



**CENTRO UNIVERSITARIO DE NOR OCCIDENTE  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CONSORCIO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA -CRIA -**

## **Título**

**PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE HDROPONICO EN  
CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LA REGIÓN OCCIDENTAL  
DE GUATEMALA.**

Investigador principal

**CARLOS FERNANDO DIAZ PALACIOS**

Investigador Asistente

**SAMUEL ISAÍ RECINOS AGUSTÍN**

Guatemala mayo de 2020

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). Las opiniones expresadas en esta publicación son las de sus autores o institución a la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

## Resumen

Autores: 1 Carlos Fernando Díaz Palacios.  
2 Samuel Isaí Recinos Agustín.

El presente estudio se realizó en la región occidental de Guatemala, específicamente en la meseta de la Sierra de los Cuchumatanes, entre altitudes que oscilan entre 2,540 m.s.n.m hasta 3,897 m.s.n.m. y con amenazas presentes en la zona como las mencionadas por el perfil de medios de vida de Guatemala, entre las que sobresalen la disminución de las fuentes de agua, limitadas capacidades de obtener fuentes alternativas de empleo, disponibilidad limitada de tierra agrícola, entre otras. El objetivo principal fue validar la metodología recomendada por la FAO para la producción de forraje verde hidropónico FVH, en el área seleccionada. Los tratamientos evaluados como opciones tecnológicas estuvieron diferenciados por dos densidades de siembra de la siguiente manera: opción tecnológica uno 3 Kg/m<sup>2</sup> de semilla de Avena y la opción tecnológica dos con 3.5 Kg/m<sup>2</sup> de semilla de Avena. La producción de FVH fue comparada con la producción convencional del forraje de Avena. Al finalizar el estudio se concluyó que es posible la producción del Forraje de alta calidad con rangos de rendimiento y calidad nutricional similar a los reportados por distintos autores, existiendo diferencia significativa entre tratamientos, alcanzando el mayor rendimiento la opción tecnológica dos con 14.63 Kg/m<sup>2</sup> de FVH. Con relación al análisis económico se determinó que la tasa marginal de retorno tiene un valor de 54.54% con la implementación de la nueva tecnología para el caso de la opción tecnológica uno y 50.44% para la opción tecnológica dos, mientras que la tecnología del productor presenta un mejor porcentaje con 62.15%. Sin embargo, se considera que las ventajas del FVH están por encima del forraje producido convencionalmente. La tecnología es totalmente nueva para el productor y es razonable que tenga cierta reserva en la aceptación, además de que representa hacer una inversión inicial que no todos los productores tienen posibilidad de hacer. Sin embargo los productores jóvenes son los que muestran una mejor respuesta en la aceptación e implementación con casos de emprendimiento con la producción a mayor escala del FVH.

---

<sup>1</sup> Lic. Zoot. Carlos Fernando Díaz Palacios. Investigador principal USAC-CUNOROC.

<sup>2</sup> Br. Samuel Isaí Recinos Agustín. Tesista USAC.

## SUMMARY

Authors: <sup>3</sup> Carlos Fernando Díaz Palacios.  
<sup>4</sup> Samuel Isaí Recinos Agustín.

The present study was conducted in the western region of Guatemala, specifically on the Sierra de los Cuchumatanes plateau, at altitudes ranging from 2,540 m.a.s.l. to 3,897 m.a.s.l. and with threats present in the area such as those mentioned by Guatemala's livelihood profile, among which the decrease in water sources, limited capacities to obtain alternative sources of employment, limited availability of agricultural land, among others, stand out. The main objective was to validate the FAO recommended methodology for the production of HGF hydroponic green forage in the selected area. The treatments evaluated as technological options were differentiated by two planting densities as follows: technological option one 3 Kg / m<sup>2</sup> of Oat seed and technological option two with 3.5 Kg / m<sup>2</sup> of Oat seed. For the production of HGF compared to the conventional production of Avena fodder. At the end of the study, it was concluded that it is possible to produce high-quality forage with performance ranges and nutritional quality similar to those reported by different authors, with a significant difference between treatments, with the highest yield reaching technological option two with 14.63 Kg / m<sup>2</sup> from HGF. Regarding the economic analysis, it was determined that the marginal rate of return has a value of 54.54% with the implementation of the new technology for the case of technological option one and 50.44% for technological option two, while the technology of the producer presents a better percentage with 62.15%. However, the benefits of HGF are considered to outweigh conventionally produced forage. The technology is completely new to the producer and it is reasonable that it has a certain acceptance, in addition to representing an initial investment that not all producers have the possibility to make. However, young producers are those that show a better response in the acceptance and implementation with cases of entrepreneurship with production on a larger scale.

---

<sup>3</sup> Lic. Zoot. Carlos Fernando Díaz Palacios. Investigador principal USAC-CUNOROC.

<sup>4</sup> Br. Samuel Isaí Recinos Agustín. Tesista USAC.

## **Lista de siglas y acrónimos**

**ACORDI** Asociación de Comunidades par el Desarrollo Integral

**ADECAF** Asociación para el desarrollo de comunidades Agrícolas y Forestales

**ADINUT** Asociación para el Desarrollo Integral de agricultores Tinecos

**CRIA** Consorcio Regional de Investigación Agropecuaria

**CUNOROC** Centro Universitario de Nor Occidente

**FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**MAGA** Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación

**USAC** Universidad de San Carlos de Guatemala

**USDA** United States Department of Agriculture/Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

# Índice

|        |  |    |
|--------|--|----|
| I.     | Introducción .....   | 1  |
| II.    | Marco Teórico.....   | 2  |
| 2.1    | El Forraje Verde Hidropónico FVH.....                                      | 2  |
| 2.2    | Métodos de Producción FAO (2001) .....                                     | 2  |
| 2.3    | Condiciones agroclimáticos de la sierra de los Cuchumatanes .....          | 7  |
| 2.4    | Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes..... | 5  |
| III.   | Objetivos .....  | 9  |
| IV.    | Hipótesis.....   | 10 |
| V.     | Metodología .....  | 10 |
| 5.1    | Localidad y época: .....   | 10 |
| 5.2    | Diseño experimental:.....  | 10 |
| 5.3    | Tratamientos:.....   | 10 |
| 5.4    | Tamaño de la unidad experimental: .....                                    | 10 |
| 5.5    | Modelo estadístico: .....  | 11 |
| 5.6    | Variables a evaluar .....  | 11 |
| 5.7    | Análisis de la información: .....  | 11 |
| 5.7.1  | Estadístico. ....  | 11 |
| 5.7.2  | Análisis Financiero.....   | 11 |
| 5.7.3. | Análisis social. ....  | 11 |
| 5.8    | Manejo del experimento:.....   | 12 |
| VI.    | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....  | 16 |
| 6.1    | Análisis Económico.....  | 20 |
| 6.3    | Opinión del productor .....  | 22 |
| 6.4    | Pruebas de Consumo .....   | 23 |
| VII.   | CONCLUSIONES .....   | 24 |
| VIII.  | RECOMENDACIONES .....  | 25 |
| IX.    | REFERENCIAS BIBLIOGRAFIA.....  | 27 |
| X.     | ANEXOS.....  | 28 |

## **I. Introducción**

En el occidente guatemalteco, la producción de forraje de buena calidad está limitada a la época lluviosa, esto debido a las condiciones agroclimáticas de las altitudes características de la región que según el Mapa topográfico de la Sierra de los Cuchumatanes, van desde 2,540 m.s.n.m hasta 3,897 m.s.n.m.. Esto ha implicado tener animales en pastoreo en la época lluviosa y la provisión de forraje para la época seca. En los años en que las lluvias son regulares se obtienen producciones importantes del alimento, sin embargo, en los años en que la sequía afecta la zona, se complica la producción de forraje impactando directamente en la alimentación y reproducción del ganado.

En investigaciones recientes realizadas por CRIA (sin publicar) se demostró que la estacionalidad reproductiva del ovino local está condicionada a la baja calidad de alimento que se provee en época seca. Esto motiva a realizar investigaciones en la producción de alimento de buena calidad a lo largo del año que optimice la producción y reproducción del ganado. Se propuso validar la producción de forraje verde hidropónico a partir de semilla de Avena Forrajera, tomando en cuenta que es una semilla adaptada a la región y que se produce en la zona. Para el efecto se instalaron los ensayos experimentales en varias localidades, ubicadas en el departamento de Huehuetenango, utilizando en la validación la tecnología de la FAO. En el presente informe se dan a conocer los resultados obtenidos en la evaluación.

## II. Marco Teórico

**2.1 El Forraje Verde Hidropónico FVH:** es el resultado del proceso de germinación de granos de semillas de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, trigo, alfalfa) sobre bandejas, durante un periodo de 7 a 14 días, las cuales captan y transforman la energía del sol y asimilan los minerales de la solución nutritiva.

### 2.2 Métodos de Producción FAO (2001)

**Selección de la Semilla:** En términos ideales, se debería usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se deben utilizar las semillas de los cultivos de grano que se producen a nivel local. Es muy conveniente también que las semillas elegidas para la producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con curasemillas, 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. El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que se dejan 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 semillas 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 de las semillas con agua limpia.

**Remojo y germinación de las semillas.** Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa imbibición. Este tiempo se dividirá a



su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas se procede a sacarlas, escurrirlas y orearlas durante 1 hora. Acto seguido se sumergen nuevamente por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado. Mediante este fácil proceso se está induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que se le efectúa a su embrión. Esta pre germinación asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo se estará utilizando semillas que ya han brotado y por lo tanto su posterior etapa de crecimiento estará más estimulada. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas. Este fenómeno bioquímico es lo que estaría explicando por qué se acelera el crecimiento de la semilla cuando se deja en remojo por un periodo no superior a 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. Se debe 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 las semillas en germinación. Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas y a razón de un mínimo de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla.

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

**Siembra en las Bandejas e Inicio de los Riegos.** Realizados los pasos previos, se procede a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuye una delgada capa de semillas pre germinada, la cual no debe sobrepasar 1,5 cm de altura o espesor. Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas 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 semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación.

Mediante esta técnica se le proporciona a las semillas condiciones de alta humedad y una óptima temperatura para favorecer la completa germinación y crecimiento inicial. Debe recordarse 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. 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 aspersion 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.

**Riego con Solución Nutritiva.** Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. En 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 “ $\frac{1}{4}$  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 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 estaba aplicando 1 litro de solución nutritiva por metro cuadrado y por día, el día 12 y 13 se aplicaran 2 litros por metro cuadrado y por día. Este es un detalle importante de recordar como condición de manejo al planificar la cosecha. En términos generales, entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Sin embargo si se necesita forraje, se puede efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días.

**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 semillas 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 salvo el asociado a un descenso de la calidad nutricional.

### **2.3 Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes**

Cáceres y González (2015) proponen que es sumamente importante la búsqueda de nuevas especies forrajeras de mayor productividad y, por consiguiente, conocer lo más exactamente posible su valor alimenticio durante el proceso de selección y evaluación.

El valor alimenticio de un forraje depende de su valor nutritivo y de su aceptabilidad, por lo que se hace necesario, además de medir su composición bromatológica y digestibilidad, conocer la cantidad ingerida por los animales, para lo cual se debe utilizar el método in vivo que es más preciso y próximo a la realidad; el más práctico y de menor costo es el realizado con ovinos alojados en jaulas de metabolismo.

## **Principio de la metodología**

El contenido de nutrimentos (materia seca, proteína bruta, fibra bruta, materia orgánica y cenizas) es determinado por los métodos tradicionales, conocidos en su conjunto como análisis bromatológicos; la digestibilidad de los diferentes nutrimentos es determinada a partir de lo ingerido y lo excretado en heces por el animal y puede ser calculada como sigue.

$$\% \text{ Digestibilidad} = \frac{\text{Ingerido} - \text{excretado} \times 100}{\text{Ingerido}}$$

La cantidad de forraje voluntariamente ingerida por el animal se determina sobre la base del alimento ofrecido y el residuo, para lo cual hay que pesar lo más exactamente posible el forraje que se pone a disposición de los animales diariamente y el residuo que queda de este; se calcula de la forma siguiente.

$$\text{Forraje ingerido} = \text{Forraje ofrecido} - \text{forraje rechazado}$$

Debido a que en la práctica los animales generalmente pueden seleccionar el alimento, para que el consumo sea voluntario es necesario ofrecer entre un 10 y 20 % por encima de lo que puede ser consumido diariamente, de forma tal que siempre exista un residuo que no limite la ingestión. El porcentaje de este residuo está en dependencia del tipo de forraje; el más bajo (10 %) corresponde a los que tienen mayor proporción de hojas y el más alto (20 %) a los que tienen más tallos, por lo que debe ajustarse diariamente la cantidad de forraje ofrecido a los animales. Debe evitarse que las variaciones de los residuos sean muy diferentes, pues es conocido que a medida que se incrementa la oferta y, por consiguiente, el residuo, el animal podrá seleccionar las partes más nutritivas, por lo que además de alejarse de la realidad práctica, no permitirá hacer comparaciones entre diferentes muestras de forraje.

## **2.4 Condiciones agro socioeconómicas de la sierra de los Cuchumatanes**

El Perfil de Medios de Vida de Guatemala (2009) describe la topografía montañosa de la zona con marcadas diferencias en la agricultura, ya que la altura, el clima y el tipo de suelo son determinantes en esta actividad. La tierra es de vocación forestal. No obstante, por necesidad, los terrenos se han destinado a la siembra de granos básicos, a pesar de su bajo rendimiento.

La población, independientemente del grupo al que pertenezca, obtiene sus alimentos de la compra. La mayoría del sector extremadamente pobre y pobre depende, sobre todo, de la venta de su mano de obra no calificada para la obtención de ingresos. El grupo medio, por otro lado, tiene como fuentes de ingreso el comercio formal e informal, la recepción de remesas externas y el trabajo formal asalariado. Existen zonas de ecoturismo, específicamente en el municipio de Todos Santos Cuchumatán, donde el flujo turístico es, mayoritariamente de origen extranjero, pero en esta actividad sólo participa y se beneficia un porcentaje mínimo de la población.

Las principales interacciones de los pobladores con otras zonas se producen mediante la migración. Una minoría va hacia la zona 11, para el corte de café y, a la zona 6, para el comercio. Hacia México se dirigen en forma temporal para trabajar en construcción; a Estados Unidos, el viaje es permanente. El ingreso de remesas provenientes de este último país es un factor importante en las fuentes de ingresos económicos de la región.

La de población indígena pertenece a diferentes grupos étnicos que se dedican a la producción de cultivos de maíz y frijol para el autoconsumo. Las mujeres laboran en actividades domésticas, pastoreo de animales y recolección de leña. Una pequeña parte de las actividades productivas se encuentra relacionada con la minería, pues existen yacimientos de sal negra en el municipio de San Mateo Ixtatán, de esta actividad se beneficia una minoría de pobladores. Es difícil que se dé la explotación de otro mineral pues los pobladores se oponen a la explotación minera.

### **2.4.1. Las principales amenazas presentes en la zona, según el perfil de medios de vida de Guatemala:**

- Irregularidad de las lluvias. Esto es, variaciones en el período de lluvia.

- Disminución de las fuentes de agua. La disminución de las fuentes de agua para riego en los cultivos se debe a la deforestación. Los grupos socioeconómicos de los extremadamente pobres y pobres no tienen acceso a sistemas de riego, razón por la que no cuentan con alternativas para la producción, dependiendo únicamente de la estación lluviosa. Esto implica poca producción y restricción en la variedad de alimentos.
- Limitadas capacidades de obtener fuentes alternativas de empleo. El bajo nivel de escolaridad no les permite ingresar al mercado laboral con facilidad.
- Disponibilidad limitada de tierra agrícola. El no contar con tierras de buena calidad y las fuertes pendientes que hay en las tierras constituyen una amenaza latente.
- Plagas y enfermedades de los cultivos. Son posteriores a los cambios de temperatura y ocurren entre las transiciones de época seca a lluviosa. Se dan todos los años. Afectan a los tres grupos socioeconómicos. Los extremadamente pobres y pobres son los más afectados, debido a que no cuentan con recursos para la compra de químicos para combatir las enfermedades y las plagas.
- En cuanto al acceso a los fertilizantes del Gobierno, los menos favorecidos son los pobres y los extremadamente pobres, pues carecen de recursos para comprarlos.
- Enfermedades de las personas. Las personas extremadamente pobres y pobres son las más vulnerables a las enfermedades, ya que cuentan con menos recursos para invertir en gastos médicos. Otro factor que incide en la salud es que no todas las comunidades cuentan con atención en salud.
- Aumento de precios de granos básicos. Esta amenaza se da año con año y se presenta en épocas que coinciden con la oferta y demanda de los productos. Algunos factores que pueden incidir son, entre otros, la pérdida de cultivos y el aumento de los precios de los combustibles. El grupo de los extremadamente pobres es el que se ve más afectado por los aumentos.
- Cambio climático. Es una amenaza potencial puesto que, con el calentamiento de la tierra y desecamiento de las fuentes de agua, las posibilidades productivas se debilitan.

- Incendios. Afectan a los bosques, que de por sí son escasos. Ocurren en los meses de enero a abril y contribuyen al deterioro del medio.
- Heladas. Se presentan en los meses de noviembre, diciembre y, en algunos casos, en enero y febrero (heladas negras o tardías). Tienen un impacto directo en los cultivos, lo que repercute en la pérdida de fuentes de alimentos.
- Vientos. Dañan los cultivos, especialmente los que se ubican en las áreas más altas. Los extremadamente pobres y pobres son los que se ven más afectados, ya que dependen, en su mayoría, de la siembra para el autoconsumo. Impacta en las fuentes de alimento, debido a que, en muchas ocasiones, los vientos se dan en junio y dañan las siembras, impidiendo la formación del elote.
- Avance de la frontera agrícola. El incremento de la deforestación, debido a la necesidad de crear nuevas zonas para cultivos, se relaciona con la reducción de las fuentes de agua. A ello se agrega que las tierras son de vocación forestal y no para cultivos de granos básicos, lo que resulta en un bajo rendimiento de los cultivos

### **III. Objetivos**

#### **Objetivo general**

Validar la metodología de producción de forraje verde hidropónico de la FAO en las condiciones agroclimáticas de del departamento de Huehuetenango.

#### **Objetivos específicos**

- Determinar el rendimiento de forraje por metro cuadrado y la calidad bromatológica. (FVH).
- Establecer la tasa marginal de retorno a capital según opciones tecnológicas a validar en comparación con las del agricultor.
- Demostrar los resultados de la tecnología y que los agricultores y miembros de la cadena productiva acepten la tecnología a validar.

## IV. Hipótesis

Las condiciones agroclimáticas del occidente de Guatemala no influyen en la cantidad producida y la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico.

## V. Metodología

### 5.1 Localidad y época:

#### 5.1.1 Localidades

**Cuadro1.** Localidades donde se ubicaron los ensayos experimentales de producción de forraje verde hidropónico, en la sierra de los Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala.

| Colaborador                  | Localidad                                     | Coordenadas geográficas |              |
|------------------------------|---|-------------------------|--------------|
|                              |   | Lat. N                  | Long. O      |
| Cooperativa Joya Hermosa     | Aguacatán, Huehuetenango                      | 15°23'20.40"            | 91°21'01.68" |
| Asociación ACORDI            | Chiantla, Huehuetenango                       | 15°24'34.64"            | 91°25'47.07" |
| Cooperativa Paquixeña        | Chiantla, Huehuetenango                       | 15°26'42.73"            | 91°27'13.57" |
| Asociación ADINUT            | Todos Santos, Huehuetenango                   | 15°30'33.41"            | 91°36'33.41" |
| Cooperativa Rafaeleña,       | San Rafael la Independencia,<br>Huehuetenango | 15°42'13.87"            | 91°32'01.32" |
| Asociación ASILVO<br>Chancol | Chiantla, Huehuetenango                       | 15°24'40.02"            | 91°32'01.32" |
| Asociación ADECAF            | Todos Santos, Huehuetenango                   | 15°34'01.45"            | 91°32'01.32" |

**5.1.2 Época:** agosto 2019 a marzo 2020.

**5.2 Diseño experimental:** Parcelas apareadas.

#### 5.3 Tratamientos:

Opción 1: Densidad de siembra de 3.00 kg de semilla de avena por metro cuadrado.

Opción 2: Densidad de siembra de 3.5 Kg de semilla de avena por metro cuadrado.

Testigo del agricultor: Producción de a Avena en campo cosechada en estado vegetativo de prefloración.

#### 5.4 Tamaño de la unidad experimental:

Invernaderos de 4 mts por 3.5 mts. según recomendación de FAO.



## 5.5 Modelo estadístico:

$$Y_i = M + T_i + e_i$$

Dónde:

$Y_i$  = Valor observado en la  $Y_i$ ésima unidad experimental.

$M$  = efecto de la media general de los tratamientos.

$T_i$  = Efecto del  $i$ ésimo tratamiento.

$E_i$  = Efecto del error experimental en la  $i$ ésima unidad.

## 5.6 Variables a evaluar

- Rendimiento en Kg/m<sup>2</sup>
- Análisis bromatológico del alimento producido.
- Costo beneficio.
- Opinión del productor.

## 5.7 Análisis de la información:

### 5.7.1 Estadístico.

- Prueba de T para muestras independientes

### 5.7.2 Análisis Financiero.

- Tasa Marginal de Retorno

### 5.7.3. Análisis social.

- Aceptación de la tecnología.

## **5.8 Manejo del experimento:**

### **5.8.1 Instalaciones**

Para las validaciones de la producción del forraje verde hidropónico se construyó un invernadero por localidad de 7 m<sup>2</sup> de superficie, de tubo galvanizado, con cubierta de malla tipo Raschel blanca (60% de sombra).

Dentro del invernadero se instaló un módulo de producción de FVH de madera de 4 pisos (1,6 m largo, 1,2 m ancho, 2 m alto) con capacidad de almacenamiento de 32 bandejas plásticas con drenaje basal (50 cm largo, 40 cm ancho, 5 cm profundidad).

### **5.8.2 Selección de la Semilla:**

Se utilizó semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptada a las condiciones locales, de probada germinación y rendimiento, libres impurezas y fundamentalmente libres de pesticidas tóxicos.

### **5.8.3 Pruebas de germinación:**

Se realizaron pruebas de germinación de las semillas de avena bajo condiciones controladas en cámara de germinación a 20 °C de temperatura durante 3 días (100 semillas por placa de muestra), empleando papel absorbente para mantener la humedad. Para las semillas evaluadas, se consideró como criterio de germinación la protrusión de la radícula a través del tegumento seminal (Salisbury y Ross, 2000). Las variables medidas fueron porcentaje de germinación en un período de 7 días y tasa media de germinación según Hidalgo (1985).

$TMG = \frac{\sum g_t}{t \cdot n} = (1)$  donde,

TMG = tasa media de germinación;

t = tiempo (DDS);

gt = número de plántulas obtenidas en el día t

### **5.8.4 Lavado de la semilla:**

Las semillas se lavó y desinfectó 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 tuvo por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes, y liberarlas de residuos. El tiempo que se dejaron las semillas en la solución de hipoclorito o “lejía”, fue de 3 minutos. Finalizado el lavado se procedió a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

#### **5.8.5 Remojo y germinación de las semillas.**

Esta etapa consistió en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergiéndola completamente en agua limpia por un período no mayor a las 24 horas para lograr una completa pureza. Este tiempo se dividió a su vez en 2 períodos de 12 horas. Cada 12 horas se procedió a sacar la semillas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Nuevamente por 12 horas para realizar el último oreado.

La etapa de remojo o pre germinación se realizó con las semillas colocadas dentro de una bolsa que facilitara el escurrido, las cuales fueron sumergidas en recipientes de material plástico. Se utilizó suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas a razón de 0,8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla.

#### **5.8.6 Dosis de Siembra.**

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado osciló entre 3 a 3,5 Kg/m<sup>2</sup> como opciones tecnológicas.

Se procedió a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuyó una delgada capa de semillas pre germinadas, la cual no sobrepaso 1,5 cm de altura o espesor.

Luego de la siembra se colocó por encima de las semillas una capa de papel periódico el cual también estaba mojado, se tapó con un plástico negro recordando que las semillas debía estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta la germinación. Una vez detectada la brotación completa de las semillas se retiró el plástico negro y el papel.

### **5.8.7 Riego de las bandejas.**

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH se realizó con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. Al comienzo (primeros 4 días) no se aplicó 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 estuvo de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH. Un indicador práctico que se consideró fue no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encontraban levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular. Las cantidades de agua de riego fue dividida en varias aplicaciones conforme las condiciones del día.

### **5.8.8 Riego con Solución Nutritiva.**

Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comenzó el riego con una solución nutritiva. Las dosificaciones de nutrientes fueron 192,84 mg L<sup>-1</sup> de N, 24,9 mg L<sup>-1</sup> de P, 190 mg L<sup>-1</sup> de K, 100 mg L<sup>-1</sup> de Ca y 67 mg L<sup>-1</sup> de Mg.

Cuando se llegó a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizó exclusivamente con agua con el objetivo de eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces.

### **5.8.9 Cosecha:**

La cosecha de FVH se realizó entre los días 12 a 14.

### **5.8.10 Calidad Nutritiva.**

Se realizó un Análisis Químico proximal en el laboratorio de bromatología de la facultad de medicina veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **5.8.11 Pruebas de consumo**

Durante 5 días se ofreció el FVH, a un lote de 10 corderos en crecimiento con un promedio de edad de 06 meses y un promedio de peso 30 Kg, El forraje se sirvió como primera porción del día en los comederos en los cuales normalmente se alimentan los animales proporcionando 400 gr/animal/día.

La cantidad de forraje voluntariamente ingerida por el animal se determinó sobre la base del alimento ofrecido y el residuo, para lo cual se pesó el forraje que se puso a disposición de los animales diariamente y el residuo que queda de este. El cálculo se realizó de la forma siguiente. Cáceres y Gonzales (2017).

**Forraje ingerido** = Forraje ofrecido - forraje rechazado

Se utilizaron tres rangos de aceptación según el consumo del alimento:

Excelente: (E): principal selección con consumo total.

Mediano: (M): principal selección con consumo parcial.

Descartado: (D): no selección, no consumo.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Cuadro 1:** Rendimiento en Kg/m<sup>2</sup> del forraje verde hidropónico en 07 localidades de los Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala.

| BLOQUE | TRATAMIENTO  | RENDIMIENTO PROMEDIO Kg/m <sup>2</sup> |
|--------|--------------|--|
| 1      | Avena 3 kg   | 13.37                                  |
| 2      | Avena 3.5 kg | 14.63                                  |
| 3      | Testigo      | 4.27                                   |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo

**Cuadro 2:** Análisis de Varianza para el rendimiento en Kg/m<sup>2</sup> del forraje verde hidropónico en 07 localidades de los Cuchumatanes, Huehuetenango, Guatemala.

| Análisis de la varianza |    |                |                   |      |
|-------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| Variable                | N  | R <sup>2</sup> | R <sup>2</sup> Aj | CV   |
| RENDIMIENTO             | 21 | 1              | 1                 | 2.73 |

| Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) |        |    |        |         |         |
|---|--------|----|--------|---------|---------|
| F.V.  | SC     | gl | CM     | F       | p-valor |
| Modelo.   | 447.7  | 2  | 223.85 | 2603.09 | <0.0001 |
| TRATAMIENTO                                     | 447.7  | 2  | 223.85 | 2603.09 | <0.0001 |
| Error   | 1.55   | 18 | 0.09   |         |         |
| Total   | 449.25 | 20 |        |         |         |

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.32931

Error: 0.0860 gl: 18

| TRATAMIENTO  | Medias | n | E.E. |   |
|--------------|--------|---|------|---|
| Avena 3.5 kg | 14.63  | 7 | 0.11 | A |
| Avena 3 kg   | 13.37  | 7 | 0.11 | B |
| Testigo      | 4.27   | 7 | 0.11 | C |

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

Se procede a realizar la discriminación múltiple de media de Duncan al rendimiento de los tratamientos bajo estudio. La cual determinó que existen tres grupos de medias distintos. El primero formado por el tratamiento Avena 3.5 kg con un rendimiento medio de 14.63 kg estadísticamente superior al resto de tratamientos. El segundo grupo de media formado por el tratamiento Avena 3 kg con un rendimiento medio de 13.37 kg, El tercer grupo lo formó

el tratamiento testigo del agricultor con rendimiento medio de 4.27 kg/ha, siendo superado con una diferencia de 10.46 kg respecto al tratamiento Avena 3.5 kg.

Los datos de rendimiento de materia verde en kilogramos por metro cuadrado se analizaron por medio del análisis de la varianza ANDEVA, en el cual cada localidad constituye un bloque o repetición.

Las diferencias de medias entre las opciones tecnológicas es significativa, el sembrar con una mayor densidad puede beneficiar la producción garantizando el porcentaje de germinación y el rendimiento de materia verde en Kilogramos por metro cuadrado, al final todo el alimento es aprovechado, así lo demostraron las pruebas de consumo realizadas según veremos mas adelante.

La diferencia de rendimiento entre el tratamiento testigo es inferior con diferencias de 10.36 y 9.10 Kg/m<sup>2</sup> de las opciones tecnológicas 1 y 2 respectivamente, esto toma relevancia si consideramos que en la producción de FVH se da en un máximo de 20 días, mientras que la producción en campo puede llegar hasta 90 días. Si bien es cierto que el contenido de MS en la producción de FVH es bajo comparado con la producción de Avena en campo, esto se compensa con la cantidad que se produce en 90 días, además de que los contenidos nutricionales que alcanza el FVH es superior en éste periodo de producción.

El rendimiento alcanzado de FVH en Kg/m<sup>2</sup> superó al reportado por Cerrillo et al. (2012) quienes alcanzaron una producción de biomasa de 13.0 kg FVH/m<sup>2</sup> con calidades nutricionales en proteína 15.6% en materia seca (MS). Y está dentro del rango publicado por el Instituto Mexicano de tecnología del Agua, quienes afirman que en condiciones normales se espera un rendimiento entre 15 y 20 kg/m<sup>2</sup> de cultivo y una conversión de 1:8 a 1:10 en la relación semilla – forraje.

**Cuadro 3:** Contenido nutricional del forraje verde hidropónico producido en las condiciones agroclimáticas del occidente de Guatemala

| No. | Tratamiento    | M.S.T. % | PC %  | EE % | FC %  | ELN % | CENIZAS % |
|-----|----------------|----------|-------|------|-------|-------|-----------|
| 1   | Avena 3 kg     | 15.68    | 17.54 | 6.21 | 27.64 | 44.40 | 4.32      |
| 2   | Avena 3.5 kg   | 16.61    | 17.31 | 6.13 | 27.74 | 45.25 | 4.45      |
| 3   | Avena en campo | 25.86    | 06.78 | 1.22 | 33.26 | 49.34 | 8.58      |

M.S.T. = Materia Seca Total. PC = Proteína Cruda. EE = Extracto Etereo. FC= Fibra Cruda. ELN = Extracto Libre de Nitrógeno.

En el cuadro 3 conviene señalar dos aspectos muy importantes: uno está relacionado a la producción de materia seca total de las opciones tecnológicas que es menor en relación al testigo, sin embargo es importante recalcar que para su producción las opciones tecnológicas ocuparon alrededor de 20 días, mientras que la producción en campo necesitó 90 días, esto significa que con dos producciones de FVH, se superaría la producción de M.S.T. de la producida en campo. Si a esto le añadimos que en 90 días podríamos producir al menos 4 ciclos de FVH alcanzaría una producción de 58.52 y 53.48 kg/m<sup>2</sup> con las opciones tecnológicas versus 4.26 Kg/m<sup>2</sup> de la producción en campo. Por otro lado tenemos el contenido de proteína cruda PC, en el FVH se alcanza un 17% mientras que la Avena producida en campo alcanzó un 6.78%. Como ya se mencionó el FVH está en desventaja en relación al contenido de materia seca total, sin embargo esto se ve compensado en el rendimiento de la producción por Kg/m<sup>2</sup>, además el porcentaje de digestibilidad reportado por FAO (2001) alcanza hasta el 80% comparado con una digestibilidad del forraje de Avena del 47%. En relación al extracto etéreo EE, el análisis determina que para el caso del FVH el contenido de aceites en el alimento producido es superior al testigo, lo que es muy conveniente por la energía que aporta al momento de calcular una dieta balanceada. Con relación a la fibra cruda FC para los rumiantes como los Ovinos representan una condición esencial en las dietas en animales en confinamiento y tienen un impacto importante sobre la salud ruminal y el comportamiento productivo del animal. En éste sentido los contenidos reportados por el análisis bromatológico indican porcentajes similares para las opciones tecnológicas y superados por el testigo.

En relación al Extracto Libre de Nitrógeno ELN, éste presenta un contenido de 44.40, 45.25%, entre la opción tecnológica uno y dos mientras que el testigo obtuvo un valor de



49.34 % lo que representa una aceptable presencia de almidones y azúcares presentes en cada alimento producido.

Finalmente encontramos el resultado del contenido de minerales en los tratamientos representado por las cenizas, obteniendo un mayor contenido el tratamiento testigo con 8.58% que duplica al contenido de las opciones tecnológicas, sin embargo, esto era de esperarse debido al tiempo de producción entre un FVH de Avena y una producción en campo.

Según afirma la página forraje verde hidropónico (F.V.H) para la alimentación de animales (s.f) existen otras ventajas en la producción del forraje, entre las que destacan: Aumento en la producción de leche, carne y fertilidad de los animales. Se puede producir en lugares que presentan condiciones áridas en donde es poca o no se cuenta con permanente fuente de forraje verde y su producción es a bajo costo.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en rendimiento por  $\text{Kg/m}^2$  y el contenido nutricional del forraje producido, se afirma que es factible la producción de FVH en las condiciones de la sierra de los Cuchumatanes en toda la época del año, pues el ensayo se llevo a cabo en los meses mas críticos de escasez de agua y de heladas (agosto a diciembre 2019 a enero a marzo de 2020) por lo que no queda duda que la producción es factible con una mediana inversión económica que se verá compensada al disponer de forraje de muy buena calidad.

Si tomamos en cuenta que el FVH esta compuesto por plantas jóvenes con un contenido alto de proteína muy digestible la recomendación según la guía Ventajas y recomendaciones del FVH (2020) se debe suministrar 2.5 kg de FVH a ovejas en gestación, 3.5 a 4 kg de FVH a ovejas en lactación. Para la engorda de Borregos suministrar 3 kg de FVH. Para el caso de corderos y carneros suministrar 1 y 2.5 kg respectivamente. Sin embargo para nuestro medio se propone como un suplemento alimenticio en animales con dietas a base de heno de avena en época seca, calculando un máximo de 1 kg/animal/día ya sea para corderos en crecimiento o hembras en producción. Sera necesaria una evaluación para utilizar el FVH en el engorde de corderos.

Para efectos de comprensión de la capacidad de producción del FVH a continuación se menciona un ejemplo con un invernadero de 5 por 4 m<sup>2</sup> con un área de producción por estante de 12 m<sup>2</sup> y con rendimientos de 14 Kg/mt<sup>2</sup> el área de producción total será de 48 m<sup>2</sup> considerando una estantería de 4 niveles con una producción total de 672 Kg en un ciclo de producción y si se proporciona 1Kg diario por animal tendrá alimento para mantener una lote de 10 animales durante 67 días. Es evidente que se debe diseñar una estrategia de producción escalonada para tener siempre alimento fresco, además de considerar que se necesita alrededor de 3.7 quintales de semilla de avena por cada ciclo.

### 6.1 Análisis Económico.

**Cuadro 04.** Costos fijos para la construcción de un invernadero tipo micro túnel, con estructura de tubo galvanizado y estantería de metal.

| <b>Inversión inicial en infraestructura</b> | <b>Valor Q<br/>por m<sup>2</sup></b> |
|---|--------------------------------------|
| Estructura de invernadero                   | 32.00                                |
| Mano de obra construcción del invernadero   | 16.00                                |
| Estantería modular                          | 24.00                                |
| Bandejas para cultivo                       | 48.00                                |
| Malla y nailon para invernadero             | 10.00                                |
| Transporte                                  | 5.00                                 |
| <b>Total</b>                                | <b>135.00</b>                        |

**Cuadro 5.** Costos del equipo complementario para la producción de forraje verde hidropónico FVH

| <b>Costos del equipo complementario</b> | <b>Valor Q</b> |
|---|----------------|
| Bomba de mochila                        | 450.00         |
| Balanza                                 | 300.00         |
| Cubetas                                 | 120.00         |
| Termómetro                              | 20.00          |
| <b>Total</b>                            | <b>890.00</b>  |

**Cuadro 6.** Costos variables para la producción de forraje verde hidropónico

| <b>Costos Variables</b> | <b>Opción 1<br/>Valor en Q m<sup>2</sup></b> | <b>Opción 2<br/>Valor Q m<sup>2</sup></b> | <b>Testigo<br/>Valor Q m<sup>2</sup></b> |
|-------------------------|--|---|--|
| Semilla                 | 11.55  | 13.47                                     | 0.14                                     |
| Cal                     | 0.10   | 0.10                                      | --                                       |
| Hipoclorito             | 0.05   | 0.05                                      | --                                       |
| Solución fertilizante   | 0.45   | 0.45                                      | --                                       |
| Fertilizante químico    | --   | --  | 0.21                                     |
| Mano de obra            | 2.60   | 2.60                                      | 0.81                                     |
| <b>Total</b>            | <b>14.75</b>                                 | <b>16.67</b>                              | <b>1.60</b>                              |

**Cuadro 7.** Costos del Kg/m<sup>2</sup> del FVH producido

| <b>Tecnología</b>              | <b>Rendimiento<br/>Kg/m<sup>2</sup></b> | <b>Costo de producción<br/>por m<sup>2</sup> Q</b> | <b>Costo por Kg<br/>Q</b> |
|--------------------------------|---|--|---------------------------|
| Opción tecnológica 1           | 13.37                                   | 14.75  | 1.10                      |
| Opción tecnológica 2           | 14.63                                   | 16.67  | 1.13                      |
| Producción de Avena<br>testigo | 04.27                                   | 1.60   | 0.37                      |

**Cuadro 8.** Cálculo de la tasa marginal de retorno de la producción de FVH

| <b>Ingresos</b>        | <b>Opción 1</b> | <b>Opción 2</b> | <b>Sin tecnología</b> |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Venta de FVH/kg</b> | Q 1.70          | Q 1.70          | Q 0.60                |

$$\text{Opción 1} = (Q 1.70 - Q 1.10 / Q 1.10) * 100 = 54.54 \%$$

$$\text{Opción 2} = (Q 1.70 - Q 1.13 / Q 1.13) * 100 = 50.44 \%$$

$$\text{Testigo} = (Q 0.60 - Q 0.37 / Q 0.37) * 100 = 62.15 \%$$




Según el CIMMYT (1988), en el manual metodológico de evaluación económica, menciona que tanto la experiencia como la evidencia empírica han demostrado que, en la mayoría de las situaciones, la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor se sitúa entre el 50 y el 100%. En el cálculo hecho para la investigación la tasa marginal de retorno tiene un valor de 54.54% con la implementación de la nueva tecnología con la opción uno y 50.44% para la opción tecnológica dos. Sin embargo a pesar que la tecnología del productor presenta un mejor porcentaje con 62.15% es necesario considerar el tiempo de

producción que se necesita para producir la Avena, el espacio de terreno y la calidad nutricional de cada producto. Además de que para producir en campo abierto se depende de la estacionalidad en el año y que esta supeditada a las condiciones de lluvia, la cual en los últimos años ha sido errática y por esto representa una amenaza según lo menciona el perfil de medios de vida de Guatemala (2009). Mientras que el FVH, se puede producir en todo el año lo que representa incrementar la disponibilidad de biomasa para alimentar el ganado que no solamente es ovino sino cualquier otra especie animal.

### 6.3 Opinión del productor

La metodología para evaluar éste importante componente se realizó mediante una ficha de aceptación de tecnología según la metodología propuesta por Bellon, M.R. (2002) obteniendo los siguientes resultados.

**Cuadro 9.** Aceptación de la tecnología por parte del productor por medio de fichas lúdicas.

| <b>Tecnología</b>      | <b>No me gusta</b><br> | <b>Ni me gusta ni me disgusta</b><br> | <b>Me gusta</b><br> |
|------------------------|---|---|--|
| Opciones tecnológica 1 | 00 %  | 32%   | 68%  |
| Opción tecnológica 2   | 00 %  | 32%   | 68%  |
| Testigo del productor  | 00 %  | 34%   | 66%  |

Fuente: Elaboración propia con datos de campo.

La tecnología es totalmente nueva para el productor y por ello es razonable que tenga cierta reserva al expresar su opinión, además de que representa hacer una inversión inicial que no todos los productores tienen posibilidad de hacerla. Sin embargo los productores jóvenes son los que muestran una mejor respuesta en la aceptación e implementación, esto se comenta porque al finalizar la etapa experimental uno de los jóvenes que conoció la tecnología implementó su propio modulo de producción de FVH.

Es necesario entonces impulsar la tecnología y dar a conocer sus beneficios haciendo énfasis en la recuperación de la inversión a corto plazo porque si bien es cierto que los porcentajes de la Tasa Marginal de Retorno están en un rango aceptable, el verdadero beneficio se verá reflejado en la producción de un alimento de alta calidad producido en la misma unidad productiva y que puede sustituir a otros alimentos que actualmente se compran para engordar corderos. En consecuencia es necesario realizar pruebas de engorde de corderos con éste recurso forrajero.

#### **6.4 Pruebas de Consumo**

El cálculo se realizó según lo recomendado por Cáceres y Gonzales (2017) quienes midieron el consumo de forraje pesando el alimento ofrecido y luego de un período de tiempo razonable midieron la cantidad de alimento rechazado.

Desde el día uno de prueba, el lote de corderos utilizados consumieron la totalidad del alimento ofrecido por lo que no hubo margen de realizar cálculos. En los rangos de aceptación propuestos para la aceptación del consumo del alimento entre:

Excelente (E): principal selección con consumo total.

Mediano (M): principal selección con consumo parcial.

Descartado (D): no selección, no consumo.

Se concluye que el consumo fue Excelente durante el periodo de prueba.

## VII. CONCLUSIONES

Es posible la producción de Forraje Verde Hidropónico como opción alimenticia de alta calidad para el ganado ovino u otras especies pecuarias presentes en el lugar en las condiciones agroclimáticas del Occidente de Guatemala en altiplanos como el de la meseta de la Sierra de los Cuchumatanes con altitudes características de la región que según el Mapa topográfico Sierra de los Cuchumatanes, van desde 2,540 m.s.n.m hasta 3,897 m.s.n.m. y con amenazas presentes en la zona como las mencionadas por el perfil de medios de vida de Guatemala, principalmente para la agricultura tradicional.

El contenido nutricional obtenido mediante los análisis bromatológicos del FVH producido en las condiciones agroclimáticas del occidente de Guatemala se encuentra dentro de los rangos obtenidos en otras investigaciones, es decir la calidad nutricional del forraje se mantiene y por consiguiente los beneficios que aporta en la nutrición del ganado con un recurso forrajero que ha estado presente en el área durante muchos años siendo la base de la alimentación den forma de heno y ahora con la validación de la tecnología del FVH se convierte en un potencial para la mejora de la dieta en sus distintas etapas productivas del ganado ovino.

En el cálculo hecho en la investigación, la tasa marginal de retorno tiene un valor de 54.54% con la implementación de la nueva tecnología para el caso de la opción tecnológica uno la que corresponde a una densidad de siembra de 3 kg/m<sup>2</sup> y 50.44% para la opción tecnológica dos, con una densidad de siembra de 3.5 Kg/m<sup>2</sup>. Mientras que la tecnología del productor presenta un mejor porcentaje con 62.15%. Sin embargo, es necesario considerar el tiempo de producción que se necesita para producir la Avena, el espacio de terreno y la calidad nutricional de cada producto. Además para producir en campo abierto se necesita de una estacionalidad en el año que esta supeditada a las condiciones de lluvia, la cual en los últimos años ha sido errática y por esto representa una amenaza según lo menciona el perfil de medios de vida de Guatemala.

La tecnología es totalmente nueva para el productor y es razonable que tenga cierta reserva al expresar su opinión, además representa hacer una inversión inicial que no todos los productores tienen posibilidad de hacer. Sin embargo los productores jóvenes son los que muestran una mejor respuesta en la aceptación e implementación. Es necesario entonces impulsar la tecnología y dar a conocer sus beneficios haciendo énfasis en la recuperación de la inversión a corto plazo, porque si bien es cierto que los porcentajes de la Tasa Marginal de Retorno están en un rango aceptable, el verdadero beneficio se verá reflejado en la mejora de la producción animal con un alimento de alta calidad producido en la misma unidad productiva y que puede sustituir a otros alimentos que actualmente se utilizan para el engorde de corderos.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

### **8.1 A las organizaciones locales de productores:**

Incluir dentro del plan de capacitación y asistencia técnica, la divulgación de la nueva tecnología tomando en consideración que su implementación requiere de una inversión inicial, pero que ésta será recuperada con la producción de un alimento de alta calidad producido en la misma unidad productiva que mejorarán las condiciones de la producción del ganado ovino y otras especies pecuarias.

### **8.2 A los extensionistas:**

Apoyarse en los investigadores para ampliar sus conocimientos sobre la producción de Forraje Verde Hidropónico haciendo las adaptaciones de infraestructura a las condiciones económicas del productor, mas no en la metodología de producción.

Capacitar a promotores pecuarios en la producción de semilla de Avena para ser utilizada como el principal recurso para la producción de FVH.

Continuar la producción de forraje de Avena en condiciones de campo velando porque el manejo sea el adecuado para garantizar un alimento de mejor calidad.

### **8.3 A los productores:**

Pedir apoyo a las organizaciones locales y al Ministerio de Agricultura para que a través de los extensionistas puedan poner en práctica los nuevos conocimientos, que si bien es cierto requieren de una inversión inicial, ésta se recupera al obtener un forraje de mejor calidad en la misma unidad productiva.

Destinar una parte de la producción de Avena a la producción de semilla, la que deberá ser sembrada en el mes de julio para tener cosechas a finales del mes de octubre o noviembre cuando las lluvias ya no son muy intensas.

### **8.4 Al programa CRIA:**

Es evidente que se han alcanzado logros importantes y que el proceso iniciado debe seguir avanzando por lo que es necesario continuar apoyando a la Cadena de Valor de Ovinos.



## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BELLON, M.R. 2000. Método de investigación participativa para evaluar tecnologías: Manual para científicos que trabajan con agricultores. México DF, MEX.: CIMMYT
- CERRILLO S., M. A.; JUÁREZ R., A. S.; RIVERA A., J. A.; GUERRERO C., M.; RAMÍREZ L., R. G.; BERNAL B., H. 2012. Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena. <https://www.redalyc.org>
- COMERCIALIZADORA HYDRO ENVIRONMENT S.A. DE C.V. Publicado: 2020. Guía: Ventajas y recomendaciones del F.V.H. Consultado el 05 de mayo 2020. ([https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=127](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=127))
- Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala, 2014. Análisis de la vulnerabilidad ante el cambio climático en el Altiplano Occidental de Guatemala. Guatemala: The Nature Conservancy. <https://nexoslocales.com>
- GUATEMALA. 2009. Perfil de Medios de Vida. Secretaría de seguridad alimentaria y nutricional. Guatemala. <http://www.siinsan.gob.gt>
- INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA. (2007) Programa para el desarrollo productivo, tecnológico y organizativo del Distrito Los Insurgentes, Estado de México. México. <http://repositorio.imta.mx>
- IZQUIERDO, J. 2001. Manual Técnico "Producción de Forraje Verde Hidropónico". Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- PERRIN, R., D. Winkelman, E. Moscardi, y J. Anderson. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT, México DF, MEX.

## X. ANEXOS

**Anexo I.** Imágenes de la construcción y entrega de estructuras para la producción de forraje verde hidropónico



Anexo II. Imágenes que muestran las fases de la producción de FVH



Anexo II. Día de campo para la promoción de la tecnología de producción de FVH

