

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTACIÓN NO CONVENCIONAL  
A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) MIXTO DE MAÍZ (*Zea  
mayz*) Y LENTEJA (*Lens culinaris*) GERMINADO EN AGUA DE COCO BICHE  
(*Cocos nucifera*) COMO SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA GANANCIA DE  
PESO EN CAMUROS (*Ovis aries*) EN LA FINCA RISARALDA, VEREDA EL  
PESCADO, MUNICIPIO DE SAN ALBERTO, CESAR.**

**ELVIS YECID CASTELLANOS HERNANDEZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2016**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTACIÓN NO CONVENCIONAL  
A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) MIXTO DE MAÍZ (*Zea  
mayz*) Y LENTEJA (*Lens culinaris*) GERMINADO EN AGUA DE COCO BICHE  
(*Cocos nucifera*) COMO SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA GANANCIA DE  
PESO EN CAMUROS (*Ovis aries*) EN LA FINCA RISARALDA, VEREDA EL  
PESCADO, MUNICIPIO DE SAN ALBERTO, CESAR.**

**ELVIS YECID CASTELLANOS HERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado como requisito para obtener el título de PROFESIONAL EN  
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**

**Director**

**Dr. CARLOS ANIBAL VÁSQUEZ CARDOZO**

**Médico veterinario Zootecnista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL  
BUCARAMANGA**

**2016**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	14
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1 Espacial	17
1.2.2 Cronológica	17
1.2.3 Conceptual	18
2. JUSTIFICACIÓN	19
3. OBJETIVOS	20
3.1 OBJETIVO GENERAL	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. MARCO DE REFERENCIA	21
4.1 MARCO TEÓRICO	21
4.1.1 Antecedentes	21
4.1.2 Justificación	23
4.1.3 Ventajas y desventajas del FVH	25
4.1.3.1 Ventajas:	25
4.1.3.2 Desventajas	29
4.1.4 Objetivos de la producción de FVH	30
4.1.5 Métodos y factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico	31

4.1.5.1 Métodos de Producción	31
4.1.5.2 Ejemplos de utilización del FVH en alimentación animal.	37
4.1.5.3 Instalaciones	37
4.1.5.4 Factores que Influyen en la Producción	40
4.1.5.5 Fertilización en la producción de FVH	46
4.1.5.6 Preparación de Soluciones Nutritivas	46
4.1.5.7 Efectos de la Fertilización Nitrogenada	49
4.2 MARCO CONCEPTUAL	50
4.3 MARCO GEOGRÁFICO	55
4.4 MARCO LEGAL	56
5. DISEÑO METODOLÓGICO	60
5.1. UBICACIÓN	60
5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	60
5.3. POBLACIÓN	60
5.4. MUESTRA	60
5.4.1. Muestra 1: Producción de forraje verde hidropónico	60
5.4.2. Muestra 2: Suministro de forraje verde hidropónico	61
5.5. PROCESO DE EXPERIMENTO	61
5.5.1 Formulación y producción de Bandejas de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja:	62
5.5.2 Proceso de la investigación	62
5.5.3 Análisis de la información	65
5.6 HIPÓTESIS	65
5.6.1 Hipótesis Nula	65
5.6.2 Hipótesis Alternativa	65
5.7 LAS VARIABLES	65
5.7.1 La variable independiente	65
5.7.2 La variable dependiente	65

6. RESULTADOS	66
6.1. HALLAZGOS DE CAMPO	66
6.1.1. Germinación de semillas	66
6.1.2. Calidad de las semillas:	67
6.1.3. Humedad	68
6.1.4. Luminosidad	70
6.1.5. Bandejas	70
6.1.6. Remojo	71
6.1.7. Densidad de siembra	72
6.1.8. Observaciones de tratamientos de siembra	73
6.1.8.1. Tratamiento Uno ( $T_1$ ):	73
6.1.8.2. Tratamiento Dos ( $T_2$ ):	74
6.1.8.3. Tratamiento Tres ( $T_3$ ):	75
6.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO REQUERIDO	76
6.2.1. Estimación de la producción FVH	77
6.3. PESAJE POR TRATAMIENTO	79
6.4. GANANCIA DE PESO POR TRATAMIENTO	81
6.5. GANANCIA DE PESO DIARIO	82
7. CONCLUSIONES	85
8. RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS	91

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Proceso de remojo de semillas para germinación	67
Figura 2. Mazorca de Maíz Variedad SY COOKY	67
Figura 3. Selección e impurezas de la semilla de maíz	68
Figura 4. Pudrición del FVH	69
Figura 5. Cambio de color en el FVH por falta de luminosidad	70
Figura 6. Bandeja de siembra FVH	71
Figura 7. Proceso de la ganancia de peso por el de Remojo	72
Figura 8. Densidad de Siembra	73
Figura 9. Observaciones Tratamiento T1 de Siembra	74
Figura 10. Observaciones Tratamiento T2 de Siembra	75
Figura 11. Observaciones Tratamiento T <sub>3</sub> de Siembra	76
Figura 12. Producción de Forraje Verde Hidropónico	76
Figura 13. Estimación de Producción de FVH por lote	78
Figura 14. Suministro y Consumo de FVH	79

## LISTA DE GRÁFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfica 1. Valores de Pesaje por Tratamiento	80
Gráfica 2. Ganancia de peso Kg pro Sub-periodo	82
Gráfica 3. Ganancia de Peso diario	84

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Distribución de los Periodos de Estudio	64
Tabla 2. Porcentaje de Germinación según la concentración de Agua de Coco	66
Tabla 3. Producción de FVH en Bandeja/Tratamiento	77
Tabla 4. Estimación de Producción de FVH en la Investigación	78
Tabla 5. Pesaje por tratamiento.	80
Tabla 6. Ganancia de peso promedio por Sub periodo	81
Tabla 7. Ganancia de Peso Diario Por tratamiento	83

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Entrada a la Finca Risaralda propiedad del Sr. Ovidio Prada	91
Anexo B. Instalaciones	92
Anexo C. Áreas de pastoreo de los camuros.	93
Anexo D. Producción de FVH	94

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTACIÓN NO CONVENCIONAL A BASE DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO (FVH) MIXTO DE MAÍZ (*Zea mays*) Y LENTEJA (*Lens culinaris*) GERMINADO EN AGUA DE COCO BICHE (*Cocos nucifera*) COMO SUPLEMENTO NUTRICIONAL PARA GANANCIA DE PESO EN CAMUROS (*Ovis aries*) EN LA FINCA RISARALDA, VEREDA EL PESCADO, MUNICIPIO DE SAN ALBERTO, CESAR.

**AUTOR:** ELVIS YECID CASTELLANOS HERNANDEZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Forraje Verde Hidropónico, maíz, lentejas, camuros, ovejas de pelo, Verano, Suplemento, Alimento no convencional.

El presente trabajo, se realizó para evaluar el efecto de que tiene la alimentación no convencional de forraje verde hidropónico (FVH) mixto de maíz y lenteja, como suplemento para ovino de pelo sobre la ganancia de peso en periodo de ausencia de alimento. Se compararon tres tratamientos con diferentes grados de suministro de forraje verde Hidropónico. Se usó un diseño de bloques completos al azar con 10 repeticiones. Se encontró que existe una diferencia significativa entre los tratamientos control y los tratamiento de Estudio T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, el tratamiento control T<sub>0</sub>, en el periodo de verano tuvo una reducción de pesos 86,4% traduciendo en un incremento de 22 días en la etapa de ceba de los camuros, adicionalmente, Con el FVH mixto, se obtuvo una ganancia diaria de peso vivo promedio en el periodo de investigación de 93,3 gramos para el tratamiento control, contra 151,7 gr y 153,3 gr de T1 y T2 respectivamente, por tal motivo se considera que el FVH tiene una influencia directa en evitar la pérdida de peso en periodo de verano, además no existe una diferencia significativa entre los tratamientos T1 y T2, por ende, cualquier de los dos es una alternativa para dicho objetivo, al final se concluye, que la suplementación FVH es una alternativa técnica y económicamente viable.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyeccion Regional y Educacion a Distancia. PRoducción Agroindustrial. Director. Carlos Anibal Vasquez Cardozo

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF PRODUCTION OF UNCONVENTIONAL FOOD BASED GREEN FODDER HYDROPONICS (FVH) MIXED CORN (*Zea mays*) and lentil (*Lens culinaris*) GERMINATED IN COCONUT WATER BICHE (*Cocos nucifera*) AS NUTRITIONAL SUPPLEMENT TO GAIN WEIGHT CAMUROS (*Ovis aries*) IN THE RISARALDA FINCA, VEREDA FISH, municipality of San Alberto, CESAR\*.

**AUTHOR:** ELVIS YECID CASTELLANOS HERNANDEZ\*\*

**KEYWORDS:** Hydroponic Green Forage, corn, lentils, camuros, hair sheep, Summer, Supplement, unconventional food.

The present study was conducted to evaluate the effect of having unconventional mixed feeding hydroponic forage (H. G. F) corn and lentils, as a supplement for hair sheep on weight gain in times of lack of food. Three treatments with different degrees of hydroponic forage supply were compared. Design randomized complete block with 10 repetitions was used. It was found that there is a significant difference between control and treatment Study treatments T 1 and T 2, T 0 control treatment, in the summer period had a 86.4% weight reduction translating into an increase of 22 days in stage fattening of camuros additionally F. V. H mixed with an average daily gain of live weight in the IP of 93.3 grams for the control treatment was obtained, against 151.7 grams and 153.3 grams of T 1 and T 2 respectively, for that reason it is considered that H. G. F has a direct influence to prevent weight loss in summer period also no significant difference between T 1 and T 2 treatments, therefore, any of them is an alternative to that objective, at the end we conclude that the F. V. H supplementation is a technically and economically viable alternative.

---

\* Work of grade

\*\* Designing Institute of Regional and Distance Education. Agroindustrial production. Director. Carlos Anibal Vasquez Cardozo

## INTRODUCCIÓN

Una de las grandes dificultades del sector agropecuario en el municipio de San Alberto, Cesar, podría definirse como la falta de información, ya que pequeños productores que cuentan con un limitado recurso tierra, centran su producción en monocultivos como es el caso de la palma de aceite o en poseer estrictamente una explotación bovina.

En algunos casos como es el ejemplo de la finca Risaralda, algunos productores se aventuran en la obtención de utilidades a partir de otras fuentes agropecuarias como lo es la cría de Camuros, cuya producción en la región no se encuentra tecnificada; se presentan grandes dificultades para su producción como los largos períodos de sequía, suelos pobres de pastos, alimentación de baja calidad, altos costos de producción y deficiente mano de obra, aun así; la finca Risaralda continua poco a poco su producción de Camuros de una forma tradicional en la región.

En vista de esta situación, se propone una alternativa fácil, rápida y económica para ayudar en la producción de ovejas de pelo en la finca Risaralda, nace entonces la idea de un suplemento alimenticio a base de Forraje Verde Hidropónico (FVH) mixto de maíz y lentejas, la finalidad de esta alimentación no convencional no es reemplazar la alimentación tradicional de las especies menores, sino incrementar la ingesta dietética total, complementarla y suplir algunos componentes necesarios.

La idea se centra en aprovechar los recursos renovables de la naturaleza, aplicado con la lógica para masificar los espacios y conservar la alimentación continúa en las diferentes épocas del año, aportándoles lo requerido a los

animales tanto en energía como en proteína. Ahora, el forraje verde hidropónico (FVH), es la germinación de cereales y granos por medio de la aplicación de agua sin tener que utilizar suelos sustentables para el crecimiento de la semilla, esto permite que los animales que la consumen, tomen alimento mucho más digestible por la poca edad del fruto y no se requiera tierra para obtenerlo, ya que esto se produce en torres o espacios muertos para el crecimiento del mismo, adicionalmente, hace que el rendimiento, de este en la proporción de un kilogramo de semilla y se produce 7 kilogramos de FVH

El objetivo es:

- Establecer las variables para el diseño del germinador a través de la identificación de componentes de la alimentación no convencional en zonas rurales del Municipio de San Alberto, Cesar.
- Desarrollar un prototipo funcional de germinador de alimentación no convencional a base de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja como suplemento nutricional para especies menores en zonas rurales del Municipio de San Alberto, Cesar.
- Evaluar la ganancia de peso por la influencia del Forraje Verde Hidropónico mixto en condiciones naturales como convencional en la suplementación de los camuros.

## **1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La alimentación no convencional es una denominación para aquella estrategia que permita la suplementación a los animales desde una perspectiva diferente a los alimentos balanceados o suplementos tradicionales, generando nueva cultura de desarrollo integral para el crecimiento de las producciones en desarrollo sostenible.

La prioridad en las producciones pecuarias es la alimentación, debido que este rubro asume entre 60 y 70 % de los costos de producción, y adicionalmente que con buena alimentación, se puede traducir en carne, huevo, leche y lana, por ende, es prioritario velar por generar nuevas alternativas en épocas de escases como en veranos extendidos y en la actualidad no se tiene certeza absoluta sobre los fenómenos climáticos.

Con el proyecto se busca mejorar la alimentación por medio del aporte de energía y proteína que suministra el maíz y la inclusión del hierro, fosforo y proteína de alta digestibilidad de la lenteja, con llevando a unas mejoras en la ganancia de peso y por otro punto, al producir en espacio pequeños, se evita que los animales pierda peso por ser desplazado para conseguir el alimento, pero sobre todo es muy importante, porque se consigue optimizar el recurso animal al ofrecer alta calidad en épocas de verano extenso.

Se plantea entonces la siguiente hipótesis: ¿Es posible la estandarización del proceso de germinación de alimento no convencional a base de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja germinado en agua de coco biche como

suplemento nutricional para ganancia de peso en Camuros en zonas rurales del Municipio de San Alberto, Cesar en periodos de escasas de alimento?.

## **1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

**1.2.1 Espacial.** La investigación se llevará a cabo en la Finca Risaralda vereda EL Pescado, del Municipio de San Alberto, la cual cuenta con un área total de 52 Hectáreas y una explotación creciente de 150 camuros.

San Alberto se encuentra localizado al sur del Departamento del Cesar, Limita al Norte con el Municipio de San Martín a través de las quebradas Minas y las Micas; Al sur con el Departamento de Norte de Santander con el corregimiento la Pedregosa del Municipio de la Esperanza separados por el Río San Alberto del espíritu Santo; Al occidente con el Departamento de Norte de Santander con la Vereda Playoncitos del Municipio de Abrego, en la divisoria de Aguas de la Loma de la Peña<sup>1</sup>, con una extensión de aproximada de 67.610 hectáreas, con topografía plana en un 70% aproximadamente y pendiente el restante 30%; dedicadas a la ganadería en un 80% y al cultivo de la yuca en menos del 1%.

El municipio fue creado mediante la ordenanza número 003 del 27 de noviembre de 1.976 a partir de una segregación del Municipio de Río de Oro. Posteriormente hacia el año de 1983 de acuerdo a la ordenanza número 001 del 19 de Noviembre fue disminuido parte de su territorio para dar paso al Municipio de San Martín.

**1.2.2 Cronológica.** La investigación propuesta se llevará a cabo durante el primer y segundo semestre del año 2015, tiempo durante el cual se recolectara la información pertinente y se analizarán los datos obtenidos los cuales son fundamentales en la conclusión final del estudio.

---

<sup>1</sup>EOT de San Alberto

**1.2.3 Conceptual:** Su objetivo es definir las posibles consecuencias técnico-económicas que tiene la implementación de la alimentación no convencional con forraje verde hidropónico (FVH) mixto de maíz y lenteja sobre la ganancia de peso en camuros; es decir, se realizan estudios técnicos sobre las variables a determinar y los aspectos de rentabilidad económica del suplemento de FVH en época de escasez.

Este estudio utiliza herramientas que permiten estimar ventajas técnicas, económicas y financieras para la puesta en marcha el proyecto de inversión, el cual con lleva a la generación de bienes y servicios, dando solución a un problema o satisfaciendo una necesidad y se debe realizar antes de empezar a trabajar; esto implica no desperdiciar esfuerzo, tiempo y dinero; despejando dudas sobre lo que hay que hacer y cómo debe quedar, disminuyendo la incertidumbre para tomar una adecuada decisión, seleccionando la variable más conveniente.

Es un estudio integrador y concluyente, para su elaboración se deben tener en cuenta los siguientes estudios intermedios:

- Montaje de invernadero del Forraje verde Hidropónico (FVH)
- Estandarización de Bandeja Mixta de maíz y Lenteja
- Evaluación de Germinación con agua de coco biche
- Suministro de FVH como suplemento de alimento en camuros

## 2. JUSTIFICACIÓN

En vista de las crecientes necesidades de terreno tanto urbano como rural, así como los escasos recursos de los pequeños productores agropecuarios se ve la necesidad de implementar nuevas técnicas de producción con la utilización mínima de espacio, menor dependencia de factores climáticos con respecto a la técnicas actuales de producción agropecuaria, bajos costos de instalación y producción, requerimiento de biomasa de forma rápida y con las mejores condiciones de calidad, es entonces cuando se opta por aplicar el proceso de Forraje Verde Hidropónico (FVH) que es el proceso de germinación de granos cereales y leguminosas (Maíz, sorgo, avena, cebada, alfalfa, amaranto, soya, girasol, chícharo, lentejas,), este sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico es una oportunidad para una producción de forraje que nos van a proporcionar una nutrición balanceada todo el año para los productores rurales que tienen superficies pequeñas para la nutrición y suplementación de las diferentes especies animales para mejorar los índices productivos de obtención de pie de cría, carne, y producir con calidad alimentaria, la nutrición con Forraje Verde Hidropónico es complementaria y no competitiva en la producción animal y es una oportunidad estable para iniciar una producción orgánica.

El sistema de Forraje Verde Hidropónico protegido bajo cubierta permite la programación escalonada de las raciones diarias, pero ante todo por el hecho de ser forraje fresco contiene todos los valores nutritivos que requieren los animales, en tiempos controlados.

Se requiere entonces evaluar y estandarizar procesos de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH) para alimentación de Camuros en la zona rural del municipio de San Alberto Cesar.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la Producción de alimentación no convencional a base de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz (*Zea mayz*) y Lenteja (*Lens culinaris*) germinado en agua de coco (*Cocos nucifera*) biche como suplemento nutricional para la ganancia de peso en Camuros (*Ovis aries*) en zonas rurales del Municipio de San Alberto, Cesar.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer las variables para el diseño del germinador a través de la identificación de componentes de la alimentación no convencional en zonas rurales del Municipio de San Alberto, Cesar.
- Desarrollar un prototipo funcional de germinador de alimentación no convencional a base de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja como suplemento nutricional para especies menores en zonas rurales del Municipio de San Alberto, Cesar.
- Evaluar la ganancia de peso por la influencia del forraje verde hidropónico mixto en condiciones naturales como alimento no convencional en la suplementación de los camuros

## 4. MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO TEÓRICO

**4.1.1 Antecedentes:** El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH o “green fodder hydroponics” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal.

En la práctica, el FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan germinados de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, sobre el final de dicha centuria, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1960; y Níñez, 1988).

El proceso se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con

una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Less, 1983; Hidalgo, 1985; Morales, 1987).

El FVH es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. La tecnología FVH es complementaria y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional.

Dentro del contexto anterior, el FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros, vacas en ordeño, caballos de carrera; otros rumiantes; conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyes y chinchillas entre otros animales domésticos y es especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde.

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, heno, ensilajes o granos para alimentación animal. Estos fenómenos climatológicos adversos, tales como las sequías prolongadas, nevadas, inundaciones y las lluvias de cenizas volcánicas, vienen incrementando significativamente su frecuencia en estos últimos años, afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales. Ejemplos dramáticos de estas situaciones han sido el "terremoto blanco" de nieve de 1995 en el Sur de Chile; la sequía de 6 meses en 1999 que afectó el Cono Sur de América Latina o la sequía que afectó

significativamente desde los primeros meses del 2001 a la Vertiente Pacífico de Mesoamérica con resultados adversos sobre la seguridad alimentaria de la población, especialmente la de los pequeños agricultores localizados en zonas de laderas degradadas.

Asimismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por períodos prolongados la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales causando en general, alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción.

Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas, henos o ensilados. Ello redundando en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de animales menores. Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de FVH.

**4.1.2 Justificación:** El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo (Chen, 1975; Less, 1983; Níñez, 1988; Santos, 1987; y Dosal, 1987).

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH. Como será expuesto en detalle en capítulos posteriores, el FVH ha

expuesto ser una herramienta eficiente y útil en la producción animal. Brevemente, entre los resultados prácticos más promisorios se evidencia:

- Aumento significativo de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarles dosis crecientes de FVH hasta un máximo comprobado de 300 gramos de materia seca al día (Morales, 1987).
- Aumento de producción en aves domésticas (pollos, gallinas, patos, gansos, etc.) a partir del uso del FVH (Falen y Petersen, 1969 y Bull y Petersen, 1969 citados por Bravo Ruiz, 1988), lográndose sustituir entre un 30 a 40 % de la dosis de ración peleteada pero asociado al riesgo, en casos de exceso en el uso de FVH, de un incremento de excreta de heces líquidas y fermentaciones aeróbicas del estiércol, malos olores de los locales, aumento de insectos voladores no deseados y aumento de enfermedades respiratorias especialmente en verano.
- Ganancia de peso en cerdos con una alimentación en base a FVH “ad libitum” (Sánchez, 1996 y 1997).
- Aumento de producción en vacas lecheras a partir del uso de FVH obtenido de semillas de avena variedad “Nehuén” y cebada cervecera variedad “Triumph” existiendo también en este caso antecedentes en el uso del maíz, sorgo, trigo, arroz y tritricale. (Sepúlveda, 1994).
- Sustitución en conejos, de hasta el 75% del concentrado por FVH de cebada sin afectar la eficiencia en la ganancia de peso alcanzándose el peso de faena (2,1 a 2,3 kg de peso vivo) a los 72 días. Estos resultados han tenido un alto impacto técnico, económico y social en Uruguay (Rincón de la Bolsa) posibilitando la generación de ingresos, la alimentación familiar y el mantenimiento de la producción a mini productores cunícolas afectados por los altos costos de los concentrados (Sánchez, 1997 y 1998).

La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México (Lomelli, 2000), con control del volumen de agua a aplicar, luz,

nutrientes y CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico), se demostró que a partir de 22 kg de semillas de trigo es posible obtener en un área de 11,6 m<sup>2</sup> (1.89 kg semilla/m.c.) una óptima producción de 112 kg de FVH por día (9.65 kg FVH/m<sup>2</sup>/día). En todos los resultados mencionados anteriormente el sistema de producción de FVH ha posibilitado obtener mayor calidad de carne; aumento del peso vivo a la fecha de faena; aumento en la proporción de pelo de primera en el vellón de conejos; mayores volúmenes de leche; aumento de la fertilidad; disminución de los costos de producción por sustitución parcial de la ración por FVH (Hidalgo, 1985; Morales, 1987; Pérez, 1987; Bravo, 1988; Valdivia, 1996; Sánchez, 1997; Arano, 1998).

### **4.1.3 Ventajas y desventajas del FVH**

#### **4.1.3.1 Ventajas:**

- **Ahorro de agua.** En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca. Alternativamente, la producción de 1 kilogramo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% (Sánchez, 1997; Lomelí Zúñiga, 2000; Rodríguez, S. 2000). Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días.

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se hallan observado y se observen generalmente en países con ecozonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por

pronunciadas sequías, las cuales llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo.

- **Eficiencia en el uso del espacio.** El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.

-**Eficiencia en el tiempo de producción.** La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12. Aproximadamente a partir de ese día se inicia un marcado descenso en el valor nutricional del FVH (Bonner y Galston, 1961; Koller, 1962; Simon y Meany, 1965; Fordham et al, 1975, citados todos ellos por Hidalgo, 1985.)

- **Calidad del forraje para los animales.** El FVH es un succulento forraje verde de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para nuestros animales (Less, 1983, citado por Pérez, 1987). Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos (Arano, 1976 citado por Resh, 1982; Chen, 1975; Chen, Wells y Fordham, 1975 citados por Bravo, 1988). En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3.300 kcal/kg) que el FVH (3.200 kcal/kg) (Pérez, 1987). Sin embargo los valores reportados de energía digestible en FVH son ampliamente variables. En el caso particular de la cebada el FVH se aproxima a los valores encontrados para el Concentrado especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad.

- **Inocuidad.** El FVH producido representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido

por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción. Tal es el caso de un hongo denominado comúnmente “cornezuelo” que aparece usualmente en el centeno, el cual cuando es ingerido por hembras preñadas induce al aborto inmediato con la trágica consecuencia de la pérdida del feto y hasta de la misma madre. Asimismo en vacas lecheras, muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final o no aceptados para la elaboración de quesos, artesanales fundamentalmente (Sánchez, 1997). Un caso notable de inocuidad y apoyo a la seguridad alimentaria a partir del uso de FVH fue informado en las poblaciones de Chernobyl, Kazakstan y Voronezh, ciudades afectadas por radiación atómica. En tal situación, como informado por Pavel Rotar (Julio, 2001) de la ISAR (Initiative for Social Action and Renewal in Eurasia), la única salida para la producción animal en estas zonas afectadas de Rusia, fue la implementación de la producción del FVH, lográndose una “sana y limpia alimentación de los animales”, dado que las pasturas existentes se encontraban totalmente contaminadas por la radiación. Además, con el suministro de FVH se aumentó la digestibilidad (de 30 a 95 %), con respecto a los granos que antes se utilizaban para consumo animal.

- **Costos de producción.** Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y de la escala de producción. El análisis de costos de producción de FVH, revela que considerando los riesgos de sequías, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla) el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores. En el desglose de los costos se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de Costos Fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes. Al no requerir de maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente. Investigaciones recientes

sostienen que la rentabilidad de la producción del FVH es lo suficientemente aceptable como para mejorar las condiciones de calidad de vida del productor con su familia, favoreciendo de este modo su desarrollo e inserción social, a la vez de ir logrando una paulatina reconversión económica – productiva del predio (ejemplo: la producción de conejos alimentados con FVH integrada a horticultura intensiva (Sánchez, 1997y 1998).

- **Diversificación e intensificación de las actividades productivas.** El uso del FVH posibilita intensificar y diversificar el uso de la tierra. Productores en Chile han estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en 4 pisos para FVH de avena, equivalen a la producción convencional de 5 Has. De avena de corte que pueden ser destinadas a la producción alternativa en otros rubros o para rotación de largo plazo (opinión de Productor de Melipilla, 1998, Chile) y dentro de programas de intensificación sostenible de la agricultura. De igual forma, el sistema FVH posibilita regularizar la entrega de forraje a los animales posibilitando "stockear" FVH para asistir a exposiciones, remates o ferias ganaderas. El FVH no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas, pero sí complementarla especialmente durante períodos de déficit.

- **Alianzas y enfoque comercial.** El FVH ha demostrado ser una alternativa aceptable comercialmente considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología. El sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sin costos de iniciación para proveer en forma urgente complemento nutricional. También permite la colocación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitan generar alianzas o convenios estratégicos con otras empresas afines al ramo de la producción de forraje tales como las empresas semilleristas, cabañas de reproductores, tambos, locales de internada, ferias, locales de remates, aras de caballos, cuerpos de caballería del Ejército, etc. En la actualidad existen empresas

comercializadoras de FVH en distintos países y todas ellas gozan de un buen nivel aparente de ventas.

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

- **Desinformación y sobrevaloración de la tecnología.** Proyectos de FVH preconcebidos como “llave en mano” son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencias del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad ambiente, y niveles óptimos de concentración de CO<sub>2</sub>. Innumerables de estos proyectos han sufrido significativos fracasos por no haberse accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema. Se debe tener presente que, por ejemplo, para la producción de forraje verde hidropónico sólo se requiere un fertilizante foliar quelatizado el cual contenga, aparte de los macro y micro nutrientes esenciales, un aporte básico de 200 partes por millón de nitrógeno. Asimismo el FVH es una actividad continua y exigente en cuidados lo que implica un compromiso concreto del productor. La falta de conocimientos e información simple y directa, se transforma en desventaja, al igual que en el caso de la tecnología de hidroponía familiar (Marulanda e Izquierdo, 1993).

- **Costo de instalación elevado.** Morales (1987), cita que una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado (Sánchez, 1996, 1997) que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. Alternativamente, productores agropecuarios brasileiros han optado por la producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo micro túneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible.

**4.1.4 Objetivos de la producción de FVH** "Obtener rápidamente, a bajo costo y en forma sostenible, una biomasa vegetal sana, limpia y de alto valor nutritivo para alimentación animal"; Entre los objetivos específicos se tienen:

- Ofrecer al productor "un seguro alimentario". El FVH es una estupenda herramienta de lucha contra la sequía, inundaciones o suelos anegados por las lluvias.
- Convertirse en un eficiente y eficaz insumo tal que pueda sustituir todo o una buena parte del alimento concentrado ofrecido a los animales.
- Bajar significativamente nuestros costos de alimentación animal.
- Aumentar la producción de carne y de leche en los animales alimentados con FVH
- Aumentar la fertilidad de los animales debido a los aportes de factores nutricionales presentes en el FVH (Vitamina "E") (Santos, 1987, citado por Níguez, 1988).
- Aumentar la rentabilidad de predios de escasa a muy escasa extensión.
- Maximizar nuestro espacio de producción.
- Lograr el auto empleo predial.

Finalizando esta sección introductoria se puede resumir lo siguiente:

- El FVH resulta una tecnología apta para su implementación y uso a nivel de pequeños productores pecuarios;
- Es una estrategia de producción de biomasa vegetal que baja los costos fijos de la alimentación animal, sobre todo aquella que se realiza utilizando como insumo fundamental el concentrado;
- Es una excelente fuente proteica y vitamínica, lo cual denota su buen valor nutritivo;
- Nos ofrece una disponibilidad de forraje verde fresco todo el año, independiente de los problemas climáticos que sucedan;

- Es altamente digestible y nos provee de una muy buena y alta calidad alimenticia.

#### **4.1.5 Métodos y factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico**

**4.1.5.1 Métodos de Producción** Los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades. 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; invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado; galpones agrícolas (por ejemplo: criaderos de pollos abandonados); 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.

El cultivo puede estar instalado en bandejas de plástico provenientes del corte longitudinal de envases descartables, estantes viejos de muebles a los cuales se les forra con plástico, bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico, las cuales a veces son hechas especialmente para esto; en cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado, a los que se les reduce la altura por ser demasiado altos, o en los más sofisticados sistemas automatizados por computadora que se conocen en el presente.

Sin embargo, en cualquiera de las circunstancias anteriores, el proceso a seguir para una buena producción de FVH, debe considerar los siguientes elementos y etapas:

**-Selección de las especies de granos utilizados en FVH:** Esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio a que se logren adquirir. La producción de FVH utilizando semillas de alfalfa no es tan eficiente como con los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional de forraje.

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

**-Lavado de la semilla:** Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada diluyendo 10 ml de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). El lavado tiene por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (Rodríguez, Chang, Hoyos, 2000). El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que se deben dejar las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las futuras plántulas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las

mismas causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado se procede a un enjuague riguroso con agua limpia.

**-Remojo y germinación de las semillas:** Esta etapa consiste en sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición. Mediante este fácil proceso se está induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se efectúa al embrión. Esta pre germinación nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo se está utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. Trabajos anteriores citados por Hidalgo (1985), establecen que terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico es lo que nos estaría explicando por qué se acelera el crecimiento de la semilla cuando se le deja en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. Varias experiencias han demostrado que períodos de imbibición más prolongados no resultan efectivos. En cuanto al aumento de la producción final de FVH.

Es adecuado recordar que la etapa de remojo o pre germinación debe ser realizada con las semillas colocadas dentro de bolsas de arpillera o plastillera, las cuales se sumergen en bidones o recipientes de material plástico no debiéndose usar recipientes metálicos dado que pueden liberar residuos u óxidos que son tóxicos para la germinación. Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir completamente los granos y a razón de un mínimo de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilogramo de semilla.

**-Dosis de Siembra:** Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilogramos a 3,4 kilogramos considerando que la disposición de la "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja.

**-Siembra en las Bandejas e Inicio de los Riegos:** Realizados los pasos previos, se procederá a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuirá una delgada capa de plántulas (granos pre- germinados), la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm de altura o espesor.

Luego de la siembra se coloca por encima de los granos una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente se tapa todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semioscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Mediante esta técnica se busca favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Se debe tener en cuenta que el FVH es una biomasa que se consumirá dentro de un período muy reducido de tiempo. Una vez detectada la brotación completa de las semillas se retira el plástico negro y el papel.

**-Riego de las bandejas:** El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo.

Al comienzo (primeros 4 días) no deben aplicarse más de 0,5 litros de agua por metro cuadrado por día hasta llegar a un promedio de 0,9 a 1,5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH. Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular (Sánchez, 1997). Recomendar una dosis exacta de agua de riego según cada especie de FVH resulta muy difícil, dado que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible.

Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersión sobre el cultivo o en el caso de usar riego por goteo, poseer un sistema de burbujeo en el estanque que cumpla con la función de oxigenación del agua. En los sistemas hidropónicos con control automático, el riego se realiza mediante aspersiones muy reducidas por 10 minutos, cada 6 horas (Less (1983) citado por Hidalgo (1985)).

**-Riego con Solución Nutritiva:** Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Recordando brevemente que el Manual FAO “La Huerta Hidropónica Popular” (Marulanda e Izquierdo, 1993), indica que la solución nutritiva allí expuesta se puede utilizar para la producción de FVH a una concentración de “¼ full”, es decir, por cada litro de agua se usa 1,25 cc de solución concentrada “A” y 0,5 cc de solución concentrada “B”.

Finalmente no se debe olvidar que cuando se llega a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. Es decir, si se está aplicando 1 litro de solución nutritiva por metro cuadrado y por día, el día 12 y 13 aplicar 2 litros por metro cuadrado y por día. Este es un detalle importante de recordar como condición de manejo al planificar nuestras cosechas.

**-Cosecha y rendimientos:** En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo si se está necesitando forraje, se puede efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días. Trabajos de validación de tecnología sobre FVH realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997,

han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilogramo de FVH producidos por cada kilogramo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo. Asimismo, un máximo de 22 kilogramos de FVH por cada kilogramo de semilla de cebada cervecera se obtuvo a los 17 días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2,5 cc de "A" y 1 cc de "B" a partir del 4° día y hasta el día 15) por productores del mismo grupo. Sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del FVH.

La mayor riqueza nutricional de un FVH se alcanza entre los días 7° y 8° por lo que un mayor volumen y peso de cosecha debe ser compatibilizado con la calidad dado que el factor tiempo pasaría a convertirse en un elemento negativo para la eficiencia de la producción (Ñíguez, 1988). Se ha documentado que períodos de tiempo de 7 a 10 días son más que suficientes para completar el ciclo en un cereal sembrado para forraje hidropónico, Less (1983), Peer y Lesson (1985), Santos (1987) y Dosal (1987). Ciclos más largos no serían convenientes debido a la disminución de materia seca y de calidad en general del FVH resultante.

La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semi-germinadas.

Todo esto forma un sólo bloque alimenticio, el cual es sumamente fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado, para favorecer una fácil ingesta y evitar rechazos y pérdidas de forraje en el suelo. Se recomienda utilizar el FVH recién cosechado, sin embargo, no existen problemas sanitarios de conservación por unos cuantos días (Sánchez, 1997), salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional.

**4.1.5.2 Ejemplos de utilización del FVH en alimentación animal.** Los usos del FVH son diversos pudiéndose utilizar como alimento de vacas lecheras; caballos, ganado de carne; terneros; gallinas ponedoras, pollos; cerdos; conejos y cuyes; sin embargo, sigue siendo necesaria aún mayor investigación para ajustar los consumos diarios en función del peso vivo del animal, raza, y estado fisiológico o reproductivo.

**4.1.5.3 Instalaciones** La localización de una construcción para producción de FVH no presenta grandes requisitos. Como parte de una buena estrategia, la decisión de iniciar la construcción de instalaciones para FVH debe considerar previamente que la unidad de producción de FVH debe estar ubicada en una zona de producción animal o muy próxima a esta; y que existan períodos de déficit nutricional a consecuencia de la ocurrencia de condiciones agro-meteorológicas desfavorables para la producción normal de forraje (sequías recurrentes, inundaciones) o simplemente suelos malos o empobrecidos.

Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que esté protegido de los vientos fuertes; que cuente con disponibilidad de agua de riego de calidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo; y con fácil acceso a energía eléctrica.

Existe un amplio rango de posibilidades para las instalaciones que va desde aquellas más simples construidas artesanalmente con palos y plástico, hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH. En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y de control (relojes, medidores del pH, de conductividad eléctrica y controladores de la tensión de CO<sub>2</sub>). Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad en:

- **Populares:** Consisten en una estructura artesanal compuesta de palos o cañas (bambú o tacuara), revestida de plástico transparente común. El piso es de tierra y las estanterías para la siembra y producción del FVH son construídas con palos, cañas y restos de madera de envases o desechos de aserraderos. La producción obtenida en este tipo de instalaciones es utilizada en la mayoría de los casos para alimentar los animales existentes dentro del mismo predio. La altura de las estanterías, debido a la calidad de los materiales de construcción, no sobrepasa los 3 pisos. En casos muy particulares se alcanzan cuatro niveles de bandejas.

El material con que están fabricadas las bandejas puede ser de cualquier tipo y origen. Lo más común es que sean recipientes de plástico de descarte, a los cuales se les corta al medio, se les perforan pequeños drenajes de agua sobre uno de los lados y se usan tal como quedan. También se utilizan estantes de muebles en desuso a los que se le forran con nylon. En este tipo de instalaciones se puede encontrar todo tipo de formas y tamaños de bandejas y tal como promueve la FAO en su manual de la Huerta Hidropónica Popular (Marulanda C. y J. Izquierdo, 1993.), el FVH permite también practicar una agricultura popular del descarte.

- **Estructuras o recintos en desuso:** Se ha denominado así a este segundo tipo de instalaciones de producción de FVH. Comprende instalaciones industriales en desuso, antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. Estas instalaciones se están volviendo cada vez más comunes en los países de América Latina.

El ahorro que se obtiene con este tipo de instalaciones surge de la disponibilidad de paredes y techos lo que permite invertir en los otros insumos necesarios para la producción de FVH.

Los rendimientos en este tipo de instalaciones suelen ser superiores a las instalaciones populares por el mejor control ambiental logrado y el mayor número, hasta 7 de pisos de producción. El material utilizado en la construcción de las bandejas puede ser de distintos orígenes tales como fibra de vidrio, madera pintada, madera forrada con plástico y bandejas de plástico. Lo anterior sumado a un tamaño uniforme de las bandejas y a equipos de riego compuestos por micro-aspersores o nebulizadores supone una producción mucho más regular y planificada conociéndose casi exactamente cuántos kilogramos de FVH estarán disponibles para alimentar a los animales en un período determinado. Si bien el destino de la producción obtenida es, en la mayoría de los casos, para uso interno al predio, existen interesantes datos de ventas de FVH al exterior del establecimiento.

- **Modernas o de Alta Tecnología:** Las instalaciones de este tipo pueden ser de construcción de albañilería hecha en el lugar, prefabricadas o importadas directamente como unidades de producción o “fábricas de forraje”.

En estos modelos, la sala de germinación ocupa un área de 50 metros cuadrados, presenta la misma disposición que la sala de producción, cuenta con un sistema de riego por micro-aspersión, no tiene iluminación ni tampoco requiere de mucha ventilación. Los estantes de esta sala comprenden 10 pisos siendo la capacidad de producción de 10.000 kilogramos de FVH por día. La fase de producción se realiza sobre bandejas que son colocadas en estantes metálicos dobles de 7 pisos. Las bandejas son de fibra de vidrio que se ubican en 7 líneas de estantes siendo cada una de ellas de 26 metros de largo por 1,8 de ancho. Entre las líneas de estantes se coloca un piso de cemento con canaletas a ambos lados, mientras que el piso bajo las estanterías está recubierto con material inerte que facilite el drenaje y previamente desinfectado (balastro, pedregullo, etc). La instalación cuenta con riego automatizado, estantería por estantería y controlado todo por relojes de tiempo con sus respectivas válvulas solenoides y de flotación. Presenta

también ventiladores, extractores de aire, un ozonizador que incorpora ozono al agua de riego para eliminar contaminaciones de bacterias, e iluminación de apoyo basada en 20 tubos fluorescentes.

Los resultados en una unidad como la descrita arriba, señalan que se pueden producir 10.000 kilogramos de FVH por día (10 kilogramos de FVH/m<sup>2</sup>/día) en 7 pisos de producción para alimentar con forraje verde a caballos (de carrera, paseo y de tiro), vacunos, porcinos, ovinos, camélidos y animales exóticos. El destino de la producción del FVH no tiene limitaciones en cuanto a las especies animales y la bondad del producto (FVH) es tal que permite su adaptabilidad a cualquier animal.

**4.1.5.4 Factores que Influyen en la Producción** En esta sección se pueden observar todas aquellas variables que por su significativa importancia, condicionan en la mayoría de las veces, el éxito o fracaso de un emprendimiento hidropónico.

**-Calidad de la Semilla.** El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH. El usar semillas más baratas, o cultivares desconocidos, puede constituir una falsa economía y tal como se planteó antes, hacer fracasar totalmente el nuevo emprendimiento. Se deben utilizar granos de alto porcentaje de germinación.

En resumen, el productor de FVH deberá tener presente que el porcentaje mínimo de germinación de la semilla debe ser en lo posible mayor o igual a 70 - 75%; que la semilla a utilizar debe estar limpia y tratada con una solución de hipoclorito de sodio al 1% a través de un baño de inmersión, el cual debe durar como máximo 3

minutos; y que el lote de siembra no debería contener semillas partidas ni de otros cultivos comerciales.

**-Iluminación:** Si no existiera luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembradas, las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces. A partir del tercer o cuarto día se inicia el riego con solución nutritiva y se exponen las bandejas a una iluminación bien distribuida pero nunca directa de luz solar. Una exposición directa a la luz del sol puede traer consecuencias negativas (aumento de la evapotranspiración, endurecimiento de las hojas, quemaduras de las hojas). La excepción se realiza, cuando la producción de FVH se localiza en recintos cerrados y/o aislados de la luz solar (piezas cerradas, galpones viejos sin muchas ventanas, casa abandonada, etc.), en los dos últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción de la luz para lograr, como cosa primordial, que el forraje obtenga su color verde intenso característico y por lo tanto complete su riqueza nutricional óptima.

Si la opción de producción es exclusivamente en recintos cerrados sin luz natural, se tiene entonces que pensar en una iluminación artificial en base a tubos fluorescentes bien distribuidos y encendidos durante 12 a 15 horas como máximo. Para el cálculo de la iluminación debe considerarse que el FVH sólo requiere una intensidad lumínica de 1.000 a 1.500 microwatts/cm<sup>2</sup> en un período de

aproximadamente 12 a 14 horas diarias de luz. El uso de la luz solar es siempre la más recomendable, por lo que se debe agudizar el ingenio para lograr un máximo aprovechamiento de la luz solar y por consecuencia, lograr menores costos de producción, prioridad básica para cualquier proyecto de producción de FVH. Esto puede estar facilitado con una orientación de las instalaciones de Este a Oeste, favoreciendo de este modo la construcción de aberturas en estructuras preexistentes, etc.

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

Cada especie presenta requerimientos de temperatura óptima para germinación lo que se suma a los cuidados respecto a la humedad. En las condiciones de producción de FVH, la humedad relativa ambiente es generalmente cercana al 100%. A medida que aumenta la temperatura mínima de germinación, el control del drenaje de las bandejas es básico para evitar excesos de humedad y la aparición de enfermedades provocadas por hongos. La presencia de estos microorganismos puede llegar a ser la causa de fracasos de producción por lo que la vigilancia a cualquier tipo de situación anómala, debe constituirse en rutina de nuestra producción. El ataque de los hongos usualmente resulta fulminante y puede en cuestión de horas arrasarse con toda nuestra producción, y quedarnos sin

alimento para el ganado. Tener una buena aireación del local, así como riegos bien dosificados son un excelente manejo contra este tipo de problemas.

Una herramienta importante que debe estar instalada en los locales de producción es un termómetro de máxima y mínima que permitirá llevar el control diario de temperaturas y detectar rápidamente posibles problemas debido a variaciones del rango óptimo de la misma. Lo ideal es mantener siempre en el recinto de producción, condiciones de rango de temperatura constante. Para ello, en el caso de climas o épocas del año muy frías, se tiene que elevar la temperatura de nuestro ambiente, y viceversa, en climas o estaciones del año de muy altas temperaturas, habrá que ventilarlo al extremo o enfriarlo. Usualmente la calefacción dentro del recinto de producción, viene dada por la inclusión de estufas de aserrín. El número de éstas está en función de la intensidad del frío que exista, y de la temperatura a la cual se pretenda alcanzar. (Schneider, A. 1991). Por su parte el abatimiento de altas temperaturas puede obtenerse a través de la colocación de malla de sombra y/o conjuntamente con la instalación de aspersores sobre el techo del invernáculo.

Se puede instalar un sistema de producción de FVH en ambientes aislados de los cambios climáticos exteriores, esto se verá reflejado en la producción; se verá optimizada.

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

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

**-Calidad del agua de riego:** La calidad de agua de riego es otro de los factores singulares en nuestra ecuación de éxito. La condición básica que debe presentar un agua para ser usada en sistemas hidropónicos es su característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo, de lluvia, o agua corriente de cañerías. Si el agua disponible no es potable, se pueden presentar problemas sanitarios y nutricionales con el FVH.

Para el caso en que la calidad del agua no sea la más conveniente, será imprescindible el realizar un detallado análisis químico de la misma, y en base a ello reformular nuestra solución nutritiva, así como evaluar que otro tipo de tratamiento tendría que ser efectuado para asegurar su calidad (filtración, decantación, asoleo, acidificación o alcalinización).

La calidad de agua no puede ser descuidada y existen casos donde desconocer su importancia fue causa de fracasos y pérdidas de tiempo. Un ejemplo de esto lo constituye una experiencia llevada a cabo en el Departamento de Rocha –Uruguay – donde la utilización de una fuente de agua proveniente de una cañada del lugar, provocó una muy severa aparición de enfermedades fungosas, al igual que una elevada presencia de colibacilos fecales en el cultivo. Ramos (1999), establece criterios en el uso de aguas para cultivos hidropónico respecto a: i) contenido en sales y elementos fitotóxicos (sodio, cloro y boro); ii) contenido de microorganismos patógenos; iii) concentración de metales pesados; y iv) concentración de nutrientes y compuestos orgánicos.

**-pH.** El valor de pH del agua de riego debe oscilar entre 5.2 y 7 y salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse hasta con pH cercano a 7.5, el resto de las semillas utilizadas (cereales mayormente) usualmente en FVH, no se comportan eficientemente por encima del valor 7.

**-Conductividad:** La conductividad eléctrica del agua (CE) nos indica cual es la concentración de sales en una solución. En este caso, hace referencia siempre a la solución nutritiva que se le aplica al cultivo. Su valor se expresa en mili Siemens por centímetro (mS/cm) y se mide con un conductímetro previamente calibrado. En términos físico-químicos la CE de una solución significa una valoración de la velocidad que tiene un flujo de corriente eléctrica en el agua. Un rango óptimo de CE de una solución nutritiva estaría en torno de 1,5 a 2,0 mS/cm. Por lo tanto, aguas con CE menores a 1,0 serían las más aptas para preparar nuestra solución de riego. Debe tenerse presente también que el contenido de sales en el agua no debe superar los 100 miligramos de carbonato de calcio por litro y que la concentración de cloruros debe estar entre 50 – 150 miligramos por litro de agua (Ramos, C; 1999).

Uno de los principales problemas que ocurre en el riego localizado (goteo, micro aspersión), es la obturación de los emisores por los sólidos en suspensión de las aguas de riego. En general la cloración y un buen filtrado resuelven estos problemas. Se ha encontrado que se puede mantener una operación adecuada de la mayoría de los emisores ensayados, mediante una cloración diaria durante una hora, o cada 3 días con la aplicación de 1 mg/l de cloro residual combinado con un filtrado a través de filtros de 80 mesh (diámetro de los poros de 120 micras). Tajrishy et al, 1994 citado por Ramos, C. 1999, encontró que en goteros de 4 litros/hora, una cloración continua a una concentración de 0,4 mg/litro de cloro residual, impidió la formación de obturaciones de origen biológico. Una buena revisión del problema de la obturación de goteros en relación a la calidad del agua es la de Nakayama y Bucks, (1991).

Hay que tener en cuenta que si se utilizan aguas residuales para hidroponía, éstas tendrán muchos sólidos en suspensión, por lo que la frecuencia de limpieza de los filtros es mayor que en el caso de las aguas para consumo humano.

**-CO<sub>2</sub>:** El poder controlar la concentración del anhídrido carbónico dentro del ambiente de producción del FVH, ofrece una excelente oportunidad para aumentar la producción del forraje, a través de un incremento de la fotosíntesis. Se pretende de esta manera provocar un aumento significativo en la cosecha del FVH, a través del control atmosférico dentro del local de producción. El control se ejerce mediante controladores automáticos los cuales enriquecen constantemente el ambiente interno con altos niveles de anhídrido carbónico, promoviendo una mayor fotoasimilación celular y el aumento de la masa vegetal. A título informativo, la NASA ha experimentado con singulares resultados positivos la práctica de suministro de CO<sub>2</sub> a cultivos hidropónicos obteniéndose un excelente aumento en la producción de biomasa vegetal (Arano, 1998).

**4.1.5.5 Fertilización en la producción de FVH** Según diversos autores, Hidalgo (1985), Dosal (1987), el uso de fertilización en la producción de FVH resulta positiva como para recomendar su uso. Dosal (1987), probando distintas dosis de fertilización en avena, encontró los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva. El mismo autor señala que la pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presentó a los 11 días un 94 % de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marcó tan solo 76 %.

**4.1.5.6 Preparación de Soluciones Nutritivas** La solución nutritiva final, comúnmente llamada también solución concentrada de riego se prepara, en el caso de la fórmula utilizada por Hidalgo, en base a los aportes realizados por una

única solución madre. Este es un procedimiento sencillo y rápido, lo cual denota que para la producción de FVH no se necesitan grandes y complicados procedimientos.

También el uso de un fertilizante multicompuesto (de alto tenor de N), es suficiente para el crecimiento del FVH. Si éste se presenta en forma quelatizada resulta aún mucho más efectivo para el cultivo.

fórmula FAO, se prepara a través de una mezcla de soluciones nutritivas madres o concentradas, llamadas "A" y "B" respectivamente.

Estas cantidades se diluyen en agua potable, hasta alcanzar los 10 litros. Sería muy conveniente que el agua a utilizar se encuentre entre los 21° y 24°C dado que la disolución es mucho más rápida y efectiva. Las sales se van colocando y mezclando en un recipiente de plástico de a una y por su orden para obtener la Solución Concentrada "A".

La dilución se hace también con agua, pero hasta alcanzar un volumen final de 4 litros de solución.

Para el mezclado de las sales se usan las mismas recomendaciones que para el primer caso, no olvidando lo anteriormente mencionado sobre la conductividad eléctrica del agua y el pH. Una vez que se tienen las 2 soluciones, se procede al tercer paso que es preparar la solución de riego final o solución nutritiva. Se debe recordar la recomendación de no mezclar las soluciones A y B sin la presencia de agua. Esto significa que primero se agrega el agua, luego la Solución "A", se agita muy bien, y finalmente se adiciona la Solución "B". El no cumplimiento de este simple paso, ha llevado en un número muy grande de casos al fracaso de los cultivos, así como a la generación de grandes problemas técnicos. La persona encargada de preparar la solución tiene que cumplir exactamente con las reglas

de elaboración de la misma. El proceso para la elaboración de la solución nutritiva con destino a la producción de FVH finaliza de la siguiente forma:

POR CADA LITRO DE AGUA SE AGREGAN 1,25 cc DE SOLUCIÓN “A” Y 0,5 cc DE SOLUCIÓN “B”.

Se debe recordar que las sales a ser utilizadas deben ser altamente solubles. A mayor grado de pureza de la sal, mayor será la solubilidad y por lo tanto mayores serán los beneficios nutricionales hacia nuestros cultivos del FVH. Otro factor a tener muy presente es el hecho que existen iones como el hierro (Fe), los cuales por su propias características y a medida que pasa el tiempo, se vuelven difíciles de absorber por las raíces. Por lo tanto se tendrán que usar en su forma quelatizada para que su asimilación sea eficiente y eficaz. En el mercado existen formulaciones comerciales con hierro quelatizado los cuales ya tienen una riqueza de Fe del 6%. Si el agua con la cual se va a preparar la solución nutritiva no tiene una calidad conocida, es recomendable su análisis químico para determinar su riqueza mineral, conductividad eléctrica y pH. Aquellas aguas que resulten con valores de más de 2 o 2,5 mS/cm se tienen obligatoriamente que descartar, salvo que se corrija con agua limpia de lluvia.

Un buen método de corrección de la conductividad eléctrica del agua, es el llamado “curado”. El mismo consiste en colocar el agua de nuestra fuente (pozo manantial, cañada, etc.) en un tanque tratado con pintura “epoxi” o similar (si los volúmenes a utilizar no son muy elevados, se pueden usar tanques plásticos). El tamaño del tanque tiene que estar de acuerdo a nuestras necesidades mínimas. Al cabo de 8 a 14 días, el agua ya habrá decantado todos sus excesos de sales. En esta situación, se le retira toda el agua por encima de esa decantación sólida de sales hacia otro tanque de plástico o similar. Estos procedimientos que pueden ser vistos como engorrosos, son necesarios para asegurarnos de la buena calidad del agua de riego para la producción de FVH.

**4.1.5.7 Efectos de la Fertilización Nitrogenada** La fertilización del FVH utilizando agua de riego conteniendo 200 ppm de nitrógeno como mínimo, tiene efectos principales durante el proceso de crecimiento del FVH:

**-Proteína Bruta (PB).** El contenido de PB (g/m<sup>2</sup>) al cabo de 15 días de crecimiento, tiende a aumentar a medida que se incrementa el contenido de N de la solución nutritiva, (hasta valores de 200 ppm). Una concentración mayor, (por ejemplo 400 ppm), no aumenta el aporte proteico, si no que por el contrario, lo disminuyó en aproximadamente 13,6 % respecto del tratamiento anterior. Esto equivale a 59 g/m<sup>2</sup> de proteína (base materia seca) (Dosal, 1987). La mencionada disminución de proteína, asociada a altos niveles de fertilización nitrogenada, podría indicarnos un posible efecto de toxicidad o desbalance con otros nutrientes, lo que a su vez, sería la causa de una menor producción de fitomasa. Proteína Verdadera (PV).

**La proteína verdadera (g/m<sup>2</sup>):** disminuye a través del tiempo, observándose una reducción del aporte proteico del FVH en relación al aporte del grano, independientemente del tipo de solución nutritiva utilizada durante los 15 días en que se desarrolló el cultivo. De acuerdo a los resultados de investigaciones adicionales, la fertilización nitrogenada no evitaría las pérdidas en el contenido de proteína verdadera del FVH respecto al grano. Sin embargo, estas pérdidas son significativamente mayores si el cultivo no se fertiliza con nitrógeno. (Dosal, 1987).

Los incrementos de la proteína bruta observadas en algunos tratamientos con fertilización, serían consecuencia de un aumento del nitrógeno no proteico el que sería aportado por la solución nutritiva de riego, y no debido a un aumento en los niveles de la proteína verdadera al cabo de los 15 días del experimento. Esto también nos indica que al cabo de 7 días el cultivo de FVH ya estaría haciendo uso del nitrógeno aportado por la solución nutritiva de riego, el cual además sería utilizado para la síntesis de nuevas proteínas. Sin embargo, el acelerado

desarrollo que experimenta el FVH a partir de estas fechas, repercutiría al cabo de la segunda semana en una pérdida proteica debido a un posible balance negativo entre fotosíntesis y respiración.

**-Pared Celular (P.C):** La pared celular tiende a disminuir en el follaje a medida que pasa el tiempo, mientras que en el sistema radicular aumenta (Dosal (1987) e Hidalgo (1985). Analizando los datos totales (pared celular de follaje más sistema radicular), se observa que la P.C. aumenta en términos muy interesantes respecto al grano.

**-Lignina:** Se ha demostrado que en el FVH existe un aumento de la cantidad de lignina (g/m<sup>2</sup>) en comparación con el grano. Esto nos indica que realmente existe una síntesis durante la etapa de crecimiento del FVH. La lignina cumple un importante rol en la estructura celular. El aumento de la lignina en el FVH con respecto al grano, se debería al incremento en la actividad de enzimas relacionadas a la biosíntesis de la lignina (tirosina amonioliasa). Se conoce que tanto la luz, la temperatura, la concentración de etileno y el metabolismo de los hidratos de carbono, regulan la actividad de esta enzima precursora de la lignina. Dichas condiciones se encuentran casi óptimas en los recintos de producción de FVH, de ahí su mayor presencia en el FVH que en el grano.

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

**Bandejas:** Recipientes de plástico, metal, madera o cualquier otro material que consta de una base plana y pestañas laterales cortas que se utilizan para la siembra de las semillas para la producción de FVH.

**Biomasa:** Cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados.

**Camuro o Pelibuey:** (también conocido como *Cubano Rojo* por la FAO) es una raza de oveja doméstica nativa del Caribe y América Central. El pelibuey es una raza de oveja que por lo general no cría lana (deslanada), esta adaptación la hace especialmente útil en ambientes tropicales donde las ovejas con lana no sobreviven. Se trata de una raza criada especialmente para el consumo de su carne y leche. La raza es originaria de África, a partir de la oveja enana africana. También era utilizada por los aborígenes de las Islas Canarias.

**Coco:** es una fruta tropical obtenida del cocotero (*Cocos nucifera*), la palmera más cultivada a nivel mundial. Tiene una cáscara exterior gruesa (exocarpio) y un mesocarpio fibroso y otra interior dura, vellosa y marrón (endocarpio) que tiene adherida la pulpa (endospermo), que es blanca y aromática. Mide de 20 a 30 cm y llega a pesar 2,5 kg.

El principal producto exportado desde las distintas zonas de cultivo es la copra sin procesar, seguida del coco desecado. El agua de coco no debe ser confundida con la leche de coco, ya que la leche de coco se obtiene exprimiendo la pulpa y el agua de coco se encuentra naturalmente en su cavidad interior. El nombre coco proviene de la era de los descubrimientos, pues a los exploradores portugueses lo trajeron a Europa su superficie marrón y peluda les recordaba a las historias sobre el Coco que se les cuenta en España y Portugal a los niños pequeños para asustarles.

**Desarrollo:** es la progresión de estados vitales desde la fecundación hasta la senescencia. Distintos genes están internamente programados para ser expresados en diferentes momentos de los estados de desarrollo obteniendo así cambios en el fenotipo del ser vivo. Este es un proceso universal. El desarrollo es, también, el proceso por el cual una sola célula se convierte en una criatura compuesta por una infinidad de células con funciones distintas

**Digestibilidad:** Facilidad de un alimento para ser digerido.

**Forraje Verde Hidropónico (FVH):** es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales, como la cebada, trigo, avena y maíz. El cual se desarrolla en un período de 10 a 12 días, captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

**Fotosíntesis:** Es la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz. En este proceso la energía lumínica se transforma en energía química estable, siendo el adenosín trifosfato (ATP) la primera molécula en la que queda almacenada esta energía química. Con posterioridad, el ATP se usa para sintetizar moléculas orgánicas de mayor estabilidad. Además, se debe tener en cuenta que la vida en nuestro planeta se mantiene fundamentalmente gracias a la fotosíntesis que realizan las algas, en el medio acuático, y las plantas, en el medio terrestre, que tienen la capacidad de sintetizar materia orgánica (imprescindible para la constitución de los seres vivos) partiendo de la luz y la materia inorgánica.

**Germinación** es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales. El ejemplo más común de germinación, es el brote de un semillero a partir de una semilla de una planta floral o angiosperma. Sin embargo, el crecimiento de una hifa a partir de unas esporas micóticas se considera también germinación. En un sentido más general, la germinación puede implicar todo lo que se expande en un ser más grande a partir de una existencia pequeña o germen. La germinación es un mecanismo de la reproducción sexual de las plantas.

**Hidroponía o agricultura hidropónica:** es un método utilizado para cultivar plantas usando disoluciones minerales en vez de suelo agrícola. Las raíces reciben una solución nutritiva equilibrada disuelta en agua con todos los elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, que pueden crecer en una solución mineral únicamente, o bien en un medio inerte, como arena lavada, grava o perlita, entre muchas otras.

**Inocuidad:** Es la condición de los alimentos que garantiza que no causaran daño al consumidor cuando se preparen y/o ingieran de acuerdo al uso al que se destinen.

**Lenteja: *Lens culinaris*,** Es una planta anual herbácea de la familia *fabaceae*, con tallos de 30 a 40 cm, endebles, ramosos y estriados, hojas oblongas, estípulas lanceoladas, zarcillos poco arrollados, flores blancas con venas moradas, sobre un pedúnculo axilar, y fruto en vaina pequeña, con dos o tres semillas pardas en forma de disco de medio centímetro de diámetro, aproximadamente.

**Maíz (*Zea mays*):** es una especie de gramínea anual originaria de América e introducida en Europa en el siglo XVII. Actualmente, es el cereal con el mayor volumen de producción a nivel mundial, superando incluso al trigo y al arroz.

**Medidor de EC:** Herramienta que nos permite medir la cantidad de sales disueltas en un líquido.

**Medidor de Ph:** Herramienta que nos permite medir con precisión el Ph de un líquido.

**Nutrientes:** Los vegetales necesitan varios nutrientes para realizar correctamente sus procesos vitales. La luz, el agua, el co2 y el oxígeno, son los nutrientes que la planta asimila mayormente por su zona aérea. Dentro de los nutrientes que la

planta asimila por las raíces se pueden dividir en tres grupos, macro nutrientes, macro nutrientes secundarios y micro elementos.

1. Macro nutrientes: Nitrógeno, potasio y fósforo.
2. Macro nutrientes secundarios: Calcio y magnesio.
3. Micro nutrientes: Hierro (Fe), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Boro (B), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Cloro (Cl), Azufre (S), Silicio (Si)

Estos nutrientes pueden ser móviles o inmóviles en la planta una vez hayan sido asimilados. Los nutrientes móviles pueden ser realojados por la planta en caso de necesidad, normalmente estos son tomados de las hojas más viejas para formar nuevo tejido. Los inmóviles no pueden ser reordenados una vez han sido asimilados por la planta.

- Móviles: Nitrógeno (N), Fósforo (F), Potasio (K), Magnesio (Mg) y Zinc (Zn).
- Inmóviles: Hierro (Fe), Azufre (S), Boro (B), Calcio (Ca), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Manganeseo (Mg), Molibdeno (Mb), Silicio (Si)

**Oveja doméstica:** (*Ovis orientalis aries* u *Ovis aries*) es un mamífero cuadrúpedo ungulado rumiante doméstico, usado como ganado. Se originó a partir de la domesticación del muflón en Oriente Próximo hacia el IX milenio a. C. con el objetivo de aprovechar su piel, lana, carne y leche. Tiene una longevidad de entre 18 y 20 años, y presenta dimorfismo sexual.

**Ph:** El Potencial Hidrogeno (Ph) es el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. Es una escala del 1 a 14 que se usa para medir la acidez o alcalinidad de un compuesto, en nuestro caso el de la SN (medio acuoso). Donde 1 es ácido, 7 neutro y 14 alcalino. Cualquiera de los dos extremos de la escala es altamente corrosivo.

**Recirculación:** Este sistema se basa principalmente en la reducción de costos y comprende una serie de diseños, en donde el principio básico en la circulación continua o intermitente de una fina capa de solución nutritiva.

**Semilla:** Grano contenido en el interior del fruto de una planta y que, puesto en las condiciones adecuadas, germina y da origen a una nueva planta de la misma especie.

**Solución Nutriente:** Se define como un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo.

#### **4.3 MARCO GEOGRÁFICO**

La evaluación de la Producción de alimentación no convencional a base de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja germinado en agua de coco biche como suplemento nutricional para Camuros se llevará a cabo en La finca Risaralda de la vereda El Pescado, del municipio de San Alberto, Cesar, se encuentra ubicado con las coordenadas Latitud 7°31' y Longitud 73°11'. Limita al Norte con el Municipio de San Martín, Cesar, al Sur con el Departamento de Norte de Santander, al Este y Oeste con el Departamento de Norte de Santander. Con una altura sobre el nivel de mar de 120 m. y una temperatura promedio de 28 °C.

#### **4.4 MARCO LEGAL**

##### **ICA (El Instituto Colombiano Agropecuario).**

Es una entidad Pública del Orden Nacional con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, perteneciente al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, adscrita al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

El Ica tiene la jurisdicción en todo el territorio nacional, siendo su domicilio principal la ciudad de Bogotá, D.C., cuenta con 32 Gerencias Seccionales, una por departamento, con un recurso humano altamente calificado.

El Ica diseña y ejecuta estrategias para, prevenir, controlar y reducir riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales y vegetales, que puedan afectar la producción agropecuaria, forestal, pesquera y acuícola de Colombia.

Adelanta la investigación aplicada y la administración, investigación y ordenamiento de los recursos pesqueros y acuícolas, con el fin de proteger la salud de las personas, los animales y las plantas y asegurar las condiciones del comercio.

Sus acciones se orientan a lograr una producción agropecuaria competitiva, con el fin de aportar al logro de los objetivos de la Apuesta Exportadora de Colombia. Realiza inspección y control de productos agropecuarios, animales y vegetales en los pasos fronterizos, aeropuertos y puertos.

El ICA es responsable de las negociaciones de acuerdos sanitarios y fitosanitarios bilaterales o multilaterales que permiten la comercialización de los productos

agropecuarios en el exterior y mediante los cuales se busca garantizar el crecimiento de las exportaciones.

De igual manera, el ICA tiene la responsabilidad de garantizar la calidad de los insumos agrícolas y las semillas que se usan en Colombia, al tiempo que reglamenta y controla el uso de organismos vivos modificados por ingeniería genética para el sector agropecuario.

### **Ley 99 (22/12/1993)**

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la Gestión y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial: 41146 (22/12/1993). Agrícola, Modificado por la Ley 1333 de 2009.

### **Resolución 705(05/03/2015)**

"Por medio de la cual se establecen las condiciones sanitarias y de inocuidad en la producción primaria que deben cumplir los predios dedicados a la zootecnia y los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la actividad de caza comercial de especies nativas o exóticas, cuya caza comercial haya sido autorizada por la autoridad ambiental competente, y cuyo destino final sea el consumo humano." Diario Oficial: 49448(09/03/2015) Pecuaria Deroga la Resolución 236 del 15 de enero de 2010.

### **Resolución 1442(14/08/2008)**

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por la cual se establece el procedimiento para la expedición del dictamen técnico-ambiental al que alude la

Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso agrícola, Decisión 436, de la Comisión de la Comunidad Andina, y se toman otras determinaciones. Diario Oficial: (24/04/2009) Agrícola

**Ley 1333 (21/07/2009)**

Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial: 47417(21/07/2009) Administrativa Deroga el Capítulo XI, artículos 116 y ss. Del Decreto 948 de 1995 y subroga los artículos 83 a 86 de la Ley 99 de 1993.

**Ley 1252 (27/11/2008)**

Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial: 47186 (27/11/2008) Administrativa

**Ley 101 de 1993**

Esta ley desarrolla los artículos 64, 65 y 66 de la Constitución Nacional. En tal virtud se fundamenta los propósitos que deben ser considerados en la interpretación de sus disposiciones, con miras a proteger el desarrollo de las actividades agropecuarias y pesqueras, y promover el mejoramiento del ingreso y calidad de vida de los productores rurales.

**Registros licencias y leyes regulatorias:**

En cuanto a la normativa y legislación vigente se tiene: el Decreto 3075 de 1997 y que exige el registro sanitario, este es expedido por el INVIMA.

También todos los procesos de producción de cultivos orgánicos deben ser regidos a través de la Norma Técnica Colombiana 5400 de las Buenas Prácticas Agrícolas.

### **Normas de calidad En Colombia:**

No existe una normativa de los productos orgánicos, en lo relacionado con el peso, la medida y los empaques, lo que conlleva a desorden y falta de claridad en la normalización. Certificación de los productos Los requerimientos del mercado internacional en lo relacionado con el cuidado del medio ambiente y la bioseguridad, está empezando a sensibilizar el sector. Como consecuencia, se está empezando a desarrollar producción orgánica producción con protocolos de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y se está trabajando en procesos agroindustriales con Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), que debe ser comprobada por organismos acreditados, que certifican las condiciones de producción a los compradores nacionales e internacionales. La producción limpia es una exigencia internacional de los mercados, razón por la cual es una obligación de la cadena hortícola y de todos los eslabones que hacen parte de ella, ofrecer productos al consumidor que cumplan con estos requerimientos.

La certificación de los productos, a muy corto plazo, será una condición obligatoria del mercado, el que no lo haga sencillamente quedará afuera y no podrá comercializar sus productos. En este contexto debe trabajarse con sistemas de certificación asociativa, que permitan que el proceso sea más económico y operativo para los agricultores.

## **5. DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1. UBICACIÓN**

La investigación se realizó en la Finca Risaralda de la vereda El Pescado del municipio San Alberto (Cesar), con un área total de 52 hectáreas, topografía quebrada, una temperatura 24°C promedio, Humedad Relativa 75% y tiene 125 m.s.n.m.

### **5.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de la investigación es cuasi-experimental, El tiempo de la investigación desde su inicio hasta la sustentación de la investigación se estima de 6 meses

### **5.3. POBLACIÓN**

La población de estudio es 150 camuros que conforman el inventario de los animales de la Finca Risaralda de la vereda El Pescado del Municipio de San Alberto, Cesar.

### **5.4. MUESTRA**

**5.4.1. Muestra 1: Producción de forraje verde hidropónico** Es para determinar la producción de FVH mixto en combinaciones de maíz y lenteja, La población de bandejas disponibles se divide en cuatro tratamientos o bloques, el primero es el

control o testigo (T0), el segundo se denomina de Tesis uno (T1), el tercero se denomina Tesis dos (T2) y el cuarto se denomina Tesis tres (T3), para lo cual se desarrolla de la siguiente forma:

- Tratamiento Testigo (T0): Dos bandejas con germinación de Maíz y Lenteja (Bandeja individual para Maíz e individual para Lenteja).
- Tratamiento Tesis uno (T1): Una bandeja con una parte de Maíz y tres partes de Lenteja.
- Tratamiento Tesis dos (T2): Una bandeja con dos partes de Maíz y dos partes de Lenteja.
- Tratamiento Tesis tres (T3): Una Bandeja tres partes de Maíz y una parte de Lenteja.

**5.4.2. Muestra 2: Suministro de forraje verde hidropónico** Este proceso es para determinar la ganancia de peso por el suministro de FVH Mixto, inicialmente, se realiza la selección de los animales se realiza completamente al azar del grupo de Camuros con las mismas características (peso promedio de 25Kg, edad promedio 3 meses, machos enteros y utilizados para levante- engorde), cada tratamiento con 10 repeticiones para un total de 30 animales, a los cuales se le va a suministrar bandejas de FVH en dos momentos durante el día.

Tratamiento (T0): Pastoreo solamente

Tratamiento (T1): Pastoreo + 1 kg de FVH cada 3 días

Tratamiento (T2): Pastoreo + 1 kg de FVH cada 2 días

## **5.5. PROCESO DE EXPERIMENTO**

La investigación se divide en tres procesos o fases: El primero, es la producción de las bandejas de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja, el segundo, es el proceso de la investigación y último, análisis de los resultados.

**5.5.1 Formulación y producción de Bandejas de Forraje Verde Hidropónico mixto de Maíz y Lenteja:** para iniciar la primera fase, se realiza un proceso de germinado de las semillas de maíz y lenteja por separado, en una solución de agua pura y agua de coco biche (50 % de cada sustancia). Paso seguido de la siembra de las semillas en las bandejas de acuerdo a los tratamientos establecidos:

- Tratamiento Testigo (T0): Dos bandejas con germinación de Maíz y Lenteja (Bandeja individual para Maíz e individual para Lenteja). Poseen un área aproximada de 1.050 cm<sup>2</sup> en promedio.  
En la bandeja de Maíz se siembra un aproximado de 600 gr y en la bandeja de Lenteja se siembra un aproximado de 400 gr, este peso se toma antes de realizar el remojo de las 24 horas.
- Tratamiento uno (T1): Una bandeja con una parte de Maíz (150 gr) y tres partes de Lenteja (300 (450) gr), dispuestas en franjas transversales de modo uniforme e intercalando los productos.
- Tratamiento dos (T2): Una bandeja con dos partes de Maíz (300 gr) y dos partes de Lenteja (200 (300) gr), dispuestas en franjas transversales de modo uniforme e intercalando los productos.
- Tratamiento tres (T3): Una Bandeja con tres partes de Maíz (450 gr) y una parte de Lenteja (100 (150) gr). dispuestas en franjas transversales de modo uniforme e intercalando los productos.

**5.5.2 Proceso de la investigación:** El proceso inicia con la identificación de los Camuros destinados a la prueba de suministro de Forraje Verde Hidropónico ya que la explotación es de carácter semi-extensivo; Los animales se alimentan a través de pastoreo, no se cuentan con instalaciones diseñadas para tal fin, sin embargo se utilizan

los corrales para bovinos (de anteriores explotaciones pecuarias), estos corrales presentan piso de cemento y techo, solo son utilizados por los Camuros para dormir o cuando se les va a suministrar agua o algún tipo de suplemento alimenticio como sales minerales.

Se tuvo en cuenta una población muestral de 30 individuos, tomados completamente al azar del grupo de Camuros con las mismas características: peso promedio de 25 Kg, edad promedio 3 meses, machos enteros y utilizados para levante-engorde, para cada tratamiento se destinó un total de 10 Camuros por tratamiento.

Tratamiento (T<sub>0</sub>): Pastoreo solamente

Tratamiento (T<sub>1</sub>): Pastoreo + 1 kg de FVH cada 3 días

Tratamiento (T<sub>2</sub>): Pastoreo + 1 kg de FVH cada 2 días

El suministro de este alimento no convencional se realizó en dos tiempos durante el día, uno a las 6:00 am (Hora en que los animales salen a pastorear) y otro a las 5 pm (hora en que los Camuros están regresando para dormir).

Para el Tratamiento T<sub>0</sub>, solo se le registró pesos, no se les dio alimentación adicional, solo lo que normalmente consumen ya que fue nuestra muestra testigo.

Para el Tratamiento T<sub>1</sub>, a los 10 ejemplares identificados con una marca roja en la pata trasera derecha se les suministró un (1) Kg de Forraje Verde Hidropónico Mixto de Maíz y Lenteja cada 3 días por cada uno de los animales de la muestra.

Para el Tratamiento T<sub>2</sub>, a los 10 ejemplares identificados con una marca azul en la pata trasera derecha se les suministró un (1) Kg de Forraje Verde Hidropónico Mixto de Maíz y Lenteja cada 2 días por cada uno de los animales de la muestra.

La toma de la información se hace cada 15 días con los tres tratamientos (T0, T1 y T2), esta se registra en tablas de control y se hace gracias a una báscula.

La evaluación del estudio se llevó a cabo en el período de cuatro meses en el segundo semestre de 2015. En este período los animales de los tratamientos uno (T1) y tratamiento dos (T2) reciben la suplementación de las bandejas de FVH.

La cantidad de alimento se determinó considerando que un oveja pelo consume una proporción equivalente al 3 % de su peso vivo en materia seca. En el caso del alimento concentrado se determinó que contenía un 87 % de materia seca, mientras que en el forraje verde hidropónico era del 10 %. Esto significa que para el Tratamiento 2, a un animal de 25 kg se le proporcionaron 1 kg de alimento concentrado por día y para el Tratamiento 2 en el mismo cálculo variaba el tiempo que se aplicaba.

El este proceso fue dividido en cuatro sub-periodos de tiempo. El sub-período A comprendió los primeros 30 días (0-30 días), el sub-periodo B los siguientes 30 días (31 al 60 días) y el sub-periodo C, los siguientes 30 días (61-90 días) y el el sub-periodo D, los siguientes 30 días (91-120 días)

**Tabla 1. Distribución de los Periodos de Estudio**

PERIODO	SUB-PERIODO	TIEMPO (días)
I	A	0 al 30
	B	31 al 60
	C	61 al 90
	D	91 al 120

Durante todo el proceso de investigación se tiene en cuenta todas las medidas fitosanitarias necesarias y control de enfermedades propias de los animales, llevando el programa sanitario sin ninguna modificación.

**5.5.3 Análisis de la información:** Al finalizar el trabajo de campo, se tabula la información obtenida en los dos tratamientos y se realiza un estudio estadístico para determinar si existen diferencias significativas entre las variables medidas de los tratamientos y poder emitir una conclusión basada en la validación de las hipótesis.

## **5.6 HIPÓTESIS**

**5.6.1 Hipótesis Nula:** Existe diferencia significativa entre los tratamiento utilizados respecto a la ganancia de peso, eso significa que los animales que consumen FVH mixto ganan mayor peso corporal.

**5.6.2 Hipótesis Alternativa:** No Existe diferencia significativa entre los tratamiento utilizados respecto a la ganancia de peso, eso significa no existe mayor ganancia de pesos en los animales que consumen FVH mixto.

## **5.7 LAS VARIABLES**

**5.7.1 La variable independiente:** Ganancia de Peso y Velocidad de crecimiento

**5.7.2 La variable dependiente:** Palatabilidad y consumo de FVH.

## 6. RESULTADOS

### 6.1. HALLAZGOS DE CAMPO

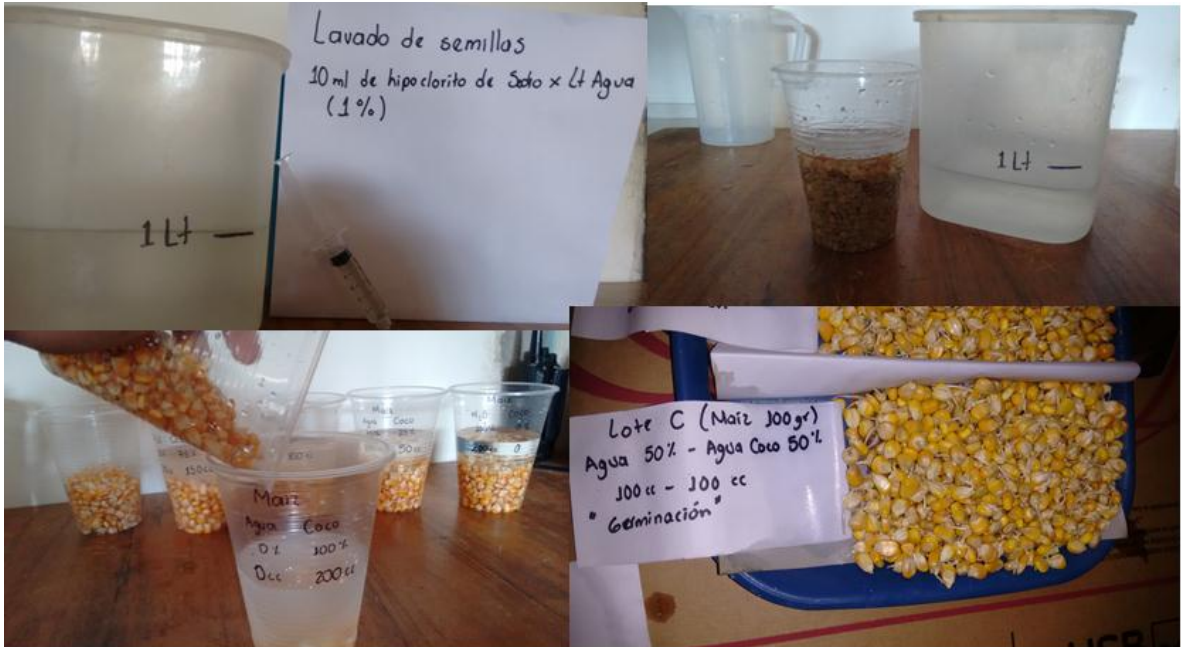
**6.1.1. Germinación de semillas:** Para evaluar la germinación del maíz, se dividió por porcentaje de concentración, es decir 25%, 50%, 75% y 100% de inclusión de agua de coco, para determinar la más conveniente para ser utilizada en los lotes de producción, los siguientes resultados:

**Tabla 2. Porcentaje de Germinación según la concentración de Agua de Coco**

LOTE	SOLUCION EN CONCENTRACION DE AGUA DE COCO				
	G 0	G 25	G 50	G 75	G 100
1	62	68	84	70	66
2	60	64	86	72	64
3	58	70	82	74	68
4	64	70	90	70	62
<b>PROMEDIO</b>	<b>61</b>	<b>68</b>	<b>85,5</b>	<b>71,5</b>	<b>65</b>

Se pudo observar que las semillas del maíz, reaccionan favorablemente al proceso de remojo por 24 horas con una solución de agua más endospermo líquido de coco (Agua de coco) con una concentración de 50 % de cada una de las sustancias, se está generando una emergencia hasta del 20 % más en comparación con los granos remojados en agua sola.

**Figura 1. Proceso de remojo de semillas para germinación**



En la Figura anterior, se observa el proceso con las diferentes concentraciones de agua de coco biche en la etapa de remojo para ser evaluadas en la germinación.

### 6.1.2. Calidad de las semillas:

**Figura 2. Mazorca de Maíz Variedad SY COOKY**



Fuente: SUNGENTA. Maiz sy cooky [en línea] disponible en: <http://www3.syngenta.com/country/es/sp/productos/Documents/ft/ft-maiz-sy-cooky.pdf>

En esta investigación, se utilizó la semilla de maíz la variedad SY COOKY, por su alto contenido de almidón y su alto porcentaje de germinación, los granos que ingresaron al proceso de germinación son de cultivo propio a partir de la siembra de material certificado.

Para asegurar una óptima producción se debe contar con semilla de la mejor calidad, ya que una pobre selección o baja calidad de la materia prima nos reduce significativamente el volumen del Forraje Verde Hidropónico. Existe entonces una limitante a la hora de conseguir la semilla en este municipio.

**Figura 3. Selección e impurezas de la semilla de maíz**



**6.1.3. Humedad** Es de vital importancia mantener un óptimo nivel de humedad. Se observó que al inicio del proceso las bandejas estaban reteniendo el agua (presentando encharcamiento), se vio reflejado en la aparición de hongos y

putrefacción de la semilla de lenteja; esta tiende a absorber y retener mayor cantidad de líquido. Como medida inmediata para solucionar este problema de hongos se desechó completamente este lote de producción, a la siguiente siembra se le retiró el papel periódico que se utilizaba como cama y se optó por hacerle perforaciones a las bandejas para facilitar la evacuación del agua.

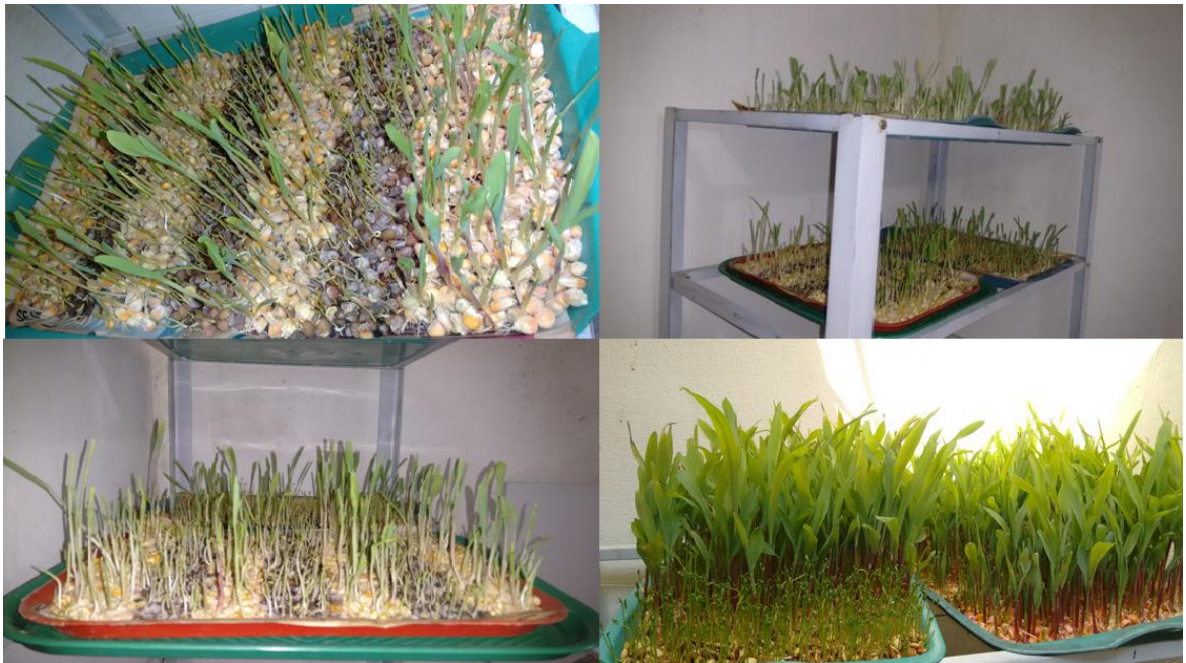
**Figura 4. Pudrición del FVH**



Se concluye entonces que al desarrollar este proceso en fincas o lugares donde no es tan fácil la estandarización del riego y se cuente con disponibilidad de agua, es aconsejable adecuar las bandejas con agujeros para evitar problemas con el exceso de humedad.

**6.1.4. Luminosidad** Se puede detallar que la ausencia de luminosidad afecta los procesos normales de fotosíntesis, estos a su vez limitan la producción de lignina y absorción de nutrientes, este pobre desarrollo de las plántulas se ve reflejado en la buena producción del cultivo, resistencia a ataques de insectos y hongos con relación a una buena exposición lumínica.

**Figura 5. Cambio de color en el FVH por falta de luminosidad**



**6.1.5 Bandejas** Se puede resaltar que entre más se pueda economizar en una producción mucho mejor, por eso se tiene como hallazgo que reciclar bandejas de desechadas de otras producciones es un gran método de ahorro. El único requisito es que se encuentren en buen estado y que permitan la siembra de semillas sin desperdiciar el material y que sean superficies planas.

**Figura 6. Bandeja de siembra FVH**



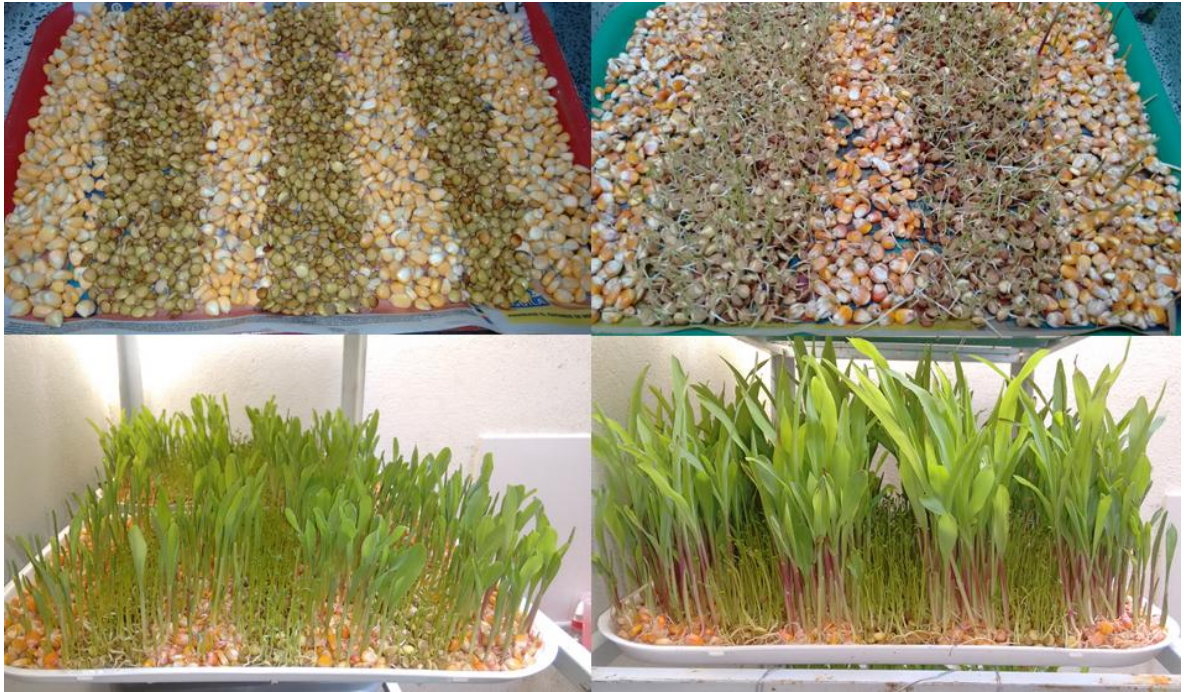
**6.1.6. Remojo:** Al realizar el remojo por 24 horas de las semillas, se puede observar una significativa ganancia de peso: En el caso de la lenteja hasta un 120 % y en el caso del Maíz hasta un 50 %.

**Figura 7. Proceso de la ganancia de peso por el de Remojo**



**6.1.7. Densidad de siembra** Como los granos de lenteja ganan peso y por ende volumen después del remojo por 24 horas, no ocupan el mismo espacio que 100 gramos de Maíz. Así mismo la densidad de siembra no puede ser la misma, las semillas de lenteja a la hora de la siembra no pueden tener el mismo grosor de 1,5 cm.

**Figura 8. Densidad de Siembra**



### **6.1.8. Observaciones de tratamientos de siembra**

**6.1.8.1. Tratamiento Uno ( $T_1$ ):** Las semillas de lenteja al ser mayor su absorción de líquido presentan una desventaja frente al maíz, ya que resulta más propensa al ataque de hongos o a la pudrición por acumulación de humedad, se tuvo que repetir varias veces este tratamiento. Se determinó regular la densidad de siembra distribuyendo los cultivos en franjas intercaladas. Este tratamiento se descartó ya que, si bien es cierto, ambas semillas llegan a feliz término al cabo de los 15 días realizando las correcciones necesarias en su producción: el Maíz presenta un óptimo desarrollo al estar acompañada de la lenteja (En comparación al Tratamiento Testigo), sin embargo este tratamiento no se ajusta las necesidades de Biomasa, ya que son inferiores de volumen con respecto a los demás tratamientos.

**Figura 9. Observaciones Tratamiento T1 de Siembra**



**6.1.8.2. Tratamiento Dos ( $T_2$ ):** Una bandeja con dos partes de Maíz y dos partes de Lenteja. Este tratamiento presenta un buen desarrollo tanto del maíz como de la lenteja, presenta buen desarrollo de forraje y buena emisión de raíces, sin embargo el volumen es inferior a la registrada con el Tratamiento n.3, lo cual nos representa un inconveniente ya que el objetivo de la investigación es generar volumen con buena calidad.

**Figura 10. Observaciones Tratamiento T2 de Siembra**



**6.1.8.3. Tratamiento Tres (T<sub>3</sub>):** Una Bandeja con tres partes de Maíz y una parte de Lenteja. Este tratamiento resulta ser el más apropiado ya que aporta la mayor cantidad de biomasa de los tres tratamientos y aprovecha a su vez los beneficios de su desarrollo combinado, al tener una leguminosa con lo es la lenteja le aporta encimas y aminoácidos que enriquecen el contenido nutricional del maíz en el FVH, el maíz en su cantidad aporta el volumen para suplementar la alimentación de esta especie menor. Con el fin de aprovechar al máximo los lixiviados de la lenteja en la bandeja de Forraje Verde Hidropónico, se optó por disponer el maíz y la lenteja en franjas intercaladas como se puede apreciar en los anexos.

**Figura 11. Observaciones Tratamiento T<sub>3</sub> de Siembra**



## **6.2. PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO REQUERIDO**

**Figura 12. Producción de Forraje Verde Hidropónico**



Para estimar la producción de forraje verde hidropónico por bandejas, que poseen una medida de 28 cm X 38 cm, donde aproximadamente 1.050 cm<sup>2</sup> de espacio para siembra, se realizó 7 lote secuenciales con diferencia de un día entre ellas, para obtener la producción por tratamiento, adicionalmente, el tratamiento control, donde se realiza siembra individual, se aplicó la denominación para T0-1 para el maíz y T0-2 para la lenteja para su identificación.

**Tabla 3. Producción de FVH en Bandeja/Tratamiento**

LOTE	PCC FVH /BANDEJA				
	T0-1	T0-2	T1	T2	T3
1	2,2	0,9	1,3	1,7	2,1
2	2,4	0,7	1,2	1,5	2,0
3	2,2	0,8	0,9	1,8	2,3
4	2,4	0,6	1,0	1,4	2,4
5	2,8	1,0	1,1	1,9	2,0
6	2,2	0,8	0,9	1,6	2,3
7	2,4	0,6	1,3	1,6	2,2
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,1</b>	<b>1,6</b>	<b>2,2</b>

En la tabla 4, se observa que la mayor producción se obtiene en bandejas con solo siembra de maíz, pero en el caso de la investigación la mejor opción es el tratamiento T<sub>3</sub> que tiene una producción 2,2 kg en 14 días y una combinación de 3 partes de maíz por una de lenteja.

**6.2.1. Estimación de la producción FVH** El suministro del Forraje verde Hidropónico, se realiza durante 120 días que dura la investigación, para el tratamiento T<sub>1</sub>, se ofrece a los animales 2,3 veces a la semana el suplemento en una cantidad de un kilogramo de forraje verde hidropónico por animal y T<sub>2</sub> se suministra cada 2 días de intervalo la misma cantidad de suplemento por animal, para el cálculo de la proyección de las bandejas, que se deben sembrar se tiene

que adicionar un 20% de desperdicio en el proceso, se utilizó para la siembra del FVH, la técnica resultante de 3 parte de maíz por una de lenteja.

**Tabla 4. Estimación de Producción de FVH en la Investigación**

TRATAMIENTO	T1	T2
TIEMPO	120	120
SUMINISTRO	Cada 3 días	Cada 2 días
REQUERIMIENTO (KG)	400	600
<b>SIEMBRA DE BANDEJA</b>	<b>220</b>	<b>329</b>

Según la tabla anterior, se requiere producir alrededor de 1.000 kg de FVH escalonado en 8 lotes que se deben producir 125 kg de FVH, esto traducido en 60 bandejas sembradas, en 6 estantes de 5 niveles.

**Figura 13. Estimación de Producción de FVH por lote**



### 6.3. PESAJE POR TRATAMIENTO

**Figura 14. Suministro y Consumo de FVH**



El proceso de pesaje, se aplicó cada 15 días y cada sub periodo tiene un periodo de 30 días, por tal motivo, durante el ejercicio de la investigación se realizó ocho (8) pesaje de la totalidad de los animales en los tres tratamiento, para después obtener el promedio por cada grupo de estudio.

El pesaje de los animales en estudio, se realizó antes de suministrarle el FVH en la hora de la mañana, el dato se obtuvo de bascula electrónica.

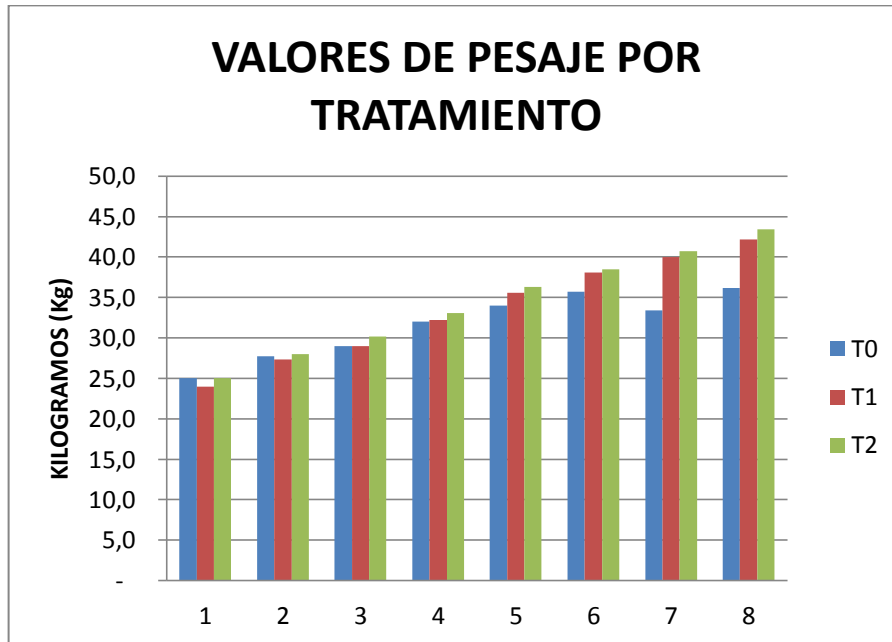
En la tabla 5, lo importante de resaltar es que el pesaje 7 en el tratamiento control existió una pérdida de peso en el promedio del grupo, periodo donde en el municipio, se presentó un verano intenso con compromiso de la vegetación de la sabana y de los potreros, lugar donde se alimentaban los animales de estudio.

Estos datos se reflejan en la tabla a continuación:

**Tabla 5. Pesaje por tratamiento.**

SUB-PERIDO	PESAJE	PESO EN kilogramos		
		T0	T1	T2
A	1	25,0	24,0	25,0
	2	27,7	27,3	28,0
B	3	29,0	29,0	30,2
	4	32,0	32,2	33,1
C	5	34,0	35,6	36,3
	6	35,7	38,1	38,5
D	7	33,4	40,0	40,7
	8	36,2	42,2	43,4

**Gráfica 1. Valores de Pesaje por Tratamiento**



En la gráfica, se observa el crecimiento muy similar de los tratamientos donde hasta el cuarto (4) pesaje no existía una diferencia significativa entre los

tratamientos, pero a partir con sexto (6) s empieza denotar más la diferencia entre el tratamiento control y los de estudio, llegando a tener una diferencia de más de 16,8%.

#### 6.4. GANANCIA DE PESO POR TRATAMIENTO

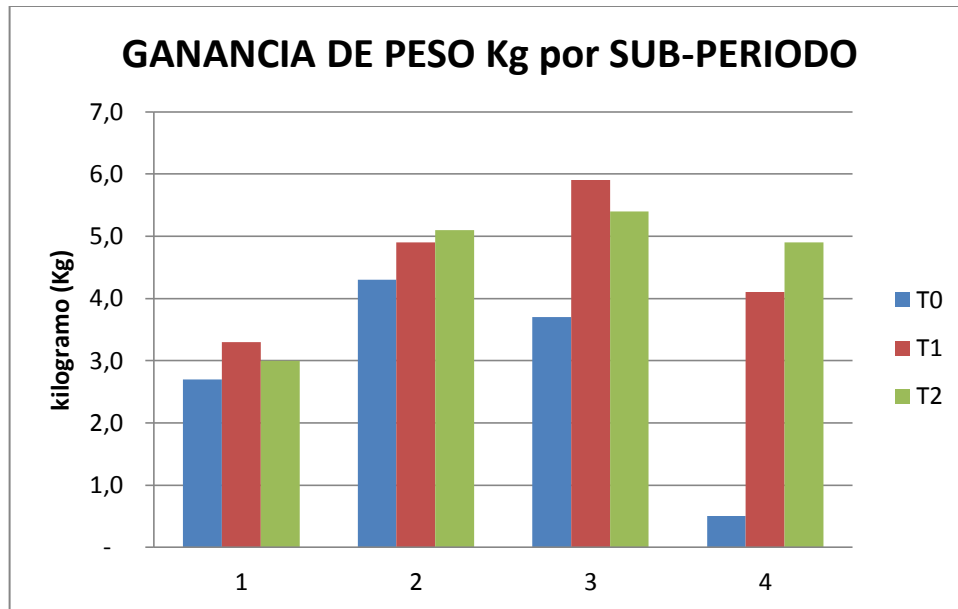
Para hallar la ganancia de peso total por tratamiento y subperiodo, se tuvo en cuenta el peso inicial de animal menos peso final del periodo, así sucesivamente en cada periodo, se aclara que a partir del subperiodo B el peso inicial era peso final del anterior periodo

**Tabla 6. Ganancia de peso promedio por Sub periodo**

SUB- PERIODO	GANANCIA DE PESO Kg		
	T0	T1	T2
A	2,7	3,3	3,0
B	4,3	4,9	5,1
C	3,7	5,9	5,4
D	0,5	4,1	4,9
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,8</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>

Al evaluar estadísticamente la ganancia de peso por animal en el periodo I, se observa que ésta fue menor ( $P < 0.05$ ) en los animales sometidos al tratamiento T0 (2,8 kg) con respecto a los animales al tratamiento T1 y T<sub>2</sub> (4,6 kg). Se puede concluir que no existe ninguna diferencia significativa entre los tratamientos de estudio T1 y T2, a pesar que existe una diferencia respecto T0 de 1,8 kg, no se puede concluir que el FVH incida directamente en la ganancia de peso, ya que en el subperiodo D, existió un periodo de sequía prolongado, por ende, el suplemento está relacionado directamente con evitar la pérdida de peso en los periodos de ausencia.

**Gráfica 2. Ganancia de peso Kg pro Sub-periodo**



En la gráfica anterior, se denota que el subperiodo D, el tratamiento  $T_0$  presento una reducción muy significativa respecto a los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$

### **6.5. GANANCIA DE PESO DIARIO**

Es bueno aclarar que en los animales en pastoreo, la ganancia de peso es sometidas a muchos factores que influyen para que esta no sea muy útil para determinar la más correcta, debido que la producción del pasto de consumo depende de las condiciones ambientales, conllevando que se recupere o se pierda peso fácilmente, pero los datos que se obtuvo fue promedio de los sub periodos para acercarse más a la realidad.

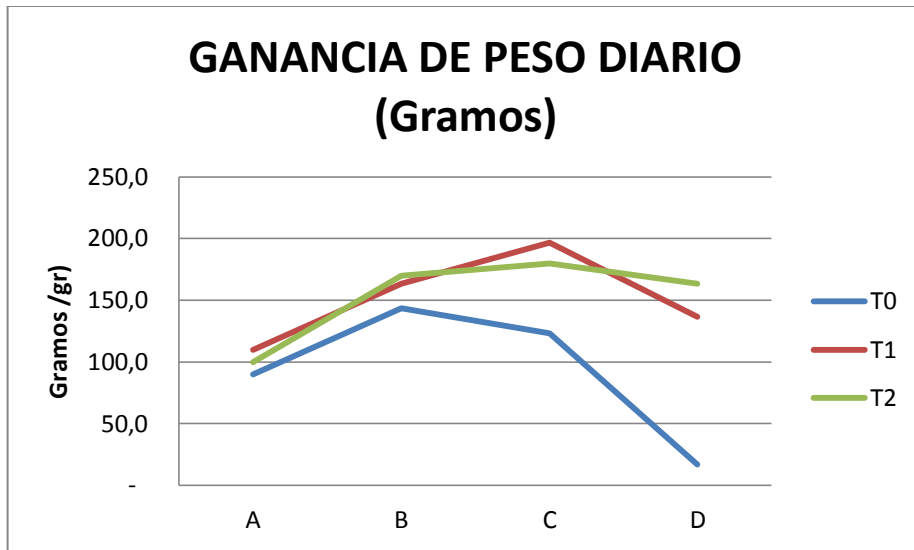
**Tabla 7. Ganancia de Peso Diario Por tratamiento**

SUB-PERODO	GANANCIA DE PESO DIARIO (Gramos)		
	T0	T1	T2
A	90,0	110,0	100,0
B	143,3	163,3	170,0
C	123,3	196,7	180,0
D	16,7	136,7	163,3
<b>PROMEDIO</b>	<b>93,3</b>	<b>151,7</b>	<b>153,3</b>

En el estudio del efecto que influye el Forraje verde Hidropónico mixto, se puede determinar que la suplementación con este elemento va directamente relacionada para evitar la pérdida de peso en las épocas de escases de alimento, ya que en el subperiodo D (verano intenso) el Tratamiento T<sub>0</sub> tuvo una desaceleración de peso de 86,46%. Por otro lado, analizando el promedio total de los tratamientos de estudio, se haya una diferencia significativa entre tratamiento control y los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> de más de 58,4 gramos diarios. Pero no se puede considerar, diferencia entre los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, por lo que, se deduce que es un mecanismo de suplementación para conservar la ganancia de peso sin importar el tipo alimento que se suministre en el periodo de levante y ceba.

Al realizar el análisis Estadístico de la ganancia de peso diario, No existe diferencia significativa, que se pueda definir cuál de los tratamientos es el mejor entre T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, pero en el tratamiento T<sub>0</sub> tiene una reducción en la ganancia muy significativa.

**Gráfica 3. Ganancia de Peso diario**



La diferencia en la ganancia de peso por día a favor del forraje verde hidropónico respecto al pastoreo, puede resultar muy importante desde el punto de vista económico, ya que, al evitar que se le aumente la etapa de levante en 21 días, se tendría más kilogramos de carne en canal para el mercado.

## 7. CONCLUSIONES

En proceso de germinación de las semillas de maíz y lenteja, se pudo observar y determinar que las semillas del maíz reaccionan favorablemente al proceso de remojo por 24 horas con una solución de agua más endospermo líquido de coco (Agua de coco) con una concentración de 50 % de cada una de las sustancias, se está generando una emergencia hasta del 20 % más en comparación con los granos remojados en agua sola, ya que esta solución aportaba micro elementos que contiene el coco al proceso, las semillas de lentejas reaccionaron en 36,5% mucho mejor en comparación a la semilla de maíz.

Para estandarizar el proceso del FVH mixto, se debe asegurar una óptima producción desde los puntos de vista de calidad de semilla, irrigación adecuado y manejo de bandeja para en el momento de la réplica del proceso se obtenga los mismos resultados favorables, de este proceso se debe contar con semilla de la mejor calidad, ya que una pobre selección o baja calidad de la materia prima nos reduce significativamente el volumen del Forraje Verde Hidropónico. Existe entonces una limitante a la hora de conseguir la semilla en este municipio.

Se concluye entonces que al desarrollar este proceso en fincas o lugares donde no es tan fácil la estandarización del riego y se cuente con disponibilidad de agua, es aconsejable adecuar las bandejas con agujeros para evitar problemas con el exceso de humedad.

Al evaluar estadísticamente la ganancia de peso por animal en el periodo I, se observa que ésta fue menor ( $P < 0.05$ ) en los animales sometidos al tratamiento T0 (2,8 kg) con respecto a los animales al tratamiento T1 y T<sub>2</sub> (4,6 kg). Se puede concluir que no existe ninguna diferencia significativa entre los tratamientos de

estudio T1 y T2, a pesar que existe una diferencia respecto T0 de 1,8 kg, no se puede concluir que el FVH incida directamente en la ganancia de peso, ya que en el subperiodo D, existió un periodo de sequía prolongado, por ende, el suplemento está relacionado directamente con evitar la pérdida de peso en los periodos de ausencia.

En el estudio del efecto que influye el Forraje verde Hidropónico mixto, se puede determinar que la suplementación con este elemento va directamente relacionada para evitar la pérdida de peso en las épocas de escasas de alimento, ya que en el subperiodo D (verano intenso) el Tratamiento T0 tuvo una desaceleración de peso de 86,45%. Por otro lado, analizando el promedio total de los tratamientos de estudio, se haya una diferencia significativa entre tratamiento control y los tratamientos T1 y T2 de más de 58,4 gramos diarios. Pero no se puede considerar, diferencia entre los tratamientos T1 y T2, por lo que, se deduce que es un mecanismo de suplementación para conservar la ganancia de peso sin importar el tipo alimento que se suministre en el periodo de levante y ceba.

## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda continuar con esta investigación desde el punto de vista administrativo, para conocer los costos reales de la implementación de la alimentación no convencional y los beneficios en época de ausencia de alimentación.

Realizar un estudio bromatológico y nutricional del forraje verde hidropónico mixto, para determinar la cantidad de nutrientes que se le suministra en las dietas formuladas con él.

## BIBLIOGRAFIA

ARANO, C. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos Aires, Argentina. 1998.

BIXIO, Cecilia. "Como planificar y evaluar en el aula". Propuestas y Ejemplos. Editorial Homosapiens. Chile. 2010. Pág. 48

CARÁMBULA, M; Terra, J. Alternativas de manejo de pasturas post-sequía. Revista Plan Agropecuario N° 91. Montevideo, Uruguay. 2000.

CARRASCO, G; IZQUIERDO. J. La Empresa Hidropónica de Mediana Escala: La Técnica de la Solución Nutritiva Recirculante ("NFT"). FAO- Univ. De Talca. Santiago, Chile. 1996.

CHANG, M; HOYOS, M; RODRÍGUEZ, A., Producción de Forraje Verde Hidropónico. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú. 2000.

FOX, R. Fábrica de Forraje. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 8. Lima, Perú. 2000.

HIDALGO, Miranda L. R. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. I. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile. 1985.

HUTERWAL, G. Hidroponía. Edit. Albatros, Buenos Aires, Argentina. 1992.

IZQUIERDO Juan, Oficial Regional de Producción Vegetal Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe Casilla 10095, Santiago, CHILE

LOMELÍ, ZÚÑIGA H. Agricultura. México. 2000.

MANUAL GRANJA INTEGRAL AUTOSUFICIENTE. Fundación Hogares Juveniles Campesinas. Quebecur world Bogotá D.C. pág. 138

MARULANDA, C; E IZQUIERDO, J. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". FAOPNUD. Santiago, Chile. 1993.

MORALES ORUETA, A. F. Forraje Hidropónico y su Utilización en la Alimentación de Corderos Precozmente Destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile. 1987.

ÑÍGUEZ CONCHA, M. E. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile. 1988.

ORTIZ SALAZAR J.A. Manual Técnico Forraje Verde hidropónico – alimentación no convencional, publicación particular, Bucaramanga. 2004. Pp 20-45

PALACIOS, M.F.; NIERI, F. Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Fisiología Vegetal Universidad Agraria La Molina. Lima. Perú. 1995.

PÉREZ Lagos, N. Efecto de la Sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza Artificial de Terneros. Facultad de

Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile 1987.

RAMOS, C. El Uso de Aguas Residuales en Riegos Localizados y en Cultivos Hidropónicos. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Valencia, España. 1999.

RESH, H. Cultivos Hidropónicos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 1992.

RODRÍGUEZ, A; CHANG, M; HOYOS, M; FALCÓN, F. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú. 2000.

RODRÍGUEZ, Sonia. Hidroponía: Una solución de Producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9. Lima, Perú 2000.

ROEL, A. Comportamiento de algunas variables climáticas. INIA Treinta y Tres. Montevideo, Uruguay. 1997.

SÁNCHEZ, A. Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 7. Lima, Perú. 2000.

SCHNEIDER, A. Alternativas Para Lecheras y Engordes: Forraje Verde Hidropónico. Revista El Campesino (Julio 1991). Santiago. Chile 1991.

STAFF, H. Hidroponía. SEBRAE. Cuiaba, Brasil 1997.

VALDIVIA, E. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú. 1996.

## ANEXOS

### Anexo A. Entrada a la Finca Risaralda propiedad del Sr. Ovidio Prada



## Anexo B. Instalaciones



**Anexo C. Áreas de pastoreo de los camuros.**



## Anexo D. Producción de FVH

