la leche de vacas Jersey dan entre 16 a 20% de acidez titulable (Revilla, 1982).

## **2.10 Forraje Verde Hidropónico (FVH)**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables (FAO, 2001); con este forraje

hidropónico se puede alimentar ganado vacuno, porcino, caprino, equino, cunícula y una gran cantidad de animales domésticos con excelentes resultados (Money 2005 citado por Vargas Rodríguez, 2007).

### **2.10.1 Ventajas del Forraje Verde Hidropónico**

Ahorro de agua, se produce en reducido espacio, eficiencia en el tiempo de producción, la producción es constante todo el año, inocuidad, alto valor nutritivo, superior a otros forrajes, calidad del forraje para los animales, mejoras en alimentación, reproducción y sanidad (FAO, 2001) & (Ortiz Marín, sf).

### **2.10.2 Desventajas del Forraje Verde Hidropónico**

Según FAO (2001) & Marulanda e Izquierdo citado por Teoba Martínez (2011), las desventajas del uso del Forraje Verde Hidropónico (FVH) son:

- Costo de instalación elevado.
- Desinformación y sobrevaloración de la tecnología.

### **2.10.3 Métodos para la producción de Forraje Verde Hidropónico**

Los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades (FAO, 2001); además existen casos muy simples en que la producción se realiza en franjas de semillas pre-germinadas colocadas directamente sobre plásticos de 1 m de ancho colocadas en el piso y cubiertas, dependiendo de las condiciones del clima, con túneles de plástico e invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado; galpones agrícolas (Ortiz Marín, sf); hasta métodos sofisticados conocido como: “Fábricas de forraje” donde, en estructuras “container” cerradas, totalmente automatizadas y climatizadas, el FVH se produce a partir del trabajo de un operario que sólo se remite a sembrar y cosechar mientras que todos los demás procesos y controles son realizados en forma automática (FAO, 2001).

### **2.10.4 Instalaciones para la producción de FVH**

- Invernadero: este cumple con las siguientes funciones: Protección del sol, vientos, lluvia, mantienen un microclima adecuado y protege contra depredadores (Ortiz Marín, sf & Krämer; 2009).

- Áreas del sistema de Producción: esta comprende un área de tratamiento de semilla, área de germinación y un área de producción (Ortiz Marín, sf).
- Sistema de Climatización: este se vuelve necesario para climas extremos (Temperaturas < 0 °C, > 30 °C), con la desventaja que es un sistema de alto costo y elevado gasto adicional de energía (FAO, 2001 & Ortiz Marín, sf).

### **2.10.5 Producción de Forraje Verde Hidropónico**

Con el uso de 1 Kg. de semilla sembrada /m<sup>2</sup> al cabo de 2 semanas (tiempo óptimo para la cosecha del F.V.H.) se convertirá en una biomasa forrajera de 6 a 8 kilos, que es consumible en su totalidad (raíces, tallos, hojas y restos de semillas) (Arano, 1998 Citado por Medinilla Guardado *et al*, 2010).

### **2.10.6 Técnica de riego de las bandejas**

El riego en las bandejas de crecimiento del F.V.H. debe realizarse sólo a través de micro aspersores, o con una mochila de mano para evitar el riego por inundación ya que no es recomendado, dado que causa generalmente excesos de agua que provocan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones, que pueden causar, inclusive la pérdida total del cultivo (Medinilla Guardado *et al*, 2010).

### **2.10.7 Ventajas de la utilización de FVH en la alimentación de bovinos**

- Mejora cantidad y calidad de leche.
- Mayores efectos nutritivos y estimulantes.
- Mejoras en la reproducción.
- Mejora la asimilación de la ración alimenticia.
- Menor incidencia de enfermedades (Ortiz Marín sf; Krämer & Ceballos, 2009).

## **2.11 Silaje**

El ensilaje es una técnica de conservación de forraje verde mediante fermentación anaeróbica (sin presencia de oxígeno), que cuando está bien implementada permite mantener y conservar la calidad nutritiva del pasto verde durante mucho tiempo (CATIE, 2009), algunos cultivos como el maíz, la cebada y la alfalfa muestran altas tasas de conversión en producción de leche; la soja y el sorgo son intermedios (Cowan, sf); pero casi todas las especies de pastos que se producen en los trópicos pueden ser conservadas a

través de la tecnología del ensilaje; sin embargo, estas de preferencia deben cumplir con dos requisitos fundamentales como lo son la alta producción de biomasa y calidad nutritiva aceptable y la buena aceptabilidad por parte de los animales (CATIE, 2009).

### **2.11.1 Silaje de sorgo**

Según Carrasco *et al* (2011) el ensilaje de sorgo es una reserva forrajera que aporta un gran volumen de forraje fresco, pero presenta un limitado aporte de proteína y en muchos casos también de energía.

### **2.11.2 Rendimiento**

Una hectárea de sorgo para silo puede producir entre 25.000 y 45.000 kg de material verde, si la cosecha se hace con un 35% de materia seca (MS), el rendimiento estaría entre 8,750 y 15,750 kg de MS/ha, con un promedio de 12,250 kg/MS/ha (Pereyra, *et al.* sf).

### III- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y descripción del área en la que se realizó el estudio

Este se realizó en una explotación ganadera de sistema doble propósito ubicada en el Cantón Chamoco, Municipio y Departamento de San Vicente, coordenadas geográficas: latitud Norte 13°34'27.77" y longitud Oeste 88°38'57.06" (Fig. 3), a una altitud de 22 msnm.

La zona posee una alta vocación ganadera, siendo este el principal rubro económico; se reporta una precipitación anual de 1,600 a 1,800 mm, temperatura promedio de 26 °C a 27 °C y humedad relativa promedio de 74% (Caritas, 2012).

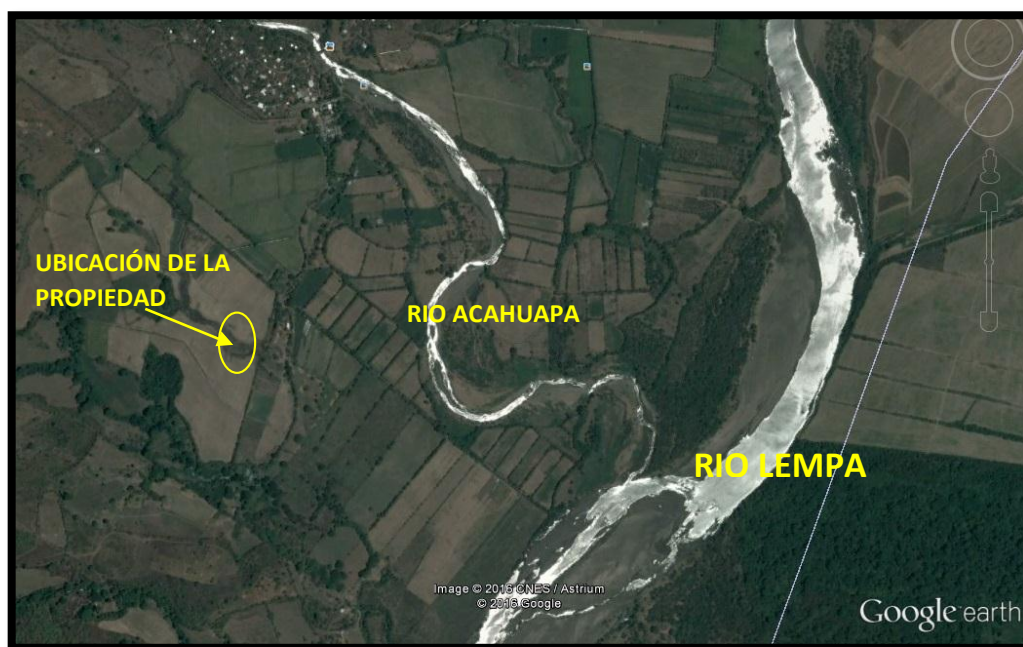


Figura 3. Localización de la zona de estudio

#### 3.2 Proceso metodológico

El estudio se realizó en cuatro fases, en el periodo comprendido entre marzo y julio de 2016.

#### 3.3 Fase 1: Selección de la unidades experimentales y tratamientos evaluados

Previo al ensayo se definió el diseño estadístico a utilizar, ya que existe discrepancia en la planificación de experimentos con vacas en producción láctea particularmente en pequeñas unidades de producción donde es limitado obtener un mínimo adecuado de vacas lo más uniforme posible en etapa y número de lactancia (Espinoza *et al*, 2004). Por tanto, el éxito de obtener una buena información experimental va depender mayormente del tipo de diseño

experimental que permita separar las diferentes fuentes de variación, a tales efectos, se ha empleado el Diseño Cuadrado Latino (DCL) y sus variaciones. En la aplicación de dicho diseño se asume que no hay efecto residual en el siguiente período, siempre y cuando se aplique un espacio de transición entre cada tratamiento para la toma de datos.

El Diseño Cuadrado Latino consiste en el agrupamiento de las unidades experimentales en dos direcciones (filas y columnas) y la asignación de los tratamientos al azar en las unidades, de tal forma que en cada fila y en cada columna se encuentren todos los tratamientos, al aplicar este diseño a la investigación como se observa en el cuadro 3, se determinó que como mínimo se necesitarían seis vacas que cumplieran las siguientes características: encaste homogéneo, edad, peso corporal, igual número de partos, periodo de lactancia y producción similar y en último caso que su periodo de lactancia no difiriera de 1-3 meses.

Cuadro 3. Distribución de ANOVA

F de V	GL	(GL)	(GL)
Tratamientos	p-1	6-1	5
Columna	p-1	6-1	5
Hilera	p-1	6-1	5
Error Experimental	Diferencia	20	20
Total	P <sup>2</sup> -1	36-1	35

F de V: Fuentes de variación

GL: Grados de libertad

p: número de tratamientos.

De un hato de 90 vacas en etapa de producción láctea del sistema doble propósito, se seleccionaron seis vacas encastadas de las razas Simmental y Brown Swiss presentando las siguientes características: edad homogénea de 3 años, un peso corporal promedio de 336.16 kg, dos partos y su periodo de lactancia no difirió de 1-3 meses con una producción promedio de 7.65 l/día y peso de la leche de 1.029 kg/l, las vacas seleccionadas para el estudio permanecieron sin ternero durante todo el experimento, con el propósito de obtener el rendimiento total en cuanto a producción láctea de cada una de las vacas.

#### ✓ Determinación de los tratamientos

Se seleccionaron tres fuentes alimenticias para el mantenimiento de las vacas, el silo de sorgo como testigo (T0), la complementación de los diferentes porcentajes con Forraje Verde Hidropónico: 100%(T1), 75%(T2), 50%(T3), 40%(T4) y 30%(T5), más concentrado comercial para cada uno de los tratamientos incluyendo el testigo.

Se determinaron dichos tratamientos para conocer la diferencia entre porcentaje de FVH a suministrar y comparar los resultados obtenidos con el testigo.

### **3.3.1 Variables evaluadas**

Para la selección de las variables evaluadas se tomó como punto de partida, la efectividad del FVH en la alimentación bovina, mediante la determinación del peso de la vaca, la calidad y cantidad de leche producida por medio de las siguientes variables:

Volumen de Leche (l), Peso de la Leche (Kg), Grasa (%), Grados de Acidez (<sup>o</sup>D) y peso de la vaca (Kg).

### **3.4 Fase 2: Establecimiento de infraestructura**

En esta fase se realizó la construcción de un invernadero equipado para la producción de FVH, además se remodeló un corral, previamente establecido, para adaptarlo a las condiciones adecuadas para la investigación.

#### **3.4.1 Invernadero**

Se construyó un invernadero con dimensiones de 14.5 m de largo por 2.20 m de ancho y 3 m alto con un área total de 31.90 m<sup>2</sup> similar a los utilizados en la producción de hortalizas, con una cubierta en el techo de plástico UV y Zaram para disminuir la temperatura interna de este, además se le colocó una cubierta al contorno de malla antiviral y el piso fue revestido con cascajo negro para disminuir el encharcamiento del suelo y reducir el brote de maleza. La estructura fue edificada con metal galvanizado, y su diseño se realizó tipo capilla de dos aguas con una pendiente del 5% (Fig. 4).

#### **3.4.2 Equipo para la producción de FVH**

Se utilizaron bandejas de durapax con dimensiones de 61 por 40 cm (Fig. 5) y estas se colocaron en dos estantes de metal galvanizado, con dimensiones de: 1.80 m de alto, 1.20 m de ancho, y 6 m de largo cada uno (Fig. 6), con 5 niveles por cada lado y una separación de

0.30 m entre cada nivel, para favorecer así el crecimiento de la masa forrajera del F.V.H. y la circulación del aire, con un ángulo de inclinación de 5% para evitar la acumulación de agua en las bandejas y así facilitar el drenaje de esta mediante pequeñas perforaciones en el piso de la bandeja.



Figura 4. Invernadero utilizado para la producción de FVH



Figura 5. Bandejas para germinación

### 3.4.3 Corral

Para la investigación se acondicionó un corral con un área de 100 m<sup>2</sup> con su respectivo comedero lineal de ladrillo de tipo canoa, que fue seccionado para cada una de las vacas (Fig. 7) y un bebedero que consistió en una pila de 2 m de largo, 1.20 m de ancho y 0.70 m de altura, con una capacidad de 1.68 m<sup>3</sup>.



Figura 6. Estantes para la producción de FVH



Figura 7. Corral utilizado para la investigación

### **3.5 Fase 3: Pre-experimental**

Esta fase se dividió en siete etapas:

#### **3.5.1 Etapa 1: Parámetros utilizados para la producción de FVH**

Se inició la producción tomando en cuenta los parámetros establecidos por Medinilla Guardado, *et al* (2010) para la producción de FVH, en este aspecto se consideró oportuno utilizar cajas de durapax en las que se empaca la uva como bandejas para la germinación del maíz, esto con el propósito de utilizar material de descarte y de esa manera disminuir costos de producción.

Al adoptar este método se observó la pérdida acelerada de humedad en la semilla de maíz, por lo que fue necesario incrementar la frecuencia de riego y como resultado se presentó la aparición de hongos lo que afectó severamente la producción. Es por ello que fue necesario encontrar una nueva técnica que permitiera superar los problemas a los que se estaba enfrentando.

En este sentido, para disminuir la pérdida de humedad de la semilla se optó por buscar un material que funcionara como sustrato y que fuera de bajo costo y de fácil eliminación en la cosecha del forraje, fue de esta manera que se utiliza papel periódico para ser colocado en la superficie de la bandeja.

Para determinar la metodología ideal en la producción del FVH se emplearon cinco metodologías con el objetivo de determinar parámetros como: cantidad de cloro para la desinfección de la semilla, cantidad de agua en el lavado del maíz, tiempo de remojo, kilogramos de semilla por cada bandeja, el número de hojas de papel periódico por cada una de estas, frecuencia de riego por fase, rendimiento del forraje por kilogramo de maíz, días de permanencia por etapa en cada área, días a cosecha del FVH y los principales problemas que afectan la producción.

#### **3.5.2 Etapa 2: Método seleccionado para la producción de FVH**

Se determinó que el método más aceptable en cuanto a rendimiento de forraje y menores costos de producción fue el método #4, al cual se le observó las mejores características de adaptación de las condiciones climáticas propias de la zona.

A continuación se describen los parámetros empleados para la producción del FVH en la fase experimental según el método #4:

- Para el lavado de la semilla utilizar 1 litro de agua por 0.45 kg de maíz.
- Hidratar con 0.5 litro de agua por 0.45 kg de maíz.
- Desinfectar con 1 cc de Hipoclorito de Sodio al 3% por litro de agua.
- Mantener en hidratación 24 horas, proporcionar una hora de oxigenación a mitad de tiempo (12 horas).
- Utilizar 1 hoja de papel periódico por bandeja.
- Colocar 0.57 kg de maíz por bandeja.
- El tiempo de permanencia en el área de germinación es de tres días.
- Al quinto día se traslada al invernadero las bandejas con maíz pre germinado, donde permanecerá 24 horas cubierto con bandeja perforada.
- El tiempo de riego por bandeja será de 10 segundos.
- La frecuencia de riego será cada dos horas dependiendo de las condiciones climáticas del sitio y de la fase de desarrollo en el que se encuentre el forraje.
- La cosecha se realiza a los doce días partiendo desde el día de hidratación del maíz.
- El rendimiento de un kilogramo de maíz proporciona 4.8 kilogramos de FVH.

### **3.5.3 Etapa 3: Inicio de la producción FVH**

La producción del Forraje Verde Hidropónico requirió de 12 días para iniciarse la primera cosecha y bajo un sistema de siembras escalonadas se obtuvo producción todos los días previos al ensayo y posteriormente en su ejecución, para la investigación se necesitó de una producción diaria de 60.45 kg a esto se le sumo el 8% por cualquier inconveniente, dando como resultado 65.45 kg de forraje diario, por lo que se utilizó 13.64 kg de maíz.

A continuación se describe el proceso y las áreas donde se realizó.

- Área de germinación

#### Día 1. Hidratación

- ✓ Durante el lavado de la semilla se retiraron las impurezas y granos quebrados que flotaron con la aplicación del agua y se realizaron tres lavados con agua a temperatura ambiente, con una relación de 0.5 litro de agua por 0.45 kg de maíz.

- ✓ La desinfección se realizó aplicando 1 cc de Hipoclorito de Sodio al 3% por litro de agua permaneciendo la semilla en la solución durante 2 minutos, lavándola posteriormente con agua a temperatura ambiente por 3 veces hasta retirar completamente el Hipoclorito de Sodio.
- ✓ Las semillas se colocaron en un recipiente plástico por 24 horas con una cantidad de 0.5lt de agua por 0.45 kg de semilla con la finalidad que la semilla sea saturada de agua, transcurridas las primeras 12 horas se retiró el agua por una hora para la oxigenación de la semilla, luego se le agregó la misma cantidad agua al depósito dejándola 11 horas más hasta completar las 24 horas.

#### Día 2 - 3 y 4 siembra

Transcurridas las 24 horas de hidratación, se eliminó toda el agua del depósito colocando el maíz sobre las bandejas esparciéndola uniformemente haciendo uso de la palma de la mano para dejar una sola capa de semilla con una cantidad de 0.57 kg cubriéndola con una bandeja perforada, permaneciendo en el área de germinación por 72 horas (Fig. 8) con una germinación promedio de 90% de los granos. Se realizaron riegos con una rociadora de mochila, cada dos horas de 07:00 a 16:00 horas. El tiempo de riego fue de 10 segundos por bandeja.



Figura 8. Área de germinación.

- Área de producción

#### Día 5 Desarrollo de raíz

Las bandejas fueron trasladadas al área de producción (Fig. 9), se les retiró las bandejas perforadas que servían para protección a la semilla.

#### Día 6 - 11 Primeras hojas y desarrollo

Para esta edad las plantas ya presentaban sus primeras hojas (Fig. 10), por lo que se requirió aumentar el riego a 20 segundos por bandeja, observándose que en esta etapa hay alta demanda de radiación solar para la realización del proceso de la fotosíntesis.



Figura 9. Desarrollo de raíz



Figura 10. Desarrollo inicial

## Día 12 Cosecha

A esta edad la planta presenta 25 cm de altura aproximadamente (Fig.11), habiéndose formado un tapete radicular y foliar denso, este parámetro indica que el FVH ya está apto para cosechar y proporcionárselo al ganado.

Para garantizar la disponibilidad de masa forrajera durante el ensayo se programó realizar las siembras de manera escalonada.



Figura 11. Área de producción

### 3.5.4 Etapa 4: Muestreo y análisis de los alimentos

Para conocer el contenido nutricional de los alimentos a utilizar se les realizó su respectivo análisis bromatológico, para lo cual se extrajeron muestras representativas, dándoles un manejo adecuado para su conservación y transporte hasta el laboratorio, dicho proceso se describe a continuación:

#### ✓ Análisis bromatológico del FVH

Previo a este análisis se produjo FVH bajo el método seleccionado y una vez su producción fue continua se procedió a extraer cinco muestras al azar de media libra de peso, cada una de diferente bandeja, inmediatamente se ubicaron en bolsas herméticas colocándolas en una caja de cartón para evitar los rayos directos del sol y así evitar la pérdida de humedad de la muestra, obteniéndose los respectivos resultados (anexo 1).

✓ Análisis bromatológico del silaje de sorgo

El silo utilizado para este análisis es el que se produce en la ganadería donde se realizó el estudio, y se produjo con plantas de sorgo de la variedad CENTA S-2 bajo un sistema de siembra semi tecnificado. Se extrajeron cinco muestras al azar de diferentes puntos del silo depositándolos en bolsas herméticas colocándolas en una caja de cartón para evitar los rayos directos del sol y así evitar la pérdida de humedad de la muestra. Los resultados obtenidos se muestran en anexo 2.

✓ Análisis proximal del concentrado

El concentrado comercial utilizado para el estudio fue el Vitalechero 22% de la empresa ALIANSA, siendo el que se utiliza en la ganadería donde se realizó el estudio, y el análisis que se tomó como referencia fue el que presenta la viñeta de su empaque (anexo 3).

### **3.5.5 Etapa 5: Formulación de la Ración**

Para la formulación de dicha ración se tomó como punto de partida la dieta ofrecida en la explotación ganadera previamente al ensayo, que consistía en proporcionar 20.45 kg de silaje de sorgo más 2.73 kg de concentrado comercial al 22% de proteína, dicha ración su valor nutricional era desconocido, luego se formuló una nueva ración basándose en el peso corporal con un promedio de 336.16 kg por vaca, los análisis bromatológicos realizados al FVH, silaje de sorgo y concentrado, así como en las necesidades proteicas de una vaca lechera que por cada kg de peso corporal se necesitan 0.7 g de proteína diaria y para la producción láctea, en la cual por cada litro de leche producida se necesitan 90.8 g de proteína<sup>1</sup>.

❖ Requerimientos de Proteína Bruta (PB) para las vacas a utilizar en el ensayo

- ✓ El promedio del peso corporal de las vacas a utilizar es de 336.16 Kg por tanto para su mantenimiento se requiere de:

$$336.16 \text{ kg} \times 0.7 \text{ g} = 235.31 \text{ g de proteína bruta al día y su equivalente de 0.23 kg.}$$

- ✓ La producción promedio de leche de las vacas seleccionadas es de 7.65 l con 3.1% de grasa, entonces el requerimiento de proteína bruta para producir leche es de:

$$7.65 \text{ l} \times 90.8 \text{ g} = 694.62 \text{ g y su equivalente de 0.69 kg de PB}$$

<sup>1</sup>López. 22-01-2016. Formulación de ración (comunicación personal). San Salvador, El Salvador, ALIANSA SA de CV.

- ✓ Requerimiento total de Proteína Bruta diaria es de 0.23 kg para su mantenimiento y de 0.70 kg para la producción láctea: 0.23 kg +0.70 kg = 0.93 kg
- ✓ Ración recomendada de concentrado<sup>1</sup>: 0.45 kg concentrado/1l de leche

❖ Análisis proteico de la ración utilizada en la explotación ganadera previo al ensayo

La ración utilizada consistió en suministrar 20.45 kg de silaje de sorgo y 2.73 kg de concentrado.

Aporte del concentrado= 22% PB x 2.73 kg =0.6 kg de PB/día.

Aporte del silaje de sorgo al 2.50% PB x 20.45 kg de consumo= 0.51 kg de PB.

Aporte total de PB:

0.6 kg + 0.51 kg = 1.11 kg.

La ración muestra un ligero incremento de proteína bruta en comparación a los requerimientos recomendados<sup>1</sup>, es por ello que no será necesario ajustar los volúmenes de los alimentos para la nueva ración.

❖ Nueva ración

Para ello se utilizaran 20.45 kg de forraje combinando en diferentes porcentajes de FVH y silaje de sorgo (Cuadro 4) y se mantendrán las 2.73 kg de concentrado.

Cuadro 4. Ración utilizada en el ensayo

Tratamiento	Porcentaje de FVH	Porcentaje de silaje de sorgo	FVH (kg)	Silaje de sorgo (kg)
T0	---	100	----	20.45
T1	100	---	20.45	---
T2	75	25	15.34	5.11
T3	50	50	10.23	10.23
T4	40	60	8.18	12.27
T5	30	70	6.14	14.32

<sup>1</sup>López. 22-01-2016. Formulación de ración (comunicación personal). San Salvador, El Salvador, ALIANSA SA de CV.

### 3.5.6 Etapa 6: Datos promedio de las variables

Los resultados promedios obtenidos previos al ensayo para cada una de las variables se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Resultados de variables previas al ensayo

Peso por litro de leche (kg)	% de Grasa	Grados de acidez	Peso de la vaca (kg)	Producción de leche (l)
1.029	3.1	16	336.16	7.60

### 3.5.7 Etapa 7: Transición del sistema semi estabulado al estabulado

Esta etapa se inició cuando se logró una producción de F.V.H constante, seis vacas fueron separadas de un hato de 90 vacas en producción láctea, el traslado se efectuó por la mañana y se les suministro la misma alimentación a la que se encontraban adaptadas para disminuir el estrés, siendo hasta el segundo día que se inició el suministro de pequeñas cantidades de F.V.H. El alimento se ofreció en forma gradual hasta alcanzar los niveles propuestos en las formulaciones de las dietas planteadas en el estudio.

### 3.6 Fase 4: Experimental

Esta fase tuvo una duración de 90 días con seis etapas de 15 días por tratamiento y consistió en suministrar las dietas propuestas para investigación y la toma de datos para cada una de las variables.

#### 3.6.1 Descripción de los tratamientos

Se usaron tres fuentes alimenticias en el mantenimiento de las vacas, el silo de sorgo como testigo (T0), la complementación de los diferentes porcentajes con Forraje Verde Hidropónico que son: 100%(T1), 75%(T2), 50%(T3), 40% (T4), 30%(T5) que se describen en la cuadro 6, más concentrado comercial para cada uno, además en el cuadro 7 se muestra la rotación de los tratamientos.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	% de silo de sorgo	% de FVH	Kg de concentrado comercial
T0	100%	_____	2.73
T1	_____	100%	2.73
T2	25%	75%	2.73
T3	50%	50%	2.73
T4	60%	40%	2.73
T5	70%	30%	2.73

Cuadro 7. Rotación de los tratamientos

U.E Etapa	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Vaca 4	Vaca 5	Vaca 6
De 0-15 días	T0	T1	T2	T3	T4	T5
De 15-30 días	T5	T0	T1	T2	T3	T4
De 30-45 días	T4	T5	T0	T1	T2	T3
De 45-60 días	T3	T4	T5	T0	T1	T2
De 60-75 días	T2	T3	T4	T5	T0	T1
De 75-90 días	T1	T2	T3	T4	T5	T0

### 3.6.2 Alimentación de las vacas

Se les suministro a las vacas Forraje Verde Hidropónico con silaje de sorgo como suplemento más concentrado dos veces al día, exceptuando el testigo al cual se le suministro silaje de sorgo más concentrado y el T1 solo FVH más concentrado, ofreciendo una porción a las 7:00 am y la otra a la 2:00 pm y las proporciones se reflejan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Proporciones de las raciones suministradas

Ración	Composición de la ración	T0	T1	T2	T3	T4	T5
1°porción	Silaje de sorgo	10.23 kg	—	2.56kg	5.11kg	6.14kg	7.16kg
	Concentrado	1.36kg	1.36kg	1.36kg	1.36kg	1.36kg	1.36kg
	FVH	—	10.23kg	7.67kg	5.11kg	4.09kg	3.07kg
2°porcion	Silaje de sorgo	10.23kg	—	2.56kg	5.11	6.14kg	7.16kg
	Concentrado	1.36kg	1.36kg	1.36kg	1.36kg	1.36kg	1.36kg
	FVH	—	10.23kg	7.67kg	5.11kg	4.09kg	3.07kg

### 3.6.3 Recolección de datos

Al octavo día se realizó la primera toma de datos los cuales se efectuaron por siete días más y los datos obtenidos sirvieron para evaluar las siguientes variables: cantidad de leche, peso de la leche, contenido de grasa, grados de acidez y peso corporal de la vaca.

### 3.6.4 Variables evaluadas

- Volumen de leche: para la medición de esta variable se realizó el ordeño de forma manual a las 6:00 am luego se procedió a medir las cantidades de leche producida utilizando un recipiente con medidas representadas en litros (Fig. 12).
- Peso de la leche: después de medir el volumen de la leche por tratamiento se procedió a tomar el pesó de la leche en kg por litro y para la medición de esta variable se utilizó una balanza comercial de reloj (Fig. 13).



Figura 12. Toma del volumen de leche



Figura 13. Medición de la leche en kilos

- Grasa de la Leche: esta variable permitió conocer el contenido de grasa, dado en % y obtenido mediante el método de Gerber (Fig. 14), que consistió en separar la grasa dentro de un recipiente medidor llamado butirómetro, de dimensiones estandarizadas.
- Grados de acidez: esta variable se realizó mediante el Método de Volumen de Ácido Láctico o Acidez Titulable (Fig. 15), el cual determina su comportamiento y las propiedades de sus derivados.
- Peso corporal de la vaca: este se realizó utilizando una cinta barométrica (Fig. 16), obteniendo los datos en kg y este se efectuó al final de cada tratamiento (a los 15 días).



- Figura 14. Medición de grasa por el método de Gerber



Figura 15. Medición de la acidez de la leche



Figura 16. Toma de peso de las vacas utilizando cinta Barométrica

### **3.7 Metodología Estadística**

#### **3.7.1 Diseño Estadístico**

En el ensayo se sometieron a prueba seis tratamientos con sus diferentes dietas, con las cuales se alimentaron seis vacas encastadas en periodo de lactancia, estas permanecieron quince días en sus dietas respectivamente rotando hasta completar los seis tratamientos, realizando la toma de datos del octavo día al décimo quinto, para la discusión de los resultados los datos obtenidos fueron procesados a través del programa estadístico SPSS por sus siglas en ingles mediante el cual se realizó el análisis de varianza y para conocer las

diferencias entre las medias se ejecutó la prueba de Duncan para aquellas variables que tuvieron significancia estadística.

### **3.7.2 Modelo Estadístico**

Para este diseño el modelo estadístico utilizado es:

$$\check{Y}_{ij} = \mu + \alpha_i + T_j + B_j + E_{ijk}$$

$\check{Y}_{ij}$  = Cualquier observación

$\mu$  = Media del Experimento

$\alpha_i$  = Efecto del Tratamiento

$T_j$  = Efecto de Columna

$B_j$  = Efecto de Hilera

$E_{ijk}$  = Efecto de Error Experimental

## IV- DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Requerimientos hídricos en las diversas etapas de producción del FVH

El agua necesaria en sus diversas etapas para la transformación de 13.64 kg de maíz a 65.45 kg de forraje, se detalla en el cuadro 9.

Cuadro 9. Necesidad hídrica para la producción de FVH

Fase del FVH	Días por Fase	l/fase
Lavado	0	30
Remojo	1	15
Germinación	3	30
Siembra	1	12
Desarrollo 1	3	102
Desarrollo 2	4	68
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>257</b>

Zeledón *et al* (2007) menciona que el cultivo de sorgo y de maíz requiere de 550 mm de agua en todo el ciclo de cultivo bien distribuidos para una óptima producción, esto es igual a 3,850,000 l/mz con un rendimiento de materia verde por corte de 600-700 qq/mz, tomando en cuenta el mínimo de producción se estima un gasto hídrico de 6,416.66 l/qq; bajo el sistema de producción de FVH utilizado en la investigación para obtener un rendimiento 600qq se necesitan 107,083.33 l/mz de agua lo que equivale a 178.47 l/qq, valor inferior a las necesidades hídricas del cultivo bajo el sistema tradicional. En la época seca, los ganaderos donde se realizó la investigación no producen forrajes, debido a la alta demanda de agua, es por ello que recurren a la alimentación con silaje de sorgo producido en la época lluviosa.

La adopción de esta tecnología como lo menciona FAO, (2001) & Ortiz Marín, (sf) reduce drásticamente el uso del agua y por otra parte se optimizan las áreas para la producción de forraje, ya que para obtener una producción similar por mz a la del sistema tradicional solo se necesitaría un área de 147.54 m<sup>2</sup>.

## 4.2 Análisis bromatológicos

Los resultados en base seca de cada uno de los alimentos utilizados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Composición química de los alimentos

NUTRIENTES	FVH	SILAJE DE SORGO
Proteína %	6.01	2.50
Grasa %	2.08	0.73
Fibra Cruda %	4.95	9.03
Ceniza %	1.33	3.80
Carbohidratos %	34.98	29.39
Humedad %	55.60	63.53

Fuente: Laboratorios de FUSADES.

Además de los alimentos antes descritos se utilizó concentrado comercial cuyo análisis nutricional se describe en el anexo 3.

Al analizar los resultados obtenidos mediante las pruebas de laboratorios se puede observar que el aporte de la Proteína Cruda que hace el FVH es mayor a la del silaje de sorgo; por lo que la ración se balanceó con base a las necesidades proteicas de las vacas en estado de lactancia.

## 4.3 Ración balanceada

Se utilizaron 20.45 kg de forraje combinando en diferentes porcentajes de FVH y silaje de sorgo (Cuadro 11) y se mantuvieron las 2.73 kg de concentrado.

Cuadro 11. Distribución de la ración

Tratamiento	FVH (kg)	Silaje de sorgo (kg)	Concentrado (kg)
T0	—	20.45	2.73
T1	20.45	—	2.73
T2	15.34	5.11	2.73
T3	10.23	10.23	2.73
T4	8.18	12.27	2.73
T5	6.14	14.32	2.73

Con la implementación de la ración, las unidades experimentales mostraron aceptación por los alimentos ofrecidos. Se observó que los tratamientos con mayor porcentaje de FVH fueron los de mayor aceptación por tratarse de un forraje fresco de alta palatabilidad y su rechazo fue nulo, por otra parte el tratamiento testigo mostro consumo pausado pero al final tampoco hubo rechazo.

#### 4.4 Análisis de las Variables Estudiadas

##### 4.4.1 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 el cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el volumen de la leche

f de v	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	p – valor
Columnas	1.636	5	.327	1.309	.300
Hileras	14.479	5	2.896	11.585	.000
Tratamiento	5.121	5	1.024	4.097	.010
Error	4.999	20	.250		
Total	2507.106	35			

a. R al cuadrado = .998 (R al cuadrado ajustada = .996)

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 0.010 valor menor a (alfa)  $\alpha$  0.05 demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la variable volumen de leche.

Para determinar cuál del tratamiento brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan el cual demostró que el tratamiento T2 obtuvo los mejores resultados (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de la prueba de Duncan para volumen de leche en litros

Tratamiento	Media
T2	8.97a
T1	8.63ab
T3	8.19bc
T5	8.05bc
T4	8.02bc
T0	7.93c

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 8.97 l, valor superior al tratamiento testigo T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con 7.93 l, este incremento indica que la adopción del T2 (75% FVH, 25% silaje de sorgo + 2.73 kg concentrado) 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 1.04 l/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.

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 García (2011), quien menciona que es necesario que la ganadería en El Salvador se oriente hacia el desarrollo de sistemas de manejo que sean sustentables y amigables con el ambiente.

#### 4.4.2 Peso de la leche

Esta variable indica el peso de la leche producida en Kg/día y su análisis de varianza se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de varianza para el peso de la leche

f de v	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	p-valor
Columnas	3.603	5	.721	5.464	.002
Hileras	9.522	5	1.904	14.440	.000
Tratamiento	5.349	5	1.070	8.112	.000
Error	2.638	20	.132		
Total	2650.750	36			

a. R al cuadrado = .999 (R al cuadrado ajustada = .998)

Con referencia a los resultados obtenidos para la variable peso de la leche que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que el P valor es igual a 0.000 valor menor a (alfa)  $\alpha$  0.05 esto demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a peso de la leche.

Para determinar cuál del tratamiento brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan, el cual demostró que el tratamiento T2 y el T1 obtuvieron los mejores resultados estadísticamente (Cuadro 15).

Cuadro 15. Resultados de la prueba de Duncan para el peso de la leche en kilos

Tratamiento	Media
T2	9.24a
T1	8.89a
T3	8.44b
T5	8.28b
T4	8.26b
T0	8.17b

Con los resultados obtenidos se determinó que el tratamiento T2 (75% FVH, 25% silaje de sorgo + 2.73 kg concentrado) obtuvo un peso de 9.24 kg para una producción de 8.97 l y T1 (100% FVH+ 2.73 kg de concentrado) fue de 8.89 kg para 8.63 l un valor estadísticamente igual al anterior, estos valores fueron superiores al tratamiento testigo T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) el cual obtuvo un peso de 8.17 kg para 7.93 l de leche por lo que con la adopción del T2 o T1 se garantiza valor y calidad de la leche por presentar alto contenido de sólidos que se demuestra mediante un excelente peso por litro de leche, esto beneficia el acceso a mercados formales para su comercialización ya que las empresas procesadoras compran la leche según peso y no por volumen; en países como Costa Rica un punto porcentual en los sólidos totales, cambia el precio de la leche en aproximadamente 8%, esto equivale a perder o ganar aproximadamente (\$0.04) por kg de leche (Saborío Montero, 2011).

#### 4.4.3 Grasa de la leche

Variable que indica el porcentaje de grasa disponible en la leche de las vacas encastadas, su análisis de varianza se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la grasa disponible en la leche

f de v	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	p – valor
Columnas	.196	5	.039	.490	.780
Hileras	1.042	5	.208	2.606	.057
Tratamiento	2.309	5	.462	5.773	.002
Error	1.600	20	.080		
Total	478.210	36			

a. R al cuadrado = .997 (R al cuadrado ajustada = .994)

Con referencia a los resultados obtenidos para la variable grasa de la leche (anexo 4); que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que P valor es igual a 0.002 valor menor a (alfa)  $\alpha$  0.05 esto demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la variable grasa de la leche.

Para determinar cuál del tratamiento brindó los mejores resultados se realizó la prueba de Duncan el cual indicó que el tratamiento T2 obtuvo los mejores resultados (cuadro 17).

Cuadro 17. Resultados de la prueba de Duncan para grasa de la leche en %

Tratamiento	Media
T2	4.13a
T1	3.72b
T3	3.57b
T4	3.55b
T5	3.40b
T0	3.38b

De los resultados se puede apreciar que el mayor porcentaje de la grasa obtenida fue de 4.13% correspondiente al tratamiento T2 (75% FVH, 25% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado), valor superior al tratamiento testigo T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) que fue de 3.38%, la implementación del tratamiento T2 mejora la calidad de la leche ya que el porcentaje de grasa se ve incrementado, lo que favorece la comercialización tanto para procesadores artesanales como industriales, ya que obtienen mayor cantidad de productos y de esta manera un incremento de ingresos, esta situación supone una mejor aceptación por parte de los compradores.

Morales S. (1999), 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.

#### 4.4.4 Grados de acidez

La variable acidez de la leche mide la transformación de la lactosa por acción microbiana en ácido láctico y su valor esta dado en grados Dormic (°D), su análisis de varianza se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de varianza para los grados de acidez de la leche

f de v	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	p – valor
Modelo	6461.444 <sup>a</sup>	16	403.840	342.883	.000
Columnas	2.472	5	.494	.420	.829
Hileras	11.472	5	2.294	1.948	.131
Tratamiento	20.806	5	4.161	3.533	.019
Error	23.556	20	1.178		
Total	6485.000	36			

a. R al cuadrado = .996 (R al cuadrado ajustada = .993)

Con referencia a los resultados obtenidos para la variable acidez de la leche (anexo 5) que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que P valor es igual a 0.019 valor menor a (alfa)  $\alpha$  0.05 esto demuestra que al menos un tratamiento es diferente en cuanto a la variable grados de acidez de la leche.

Conviene mencionar que los grados de acidez intervienen en la calidad de la leche ya que existe una relación inversamente proporcional, a menor acidez mayor calidad de leche, tal como lo afirma la cooperativa “Lácteos del Norte” quienes señalan que una leche entre 12 °D a 16 °D se encuentra entre los rangos aceptables, 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 (García et al, 1987),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. Por tal razón el uso de FVH proporciona un valor agregado ya que reduce los grados de acidez, tal como lo afirma la cooperativa “Lácteos del Norte” quienes señalan que una leche con un valor de acidez como el obtenido en el tratamiento T1 (100% FVH + 2.73 kg de concentrado) de 12.67 °D se encuentra por debajo de los valores que frecuentemente reciben en su planta.

Para determinar cuál de los tratamiento brindó los menores resultados se realizó la prueba de Duncan, el cual demostró que el tratamiento T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de

concentrado) obtuvo los mejores resultados estadísticamente, pero para el caso de esta variable el valor menor es el que interesa por lo que el T1 (100% FVH + 2.73 kg de concentrado) es el que ofrece los mejores resultados (cuadro 19).

Cuadro 19. Resultados de la prueba de Duncan para la acidez de la leche en °D

Tratamiento	Media
T0	15.00a
T5	13.33b
T4	13.17b
T3	13.00b
T2	13.00b
T1	12.67b

Para la variable grados de acidez el tratamiento T1 (100% FVH + 2.73 kg de concentrado) es el que mostro el menor grado de acidez de la leche con 12.67 °D, valor menor al tratamiento T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con 15 °D por lo tanto el tratamiento que brinda los mejores resultados es el T1.

#### 4.4.5 Peso corporal de la vaca

Variable que indica el promedio de peso logrado por las vacas al final de cada tratamiento y su análisis de varianza se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20. Análisis de varianza para el peso de las vacas

f de v	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Cuadrático promedio	F	p – valor
Columnas	88.222	5	17.644	.148	.978
Hileras	9066.222	5	1813.244	15.202	.000
Tratamiento	3262.889	5	652.578	5.471	.002
Error	2385.556	20	119.278		
Total	4486618.000	36			

a. R al cuadrado = .999 (R al cuadrado ajustada = .999)

Con referencia a los resultados obtenidos para la variable peso de la leche que se reflejan en el análisis de varianza, se determinó que existen diferencias significativas entre tratamientos debido a que el P valor es igual a 0.02 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 el cual indico que el tratamiento T3 (50% FVH, 50% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) obtuvo los mejores resultados (cuadro 21).

Cuadro 21. Resultados de la prueba de Duncan para peso de la vaca en kg

Tratamiento	Media
T3	365a
T2	362.17ab
T1	356.50ab
T4	349.00bc
T0	341.83c
T5	340.17c

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que el tratamiento T3 (50% FVH, 50% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con un peso corporal de 365.00 kg valor superior al T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con 341.83 kg, con una diferencia de 23.17 kg, este aspecto favorece la comercialización de las vacas en descarte obteniendo mayores ganancias. 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 FAO (2001) & Ortiz Marín (sf).

#### 4.4.6 Costo diario por tratamiento

En el cuadro 22 se refleja el costo diario en dólares por tratamiento.

Cuadro 22. Costo diario por tratamiento en dólares

Tratamiento/Descripción	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Precio silaje/lb	1.66	0	0.42	0.83	1	1.17
Precio FVH/lb	0	2.02	1.52	1.01	0.81	0.61
Concentrado	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
<b>Total</b>	<b>2.83</b>	<b>3.19</b>	<b>3.11</b>	<b>3.01</b>	<b>2.98</b>	<b>2.95</b>

Con base a los resultados obtenidos el tratamiento con los menores costos fue el T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con \$2.83 y el tratamiento que mostró los mayores costos fue el T1 (100% FVH + 2.73 kg de concentrado) con \$3.19 con una diferencia entre ambos de \$0.36.

#### 4.4.7 Ingresos netos diarios por tratamiento

En el cuadro 23 se muestran los ingresos diarios reflejados en dólares.

Cuadro 23. Ingresos netos por tratamiento

Tratamiento	Litros de leche	Precio/l	Ingresos \$
<b>T0</b>	7.93	0.57	4.52
<b>T1</b>	8.63	0.57	4.92
<b>T2</b>	8.97	0.57	5.11
<b>T3</b>	8.19	0.57	4.67
<b>T4</b>	8.02	0.57	4.57
<b>T5</b>	8.05	0.57	4.59

El tratamiento que mayores ingresos generó fue el T2 (75% FVH, 25% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con \$5.11, si se le compara con el tratamiento T0 (100% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) que fue de \$4.52, existe una diferencia entre ambos tratamientos de \$0.59/día.

#### 4.4.8 Relación costo beneficio por tratamiento

En el cuadro 24 se presenta la relación costo beneficio por tratamiento, este indicador permite conocer la rentabilidad de un proyecto por cada dólar invertido, ya que si C/B es mayor a uno es rentable, pero si es igual o menor que uno el proyecto no es viable, pues significa que los beneficios serán iguales o menores que los costos de inversión o costos totales. En este sentido se realizó un estudio de mercado con vendedores dentro del mercado informal durante los meses marzo y abril de 2016, mediante el método de entrevista dirigida, a partir de la cual se determinaron los precios promedios por litro de leche.

Cuadro 24. Relación costo/beneficio por tratamiento (\$)

Tratamiento	Litros de leche	Precio/l	Ingresos \$	Costo total	Costo/beneficio
T0	7.93	0.57	4.52	2.83	1.60
T1	8.63	0.57	4.92	3.19	1.54
T2	8.97	0.57	5.11	3.11	1.64
T3	8.19	0.57	4.67	3.01	1.55
T4	8.02	0.57	4.57	2.98	1.53
T5	8.05	0.57	4.59	2.95	1.56

Con base a los resultados obtenidos en la tabla anterior el tratamiento que ofrece el mejor beneficio es el tratamiento T2 (75% FVH, 25% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado) con una relación costo beneficio de 1.64 es decir que por cada dólar invertido se obtendrá \$0.64, además el T2 incrementa el volumen de la leche, el peso de la leche, el contenido de grasa en la leche y a su vez proporciona grados de acidez en leche de 13.00 °D valor que solo fue superado por el T1; a esto se le agrega que por la calidad de leche obtenida por el T2 se puede acceder al mercado formal donde los costos por litro de leche son superiores y estables lo que permitiría obtener mayores utilidades, además la producción de FVH reduce en gran medida el uso del recurso agua y de igual manera el área para la producción de pastos como lo afirma FAO (2001) & (Ortiz Marín, sf).

## V- CONCLUSIONES

1. Mediante el uso óptimo de los recursos agua y suelo, se logró producir Forraje Verde Hidropónico (FVH) de alta calidad en la época seca, lo que generó una alternativa que mantiene constante la producción de alimento para el ganado.
2. La ración que contiene la proporción de 75% FVH + 25% silaje de sorgo más 2.73 kg de concentrado (T2) alcanza un balance nutricional que permite: incrementar la producción láctea y la grasa de la leche.
3. La ración que contiene la proporción 100% FVH + 2.73 kg de concentrado, es la que permite obtener el menor rango de acidez, siendo este valor aceptable en el mercado.
4. La ración que contiene la proporción 50% FVH, 50% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado genera un incremento en el peso de la vaca.
5. Los resultados del tratamiento que contiene la proporción 75% FVH + 25% silaje de sorgo más 2.73 kg de concentrado (T2) se mantuvieron entre el primero y el segundo estadísticamente para todas las variables, por tanto se convierte en el tratamiento idóneo para su adopción.
6. Económicamente el tratamiento que brinda la mejor relación costo beneficio es el que contiene la proporción 75% FVH + 25% silaje de sorgo más 2.73 kg de concentrado (T2) ya que por cada dólar invertido se obtiene un beneficio de \$0.64.

## VI- RECOMENDACIONES

1. Se recomienda producir FVH utilizando el método #4 que se realizó en esta investigación.
2. Alimentar con 75% FVH + 25% silaje de sorgo más 2.73 kg de concentrado, las vacas en producción láctea para aumentar su producción y el porcentaje de grasa y esto permitirá comercializarla en el mercado formal.
3. Emplear como dieta en vacas lecheras 75% FVH + 25% silaje de sorgo más 2.73 kg de concentrado o 100% FVH más concentrado para obtener mayor concentración de sólidos por litro de leche producido, ya que ambos tratamientos son estadísticamente iguales.
4. Para obtener un rango de acidez en leche aceptable en el mercado habrá que alimentar las vacas con 100% FVH + 2.73 kg de concentrado.
5. Para obtener un incremento en el peso corporal de la vaca proporcionar 50% FVH, 50% silaje de sorgo + 2.73 kg de concentrado en la dieta diaria.
6. Efectuar investigaciones sobre la implementación de la tecnología del FVH en época lluviosa, para determinar si con esta tecnología se puede producir forrajes bajos períodos de prolongada precipitación.
7. Se recomienda realizar evaluaciones en el área de reproducción debido a que se observó un incremento en la presencia de celo en las vacas utilizadas durante la investigación.
8. Evaluar forraje verde hidropónico de maíz para la alimentación en ganado de carne ya que en la investigación se observó incremento en el peso corporal de las vacas alimentadas con FVH.
9. Utilizar forraje verde hidropónico para la alimentación bovina por su uso eficiente de agua y suelo para evitar la deforestación y la erosión.

## VII- BIBLIOGRAFIA

Bavera, GA. 2005. Clasificación zoológica de las familias bóvidas (en línea). Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/a\\_curso\\_produccion\\_bovina\\_de\\_carne/7A-01-Capitulo-I-Clasificacion-zoologica.pdf](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/a_curso_produccion_bovina_de_carne/7A-01-Capitulo-I-Clasificacion-zoologica.pdf)

Bechara & Cortés. 2011. La producción de forraje en el contexto del cambio climático (en línea). Consultado el 20 de feb. 2017. Disponible en: <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/3>

Benítez Iglesia et al. 2011. Evaluación del crecimiento y del desempeño reproductivo y productivo de novillas holstein en el departamento de Sonsonate de El Salvador (en línea). Consultado el 29 de nov. de 2016. Disponible en: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gSci1M30yUJ:ri.ues.edu.sv/982/1/13101235.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=sv>

Bouruncle et al. 2015. La agricultura de Nicaragua y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? (en línea). CCAFS (Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria). Consultado el 08 de ene. 2017. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/269575945\\_La\\_agricultura\\_de\\_Nicaragua\\_y\\_el\\_cambio\\_climatico\\_Donde\\_estan\\_las\\_prioridades\\_para\\_la\\_adaptacion](https://www.researchgate.net/publication/269575945_La_agricultura_de_Nicaragua_y_el_cambio_climatico_Donde_estan_las_prioridades_para_la_adaptacion)

Calistro E. 2012. Cálculo práctico de forraje disponible UY (en línea). Consultado el 08 de nov. 2016. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_pasturas/pastoreo%20sistemas/161-Calculo\\_Forraje\\_Disponible.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/161-Calculo_Forraje_Disponible.pdf)

Caritas, 2012. Diagnóstico ambiental participativo del municipio de San Vicente (en línea). Consultado el 13 de oct. 2016. Disponible en: <http://studylib.es/doc/8507905/diagnostico-ambiental-participativo-del-municipio-de-san->

Carrasco et al. 2011. Manual del sorgo (en línea). Consultado el 30 de sep. 2016. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_manual\\_de\\_sorgo\\_renglon\\_191.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_de_sorgo_renglon_191.pdf)

Cofre B. s.f. Forrajeras: calidad y costos de producción (en línea). Consultado el 08 de nov de 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/bioleche/NR35432.pdf>

Cowan T. s.f. Uso de forrajes ensilados en sistemas de producción animal en gran escala AU (en línea). Consultado el 30 de sep. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/content/5645cc42-5f28-579c-a4fc-4fb17e92014c/x8486s05.htm>

Curí F. 2013. Formulación de alimentos balanceados y mejoramiento genético en ganado lechero (en línea). Consultado el 26 de ene. 2016. Disponible en: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/018-h-ganado.pdf>

Escobosa Laveaga, A. s.f. Producción de leche con ganado bovino: alimentación (en línea). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/Requerimientos\\_de\\_Vacunos\\_de\\_Leche.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Requerimientos_de_Vacunos_de_Leche.pdf)

Espinoza et al. 2004. El diseño cruzado: un diseño para la experimentación con vacas lecheras (en línea). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Consultado el 20 de oct. 2016. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692004000400007](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692004000400007)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL). 2001. Manual Técnico: Forraje Verde Hidropónico (en línea). 1 ed. 2002. Consultado el 27 de ene. 2016. Disponible en:

[http://api.ning.com/files/SsUQtjsSf7JM19DPtdZTvx9gwSNEfzxf8\\*aozNyhhrnzr212k0V0qSCLsxENPhJ7vg9G7zEPUxQPuk5yXDWCHlzVkwAYv7S/FORRAJEVERDEHIDROPONICOIZQUIERDO.pdf](http://api.ning.com/files/SsUQtjsSf7JM19DPtdZTvx9gwSNEfzxf8*aozNyhhrnzr212k0V0qSCLsxENPhJ7vg9G7zEPUxQPuk5yXDWCHlzVkwAYv7S/FORRAJEVERDEHIDROPONICOIZQUIERDO.pdf)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), s.f. Producción y productos lácteos: Composición de la leche (en línea). Consultado el 07 de Octubre 2016. Disponible en: [http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#.V\\_fGbPnhDIU](http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/leche-y-productos-lacteos/composicion-de-la-leche/es/#.V_fGbPnhDIU)

García CA. et al. 2014. Grasa y proteína de la leche de vaca: componentes, síntesis y modificación (en línea). Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Producción Agrícola y Animal. Coyoacán. México, DF. Consultado el 07 de oct 2016. Disponible en:

[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/19\\_10\\_27\\_3153REVISIONGrasaGarcia.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/19_10_27_3153REVISIONGrasaGarcia.pdf)

García Tobar, et al. s.f. Anatomía y fisiología del aparato digestivo de los rumiantes (en línea). Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/02-anatomia\\_fisiologia\\_digestivo.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/02-anatomia_fisiologia_digestivo.pdf)

García et al. 1987. Acidez de la leche y determinación de adulteraciones (en línea). Consultado el 29 de nov. 2016. Disponible en: [http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21\\_1/alephe/www\\_f\\_spa/icon/31496/pdf/b2\\_car3.pdf](http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/31496/pdf/b2_car3.pdf)

García Ramírez. 2010. Desarrollo de la cadena de valor para el producto lácteos. Modelo productivo para las MIPYME del sector lácteo de El Salvador (en línea). Consultado el 10 de feb. 2017. Disponible en: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:I7dAc\\_B1kUwJ:web.minec.gob.sv/index.php%3Fopcion%3Dcom\\_phocadownload%26view%3Dcategory%26download%3D502:informe%26id%3D53:desarrollo-cadenas%26Itemid%3D63+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=sv](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:I7dAc_B1kUwJ:web.minec.gob.sv/index.php%3Fopcion%3Dcom_phocadownload%26view%3Dcategory%26download%3D502:informe%26id%3D53:desarrollo-cadenas%26Itemid%3D63+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=sv)

Garzón. s.f. Cambio climático: cómo afecta la producción ganadera (en línea). Consultado el 10 de ene. 2017. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080811/081108.pdf>

González Páez, J. s.f. El estrés calórico en los bovinos (en línea). UDCA (Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales). Consultado el 20 de Dic. 2016. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/etologia\\_y\\_bienestar/bienestar\\_en\\_bovinos/14-stres.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_bovinos/14-stres.pdf)

Hazard, TS. 1990. Alimentación de vacas lecheras (en línea). INIA (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentación). Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR31866.pdf>

Hazard S. s.f. Variación de la composición de la leche (en línea). Consultado el 07 de oct 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/seriesinia/NR22424.pdf>

Hernández & Ponce. 2008. Caracterización de la curva de lactancia y componentes lácteos del genotipo Siboney de Cuba en una granja ganadera de la provincia de la Habana (en línea).

Consultado el 08 de nov. 2016. Disponible en:  
[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-22592008000300009](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592008000300009)

IFRI (Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias). 2009. Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación (en línea). Consultado el 20 de mar. 2017. Disponible en:  
[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2012. Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador (en línea). Consultado el 29 de nov. 2016. Disponible en:  
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UCSahXnr4NkJ:repiica.iica.int/docs/B4160e/B4160e.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=sv>

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2014. Nutrición animal aplicada (en línea). Consultado el 12 de ene. 2016. Disponible en: [http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_curso\\_nutricin\\_animal\\_aplicada\\_2014.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_curso_nutricin_animal_aplicada_2014.pdf)

Krämer E. & Ceballos C. 2009. Forraje hidropónico (en línea). Consultado el 20 de ene. de 2016. Disponible en: [http://es.slideshare.net/gabo1516/forraje-hidroponico?from\\_action=save](http://es.slideshare.net/gabo1516/forraje-hidroponico?from_action=save)

Lanuz A. s.f. Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche (en línea). INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). Consultado el 16 de dic. 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33837.pdf>

Londoño, JD. s.f. Sistema digestivo bovino (en línea). Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: <http://es.slideshare.net/JuanDavid28/sistema-digestivo-bovino>

López Catillo. 2008. Evaluación productiva y reproductiva de ganado bovino en la transición de su composición racial en la cooperativa Astoria, departamento de La Paz (en línea). Consultado el 29 de nov. de 2016. Disponible en:  
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:P157BfEVucqJ:ri.ues.edu.sv/1620/1/13100624.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=sv>

MAG, 2003. (Ministerio De Agricultura y Ganadería. Generalidades de la empresa productora de leche ubicadas al sur del municipio de Izalco departamento de Sonsonate (en línea).

Consultado el 12 de ene. de 2016. Disponible en:  
<http://ri.ufg.edu.sv/jspui/bitstream/11592/7867/2/338.176%202-R696p-CAPITULO%20I.pdf>

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería). s.f. Caracterización de la cadena productiva de lácteos en El Salvador (en línea). Consultado el 18 de feb. 2017. Disponible en:  
<http://repiica.iica.int/docs/B4160e/B4160e.pdf>

Martínez, E. s.f. Bases fisiológicas y nutricionales de la unidad vaca-ternero. (en línea). Consultado el 20 de ene. de 2016. Disponible en:  
<https://www.yumpu.com/es/document/view/15524664/1-bases-fisiologicas-y-nutricionales-de-la-unidad-vaca-ternero-emilio->

Medinilla Guardado, IJ. et al, 2010. Evaluación bioeconomica del rendimiento en canal de conejos neozelandés blanco alimentados con tres niveles de forraje verde hidropónico de maíz blanco (en línea). Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de zootecnia. Consultado el 18 de ene. 2016. Disponible en:  
<http://ri.ues.edu.sv/490/1/10136470.pdf>

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2013. Comunicación Nacional sobre el cambio climático (en línea). Consultado el 29 de nov. de 2016. Disponible en:  
<http://unfccc.int/resource/docs/natc/slvnc2.pdf>

Morales S. 1999. Factores que afectan la composición de la leche (en línea). Consultado el 12 de nov. 2016 Disponible en: <http://www.tecnovet.uchile.cl/index.php/RT/article/view/5224/5104>

Mujika Arraiago, I. 2005. El estrés calórico, efecto en las vacas lecheras (en línea). Consultado el 20 de dic. 2016. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/clima\\_y\\_ambientacion/76-estrescalorico.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/76-estrescalorico.pdf)

Ortiz Marín, W. s.f. Forraje Verde Hidropónico (en línea). Instituto superior Tecnológico. Consultado el 27 de ene. 2016. Disponible en: <http://es.slideshare.net/alfvigo/crianza-de-cuyes-con-forraje-verde-hidropnico?related=1>

Pereyra, et al. s.f. Silo de sorgo: análisis económico de una estrategia de alimentación (en línea). Consultado el 30 de ago. 2016. Disponible en: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_silos/173-Silo\\_sorgo.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_silos/173-Silo_sorgo.pdf)

- PRISMA (Programa Salvadoreña de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente). 2014. El Salvador: evaluación ambiental y de cambio climático (en línea). Consultado el 18 de ene. 2017. Disponible en: [http://www.prisma.org.sv/uploads/media/El\\_Salvador\\_Evaluacion\\_ambiental\\_y\\_de\\_cambio\\_climatico\\_Prisma\\_Fida\\_Borrador\\_221014\\_rev\\_4.pdf](http://www.prisma.org.sv/uploads/media/El_Salvador_Evaluacion_ambiental_y_de_cambio_climatico_Prisma_Fida_Borrador_221014_rev_4.pdf)
- Relling y Mattioli. 2003. Fisiología digestiva y metabólica e los rumiantes (en línea). Consultado el 20 de ene. 2017. Disponible en: <https://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/572270772.fisio%20dig%20rumiantesRelling%20y%20Mattioli%20-%20Fac.%20Cs.%20Veterinarias%20-%20UNLP.pdf>
- Rivera, B. & Duarte, O. 1992. Efectos de la habilidad reproductiva de los cuyes sobre la eficiencia de conversión alimenticia (en línea). IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Consultado el 30 de ene. 2016. Disponible en: Google Book
- Revilla, A. 1982. Tecnología de la leche: procesamiento, manufactura y análisis (en línea). San José, Costa Rica. Consultado el 20 de ene. 2017. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8693e/A8693e.pdf>
- Reyes et al. 2009. Elaboración y utilización de ensilajes en la alimentación del ganado bovino NI (en línea). CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). Consultado el 30 de ago. 2016. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2742e/A2742e.pdf>
- Saborío Montero 2011. Factores que influyen el porcentaje de sólidos totales de la leche. (en línea). Universidad de Costa Rica. Consultado el 12 de nov. 2016. Disponible en: [http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo\\_ecag\\_solidos\\_revista\\_56.pdf](http://www.cina.ucr.ac.cr/recursos/docs/Publicaciones/articulo_ecag_solidos_revista_56.pdf)
- Teoba Martínez, MP. 2011. Paja de avena como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico de maíz en condiciones de invernadero (en línea). Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Consultado el 27 de ene. 2016. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31359/1/marcopoloteobamartinez.pdf>
- UNAM, *sf*. Alimentación de Bovinos: Aspectos Básicos (en línea). Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: <http://www.venezuelaganadera.com/uploads/3/0/8/6/30868331/alimentacion-de-bovinos.venezuelaganadera.com.pdf>

Uribe M. s.f. Mejoramiento genético de ganado de leche (en línea). Consultado el 08 de nov. 2016. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33842.pdf>

Vargas Rodríguez. 2007. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero (en línea). Universidad de Costa Rica. Consultado el 24 de ene. 2016. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v19n02\\_233.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_233.pdf)

Zeledón H. 2007. Guía técnica del sorgo (en línea). Consultado el 29 de nov. de 2016. Disponible en:  
<http://www.centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/GUIA%20TECNICA%20SORGO.pdf>

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis bromatológicos del FVH a base de maíz



Laboratorio de  
FUSADES

#### UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS INFORME DE ANÁLISIS VARIOS MUESTRA 160403881 - 01

Pag 1 / 1

#### DATOS GENERALES

Muestra: FORRAJE VERDE HIDROPONICO  
Solicitante: EDGAR ANTONIO RAMIREZ DÍAZ  
Responsable: EDGAR ANTONIO RAMIREZ DÍAZ  
Dirección: CUSCATLAN  
Teléfono: 7501-4287 Fax: Correo Electronico:

#### FECHAS

Recibido: 19/04/2016  
Análisis: 03/05/2016  
Reporte: 16/05/2016

#### ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Método	Referencia
C051 Proteína	6.01	g/100 g muestra	Kjeldahl Modificado	AOAC, 16 Ed. 1995
C051 Grasa muestra húmeda	2.08	g/100g muestra	Soxhlet	AOAC Int, 16 Ed. 1995
C051 Fibra cruda	4.95	g/100 g muestra	Gravimétrico Modificado	962.09 AOAC 16 Ed 2010
C051 Ceniza	1.33	%	Gravimétrico	AOAC, 16 Ed. 1995
C051 Carbohidratos	34.98	%	Cálculo por diferencia	Menchú.MT INCAP 2006
C051 Humedad	55.60	%	Analizador Halógeno HR73	Mettler Toledo, 02/2001

#### OBSERVACIONES

  
Gerente Unidad Físico Químico de Alimentos  
Lic. Ana Maria Villalta Novoa



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por Cliente  
El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.  
Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.  
No se recibirán reclamos después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.6 23/02/2015

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.  
E-mail: [laboratorio@fusades.org](mailto:laboratorio@fusades.org) - Tel.: (503) 2248 5681, Fax: (503) 2248 5669  
[www.fusades.org](http://www.fusades.org)

Anexo 2. Análisis bromatológico del silaje de sorgo



UNIDAD DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS  
 INFORME DE ANÁLISIS VARIOS  
 MUESTRA 160403882 - 01

Pag 1 / 1

DATOS GENERALES

Muestra: SILAJE DE SORGO  
 Solicitante: EDGAR ANTONIO RAMIREZ DÍAZ  
 Responsable: EDGAR ANTONIO RAMIREZ DÍAZ  
 Dirección: CUSCATLAN  
 Teléfono: 7501-4287 Fax: Correo Electronico:

FECHAS	
Recibido:	19/04/2016
Análisis:	03/05/2016
Reporte:	18/05/2016

ANÁLISIS

DETERMINACIÓN	RESULTADOS	Unidades	Método	Referencia
C051 Proteína	2.50	g/100 g muestra	Kjeldahl Modificado	AOAC, 16 Ed. 1995
C051 Grasa muestra húmeda	0.73	g/100g muestra	Soxhlet	AOAC Int, 16 Ed. 1995
C051 Fibra cruda	9.03	g/100 g muestra	Gravimétrico Modificado	962.09 AOAC 16 Ed 2010
C051 Ceniza	3.80	%	Gravimétrico	AOAC, 16 Ed. 1995
C051 Carbohidratos	29.39	%	Cálculo por diferencia	Menchó, MT INCAP 2006
C051 Humedad	63.59	%	Gravimétrico	Analizador Halógeno HR73

OBSERVACIONES

  
 Gerente Unidad Físico Químico de Alimentos  
 Lic. Ana María Villalta Novoa



Nota: Esta muestra fue tomada o remitida por Cliente  
 El informe no debe ser reproducido parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.  
 Los resultados corresponden solamente a la muestra analizada en el Laboratorio.  
 No se recibirán reclamos después de 45 días del ingreso de la muestra.

FSC 36.01 V.6 23/02/2013

Urbanización y Bulevar Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, C.A.  
 E-mail: laboratorio@fusades.org - Tel.: (503) 2248 5681, Fax: (503) 2248 5669  
 www.fusades.org

Anexo 3. Análisis proximal del concentrado

<b>ANÁLISIS PROXIMAL</b>		
	Mínimo %	Máximo %
Humedad		15.00
Proteína	22.00	
Grasa	3.00	
Fibra		8.00
Calcio	0.80	1.20
Fosforo total	0.60	
Ceniza	6.00	10.00
Sal	0.75	1.50

Anexo 4. Resultados de los análisis de grasa en leche para cada tratamiento

**SOCIEDAD COOPERATIVA GANADERA DE LA ZONA NORTE DE EL SALVADOR  
DE R.L. Y C.V.**

Km 54, carretera a Chalatenango, Cantón Aldeita, jurisdicción de Tejutla Chalatenango, El Salvador

**Laboratorio de análisis físico-químicos para lácteos**

**Datos generales**

**Solicitantes:**

Sandra Beatriz Urías González  
Eduardo Luis Acosta Najarro  
Edgar Antonio Ramírez Díaz

**Institución:**

Universidad de El Salvador  
Facultad Multidisciplinaria Paracentral  
Departamento de Ciencias Agronómicas

**Descripción:**

Resultados de los análisis para la grasa de la leche en (%) según el método de Gerber para los periodos ejecutados en la investigación.

**GRASA EN LA LECHE**

Vaca	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Lluvia	3.10	3.90	4.10	3.30	3.30	3.40
Mariposa	3.20	3.90	3.50	3.40	3.40	3.40
Cusuca	3.20	3.30	4.30	3.50	3.50	3.50
Zanata	3.30	3.90	5.00	3.90	3.80	3.60
Sofía	3.50	3.50	4.00	3.50	3.50	3.00
Chamaca	4.00	3.80	3.90	3.80	3.80	3.50
Media	<b>3.38</b>	<b>3.72</b>	<b>4.13</b>	<b>3.57</b>	<b>3.55</b>	<b>3.40</b>

F.

  
MVZ. Nelson Edgardo León Cardoza.

Presidente



## Anexo 5. Resultados de los análisis de acidez en leche para cada tratamiento

### SOCIEDAD COOPERATIVA GANADERA DE LA ZONA NORTE DE EL SALVADOR DE R.L. Y C.V.

Km 54, carretera a Chalatenango, Cantón Aldeita, jurisdicción de Tejutla Chalatenango, El Salvador

#### Laboratorio de análisis físico-químicos para lácteos

#### Datos generales

##### Solicitantes:

Sandra Beatriz Urías González  
Eduardo Luis Acosta Najarro  
Edgar Antonio Ramírez Díaz

##### Institución:

Universidad de El Salvador  
Facultad Multidisciplinaria Paracentral  
Departamento de Ciencias Agronómicas

##### Descripción:

Resultados de los análisis para acidez de la leche en grados Dormic (D°) para los periodos ejecutados en la investigación.

#### ACIDEZ DE LA LECHE

Vaca	T0	T1	T2	T3	T4	T5
Lluvia	15.00	14.00	14.00	13.00	12.00	13.00
Mariposa	16.00	12.00	13.00	12.00	14.00	12.00
Cusuca	16.00	12.00	13.00	12.00	12.00	14.00
Zanata	16.00	13.00	13.00	16.00	15.00	14.00
Sofía	13.00	12.00	13.00	13.00	12.00	13.00
Chamaca	14.00	13.00	12.00	12.00	14.00	14.00
Media	15.00	12.67	13.00	13.00	13.17	13.33

F.

  
MVZ. Nelson Edgardo León Cardoza.

Presidente

