

Producción de forraje hidropónico en condiciones de Zamorano

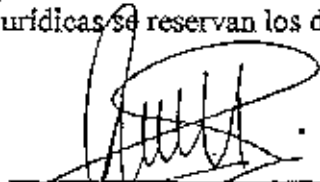
Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Pablo Daniel Sánchez Larreta

Zamorano – Honduras
Abril de 1998.

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.



Rablo Daniel Sánchez Larreta

Zamorano - Honduras
Abril de 1998.

BIBLIOTECA WILSON POPENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 72
TEGUCIGALPA HONDURAS

DEDICATORIA

A Jesús y a la Virgen María , porque siempre me han llevado de la mano en mis actos , y han sido fuerza , apoyo e inspiración en todo momento.

A mis Padres Inés y Raúl por su ejemplo , apoyo , amor y sacrificio durante toda mi vida, por darme todo lo que tengo .

A mis hermanos Alexandra y Christian por su comprensión y apoyo.

A María (Maripo) por su confianza en mí, sacrificio, paciencia, apoyo incondicional, por ser motivo de lo que ahora soy y sobre todo por su gran amor .

A todos mis abuelitos, tíos, tías, y primos que siempre me dieron palabras de aliento para seguir adelante.

A mi país ECUADOR.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Raúl Santillán por su ayuda en la preparación de este trabajo.

Al Dr. Isidro Matamoros por ser más que un profesor una persona de mi admiración por su entrega al trabajo y por ser una persona amiga.

A la MSc. Gladys de Flores y al Dr. Willi Colón, que me dieron su ayuda en la elaboración de este trabajo.

A mi Alma Mater, donde aprendí lo que es trabajo y dedicación , me enseñó a compartir con los demás y me hizo más que un profesional , una persona.

A mis amigos del alma: Diego Román, Alvaro López, Diego Vivanco, Francisco Pérez, Stalin Sánchez, Marcelo Echeverría, Hermes Castillo, Miguel Yunes, Iván Borja, Cristian Chicaiza, Marcelo Cires, Hemerson Salazar, Gustavo Larrea, Jorge Merino, Mauricio Botero, Rodolfo Soletto, Juan Pagán, Luis Soto, Carlos Palala, Rubén Bonilla, Diego Rodríguez, Mauricio Ruiz, Marco Haro, Julio Hassing, Rony Sánchez, Jorge Estrella, Glenn Bravo, Hans Dockweiler, James Andrade, Johana Arévalo, Sandy Panting, Meli Alvarenga, Andy Palazuelos, Carla García, Francis Palacios, Julita Prado, Bertha Villanueva , Paola Padilla, Giovana Muñoz, Gisela Poquiviquí, Beatriz Peñaloza. Por su amistad, ayuda y todos los momentos especiales compartidos con todos y cada uno de ellos.

Un agradecimiento especial a Ingrid Fromm por toda su ayuda, su cariño y por ser una persona muy especial a quien nunca olvidaré. IPPSU.

Al Ing. Hernán Chiriboga ('83) por la información prestada para este trabajo.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A Dios que les dio a mis padres la bendición para que ellos puedan trabajar y darme educación.

A mis padres que con tantos sacrificios y esfuerzo me apoyaron para realizar mis estudios durante toda mi vida. GRACIAS INFINITAS.

RESUMEN

Sánchez L. Pablo 1998. Producción de forraje hidropónico en condiciones de Zamorano. Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 30 p.

En la actualidad las explotaciones ganaderas eficientes y rentables son aquellas que dan un buen manejo y principalmente suplen plenamente los requerimientos de mantenimiento y producción de sus animales. Lo más común es la utilización de concentrado, el cual contiene todos los componentes nutricionales para llenar esos requerimientos, pero los altos costos de la materia prima y la mano de obra han hecho que estos sean poco rentables. La búsqueda de alternativas que reduzcan los costos sin detrimento de la calidad alimenticia ha llevado a la investigación de los forrajes hidropónicos, que según experimentos presentan una producción homogénea y constante de forraje fresco a un costo inferior a cualquier suplementación conocida. El presente estudio tuvo por objetivo, determinar la viabilidad de la producción de forraje verde hidropónico en condiciones (climáticas, técnicas, biológicas y económicas) de Zamorano, como una posible alternativa a futuro para reducir costos y tener forraje verde en la época de verano. Se realizaron tres fases en el experimento, la primera se utilizó 32 bandejas de 0.15 m², 16 para maíz y 16 para arroz, cada uno con 4 densidades de semilla por bandeja y 4 repeticiones por tratamiento (T) (T1=0.4, T2=0.6, T3=0.8, y T4=1.0 kg/bandeja para maíz y T1=0.4, T2=0.6, T3=0.7 y T4=0.8 kg /bandeja para arroz), en ambos casos el mejor fue el T4 (P< 0.01) con un aumento de la biomasa de alrededor de 280% en un período experimental de 15 días. La segunda etapa se llevó a cabo de igual forma, pero con la densidad fija de acuerdo a la primera fase, en este caso los tratamientos consistieron en 4 diferentes concentraciones de solución nutritiva T1=1.0, T2=0.5, T3=1.5 y T4=2.0 veces la concentración recomendada por la casa comercial Hidro-Gardens (1.2 g/l), se utilizó un sistema de riego automático y con reciclamiento de la solución, de esta fase se pasó directo a la tercera para analizar los tratamientos en el laboratorio de bromatología. Para maíz el mejor tratamiento en materia fresca (MF) fue el T4, en materia seca (MS) fue el T2 y en proteína cruda (PC) fue el T4; mientras que para el arroz los mejores tratamientos fueron MF el T4, para MS el T1 y para PC el T3. Posteriormente se realizó una comparación de costos. En Zamorano es factible producir forrajes hidropónicos de maíz y arroz, debiéndose usar 1kg de semilla/bandeja de 0.15 m² para maíz y 0.6 kg/bandeja en arroz. Desde el punto de la MS se debe utilizar 0.5 veces la solución recomendada para maíz y 1.0 vez para arroz. Con un monto de U.S.\$ 4308 se puede instalar en Zamorano una unidad de forrajes hidropónicos de 100 m² con capacidad para suplementar diariamente a 20 vacas, con un costo 2.2 veces menor que la suplementación con concentrados en términos de MS y 1.69 veces menor en términos de materia orgánica digerible.

Palabras claves: Alimentación animal, concentrados, suplementación, costos.

¿ES POSIBLE Y RENTABLE PRODUCIR FORRAJE HIDROPÓNICO EN EL ZAMORANO, QUE BENEFICIOS TRAERÍA ESTO?

En la actualidad los costos para llenar los requerimientos de mantenimiento y producción de un animal con el uso de concentrados son muy altos por lo que el ganadero no tiene acceso a ellos y si lo tiene, no está consiente de la calidad de concentrado que recibe.

Entonces se hace necesario buscar nuevas alternativas que reduzcan esos costos y brinden una calidad alimenticia óptima a los animales para que puedan producir leche, carne, o cualquier producto animal en forma rentable.

Para el año de 1998 en Zamorano el ganado de todo tipo es suplementado con concentrados elevando grandemente los costos de producción, el estudio realizado tuvo el fin de determinar si en el Zamorano es posible la producción de forrajes hidropónicos como alternativa suplementaria de menor costo.

Se montó un ensayo donde se utilizaron bandejas plásticas, en las cuales se puso una capa de semilla a cuatro diferentes cantidades por bandeja y fueron regadas con una solución la cual tiene fertilizante soluble que aporta los nutrientes a la planta. De esto se determinó que usar 6 kg de semilla de maíz por m² de bandeja y 4 kg por m² bandeja en arroz, el peso de la semilla introducida en un período de 13 a 15 días se triplica, obteniéndose una alfombra de plantas de 30 cm de alto en maíz y 15 cm en arroz.

Posteriormente se determinó la cantidad de fertilizante soluble (fórmula 10-8-22 de Hidro - gardens Inc.) más adecuada por litro de agua que se utilice en la producción de forrajes hidropónicos. De esto se determinó que usando 0.6 g/l en la solución para maíz y 1.2 g/l en la solución para arroz, se obtiene la mayor cantidad de materia seca, en la "alfombra" formada por las plantas, la cual va directamente como alimento de calidad a los animales.

Con una inversión en Zamorano de U.S.\$ 4038 se puede construir una unidad de producción de forrajes hidropónicos de 100 m² con una capacidad de producción para suplementar a 20 vacas diariamente, y cada vaca recibe una bandeja de 1m² con un peso de 17 kg de forraje.

Además mediante una comparación económica se llegó a la conclusión de que el costo de suplementación con forraje hidropónico es 2.2 veces menor en términos de materia seca y 1.69 veces menor en términos de materia orgánica digerible por el animal, que la tradicional suplementación con concentrados.

El uso de forraje hidropónico aún no ha sido evaluado en la respuesta animal, por lo que se recomienda realizar un experimento en el que se suplementen animales para evaluar y comprobar sus ventajas.

ix
CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Índice de Cuadros.....	xi
	Índice de Figuras.....	xii
	Índice de Anexos.....	xiii
1	INTRODUCCION.....	1
2	REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1	El forraje verde hidropónico.....	4
2.2	Sistemas de cultivo utilizados.....	4
2.3	Fisiología de la producción de F.V.H.....	5
2.4	Factores que determinan la germinación.....	7
2.4.1	Condiciones ambientales.....	7
2.4.1.1	La luz.....	7
2.4.1.2	La temperatura.....	7
2.4.1.3	La humedad relativa.....	7
2.4.2	Aireación.....	7
2.4.3	La solución nutritiva.....	7
2.4.4	La semilla.....	8
2.5	Alimentación a los animales.....	8
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1	Materiales.....	10
3.2	Métodos.....	11
3.2.1	Localización.....	11
3.2.3	Procedimientos.....	11
3.2.3.1	Primera fase en invernadero.....	11
3.2.3.2	Segunda fase en invernadero.....	11
3.2.3.3	En laboratorio.....	12
3.2.4	Tratamientos experimentales.....	12
3.2.5	Variables medidas.....	13
3.2.6	Análisis de datos.....	13

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
4.1	Fase de densidades.....	14
4.1.1	F.V.H. de maíz.....	14
4.1.2	F.V.H. de arroz.....	14
4.2	Fase de concentraciones de la solución nutritiva.....	15
4.2.1	F.V.H. de maíz.....	15
4.2.2	F.V.H. de arroz.....	16
4.3	Fase de laboratorio.....	17
4.4	Comparación económica.....	20
4.4.1	Proyección del uso potencial del invernadero presupuestado.....	20
4.4.2	Costos de suplementación.....	21
5	CONCLUSIONES.....	23
6	RECOMENDACIONES.....	24
7	BIBLIOGRAFÍA.....	25
8	ANEXOS.....	27

INDICE DE CUADROS

Cuadro.		
1.	Tratamientos de la fase de densidades.....	12
2.	Tratamientos utilizados para la fase de concentraciones de solución nutritiva.....	13
3.	Análisis bromatológico del F.V.H. para cada tratamiento de la fase II.....	17
4.	Análisis bromatológico del grano de maíz y arroz.....	17
5.	Rendimientos de materia fresca, materia seca y proteína cruda en kg/m^2	19
6.	Presupuesto para la implementación de un invernadero para la producción de forraje hidropónico.....	22

INDICE DE FIGURAS

Figura		
1.	Comportamiento en el tiempo de crecimiento del F.V.H. de maíz...	15
2.	Comportamiento en el tiempo de crecimiento del F.V.H. de arroz...	16
3.	Materia fresca vs. materia seca en F.V.H. de maíz.....	18
4.	Materia fresca vs. materia seca en F.V.H. de arroz.....	19

INDICE DE ANEXOS

Anexo.		
1.	Composición química de la solución Hidro-gerdens.....	27
2.	Sistema de riego para reciclaje de solución nutritiva.....	28
3a.	Estructura típica de producción de forrajes hidropónicos.....	29
3b.	Disposición de los tratamientos de la fase I.....	29
4a.	Tratamientos de F.V.H. de maíz a la cosecha.....	30
4b.	Tratamientos de F.V.H. de arroz a la cosecha.....	30

1. INTRODUCCION

En la actualidad, la producción animal trae consigo importantes desafíos para la humanidad y específicamente para la ganadería, para enfrentarlos se requiere buscar soluciones con estrategias adecuadas para los principales problemas básicos, tales como:

- Alto crecimiento demográfico y baja disponibilidad de tierra agrícola por habitante.
- Competencia de los animales por el uso de la tierra y por los mismos alimentos.
- Sostenibilidad de los agroecosistemas a corto y largo plazo.
- Utilización de tecnologías adecuadas y sostenibles a los recursos naturales, técnicos y económicos disponibles (Figueroa, 1996).

Una producción eficiente ya sea de leche, carne, o cualquier producto animal requiere de una alimentación correcta y balanceada, de manera que los animales puedan cubrir sus requerimientos de mantenimiento y producción en forma óptima; esto se ha venido haciendo mediante la suplementación con concentrados.

Los concentrados contienen los nutrientes necesarios, pero los precios de la materia prima y mano de obra para fabricarlos han causado que estos sean difíciles de adquirir por su elevado costo. Por lo tanto, es necesario que se busquen nuevas fuentes nutritivas de menor costo y que se aumente la productividad por área, para que los ganaderos puedan continuar teniendo una explotación rentable y sostenible de sus animales.

Una opción a esto podría ser la producción de forrajes verdes hidropónicos (F.V.H.). La hidroponía consiste en realizar cultivos en superficies sin un sustrato sólido, es decir, simplemente por medio de una solución nutritiva diluida en agua. Esta técnica es un gran avance de la tecnología a pesar de haber sido descubierta hace mucho tiempo; de hecho ya en 1699, Woodward logró hacer crecer "hierba buena" en agua solamente (Huterwal, 1986).

La hidroponía es el cultivo de plantas sin utilizar el suelo como sustrato, donde los nutrientes minerales son provistos por una solución que contenga los elementos necesarios de alta solubilidad y compatibilidad entre ellos (Calderón, 1989).

Con la ayuda de la hidroponía no sólo se mejora la cosecha en cantidad y calidad sino que de manera importante se aumenta la productividad con la consiguiente reducción en mano de obra (Penningsfield y Kurzmann, 1983).

En la actualidad algunos países han perfeccionado sus técnicas en las aplicaciones de los cultivos hidropónicos, destacándose España en la producción de pastos para la alimentación de ganado (Urroz, 1996).

La producción de forraje en hidroponía ha demostrado ser un alimento de buena calidad que permite utilizar los granos sin necesidad de procesarlos y mejorar su valor nutritivo, disponiendo además de forraje verde todo el año (Bórquez et al., 1996).

Según estudios realizados por Urroz (1996) bastan sólo 25m² de superficie cubierta para producir 500 kg de forraje vivo hidropónico/día, equivalente a la producción de seis hectáreas de alfalfa pura de excelente calidad en base a cinco cortes anuales.

Según Moyano (1994) la hidroponía presenta ventajas tales como:

- a. Se puede cultivar en sitios áridos.
- b. Se utilizan sitios poco prácticos para otras labores.
- c. Se cultiva ininterrumpidamente, porque no requiere rotación del cultivo, es decir que durante todo el año se puede sembrar y cosechar.
- d. Se economiza agua en el riego.
- e. Se logra una mejor utilización del espacio, aumentando la productividad.
- f. La menor superficie utilizada deja más áreas libres para otros cultivos y otras actividades.
- g. El tiempo a cosecha es más corto.
- h. Los productos cosechados son de excelente calidad.
- i. Hay menos riesgos por causas del medio y fenómenos climáticos naturales.
- j. Hay un control más eficiente de plagas y enfermedades.
- k. Se reducen los costos de mano de obra.
- l. Se simplifica el manejo, sin embargo, exige tecnologías modernas y eficientes.

Esta técnica está siendo utilizada en países como, España, Chile, Colombia y Ecuador, donde según técnicos de la empresa Hidro Farm, los resultados han sido bastante favorables, ya que se ha logrado una notable reducción en los costos en comparación a alimentar con concentrados. Un estudio efectuado en una finca de caballos árabes cerca de Scottsdale, Arizona realizó un análisis comparativo de costos, en la cual la alimentación regular de un caballo era de U.S.\$ 1,23/día; mientras que el costo de alimentarlos con F.V.H. fue sólo de U.S.\$ 0,59 por día ("The Arabian Horse", Sf., citado por Hidro Farm, 1996).

Los objetivos que se plantearon para el estudio fueron:

Objetivo general.

Determinar la viabilidad biológica, económica y técnica de la producción de forraje verde hidropónico bajo las condiciones de Zamorano.

Objetivos específicos.

- 1.- Determinar los efectos de densidad de semilla, concentraciones de elementos de la solución nutritiva, sobre la germinación y crecimiento de maíz y arroz como forraje.
- 2.- Determinar las ventajas y desventajas (biológicas, técnicas y económicas) de la producción de forraje hidropónico en Zamorano.
- 3.- Determinar en forma complementaria al estudio, el valor nutricional del forraje hidropónico.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

El forraje hidropónico es el resultado del proceso de germinación de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, cebada, alfalfa, etc.) que se enraízan durante un período de nueve a quince días, captando energía del sol y absorbiendo los minerales de la solución nutritiva. Se utilizan técnicas de hidroponía sin ningún sustrato y el grano germinado alcanza un promedio de 25 centímetros de altura y el animal consume la parte aérea formada por los tallos y las hojas verdes, así como los restos de semilla y raíces.

Con el F.V.H. podemos alimentar ganado vacuno, porcino, equino, caprino, lagomorfos, y una gran cantidad de animales domésticos (Hidro Farm, 1996).

Según Coljap (1995) el F.V.H. presenta ventajas que se pueden resumir en:

- Suministro constante durante todos los días del año.
- Evita irritaciones digestivas.
- Reduce la tendencia a enfermedades.
- Mejora la fertilidad.
- Mejora la producción de leche y en general de todos los parámetros productivos de un animal bien alimentado.

2.2 SISTEMAS DE CULTIVO UTILIZADOS

En países con estacionalidad marcada se han desarrollado unidades de hidroponía que producen grandes volúmenes constantes de forraje verde. En Gran Bretaña las unidades "Landsaver HD1000" y la "Hidrograss", consisten en una cabina hermética formada por paneles de fibra de vidrio y dotadas de su propio sistema de calefacción que mantiene la temperatura constante en 20°C. El ciclo de aplicación de nutrientes se hace por un dispositivo automático de riego (Resh, 1982).

En los Estados Unidos hay unidades similares denominadas "Cavas", donde la iluminación se suministra artificialmente, utilizando luz fluorescente. Dentro de los módulos aislados térmicamente hay estanterías que soportan las bandejas rectangulares de 0,85 m², en las cuales se siembran 1,7 kg de semilla, que se cosechan a los 10 - 15 días con producciones de 12,5 kg de forraje, representando una relación de siete a nueve kg de forraje fresco por cada kg de semilla utilizada (Resh, 1982).

En el trópico el sistema aprovecha las condiciones favorables de temperatura con ciertas adaptaciones especiales en las zonas donde sean necesarias como sombreaderos en zonas muy calientes o invernaaderos sencillos en zonas frías, pero en general no son necesarios los

sistemas de calefacción o luz artificial, de todas maneras es necesario el uso del un invernadero o por lo menos de un techo transparente (Anexo 3a) para proteger el forraje de plagas (Coljap, 1995).

El invernadero puede ser construido en base a madera y polietileno transparente, con capacidad interior para 1200 bandejas de 80 cm x 40 cm x 5 cm dispuestas en cinco niveles ubicadas en repisas de 2.2 m de alto y separadas entre ellas 50 cm con una pendiente de 10%. La estructura soporta las 1200 bandejas y en cada piso 240 de ellas, donde cada bandeja produce doce kg de forraje verde hidropónico lo que da un total de 14400 kg en quince días. La cosecha se realiza cada tres días obteniendo un total de 2880 kg lo que significa 960 kg de F.V.H./ día, ahora considerando que cada vaca come 20 kg diarios en dos raciones se pueden alimentar 48 vacas (Gestión Agrícola de Chile, 1997).

El grado de automatización es una decisión en el manejo. Una automatización completa remueve el elemento humano, y tan sólo se necesita una persona que supervise el buen funcionamiento del equipo (Langhans, 1980).

En Brasil, las unidades para formación de brotes hidropónicos van montadas dentro o muy cerca del mismo establo, se utilizan bandejas de un tamaño conveniente, y ordenadas de un lado a otro en repisas, puede utilizar dentro de cada bandeja un corte de tela paño, o filtro espeso, debiendo ser este mantenido húmedo con solución nutritiva (Sholto, 1987).

2.3 FISIOLÓGIA DE LA PRODUCCION DE F.V.H.

Durante el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas importantes. El embrión sale de su latencia desde que es hidratado, mediante la imbibición en agua, la cual activa el transporte de enzimas y sustancias hormonales dentro de la semilla, estas actúan en las células mediante la disolución de sus paredes. Posteriormente se catabolizan granos de almidón que son transformados en azúcares más simples, así inicia la germinación provocando el rompimiento de los tegumentos seminales y a partir de este almacén de energía se convierte en una plántula con capacidad para captar luz solar y fotosintetizar (Coljap, 1995).

Dentro de la germinación se pueden diferenciar tres etapas : absorción de agua, movilización de nutrientes y crecimiento y diferenciación.

En la fase de absorción de agua se reanuda el metabolismo de la semilla, para lo cual se necesitan condiciones adecuadas de humedad, temperatura y oxígeno; con estos factores la semilla aumenta su volumen, el embrión se hincha, reblandeciéndose las cubiertas protectoras, las reservas alimenticio-energéticas inician una serie de reacciones químicas que estimulan la división celular y empieza el desarrollo radicular y foliar (Coljap, 1995).

En la fase de movilización de nutrientes, los cotiledones se reducen mientras la planta autoconsume las reservas del endospermo para formar las diferentes estructuras (Coljap, 1995).

En la fase de crecimiento y diferenciación se define el aumento de biomasa, formación de órganos vegetales, con el consecuente aumento en peso y dimensiones.

La diferenciación propicia la especialización de células de cada órgano, y una vez que las raíces han aparecido la plántula tiene la capacidad de absorber nutrientes minerales de la solución transportarlas a las hojas y con ello poder fotosintetizar (Coljap, 1995).

Una vez germinada la semilla la liberación de nutrientes inicia rápidamente consiguiéndose con ello un producto final cosechable entre los ocho a quince días con un alto valor nutritivo.

Se establece que un kg de F.V.H. equivale a tres kg de alfalfa verde, por lo que en zoológicos como los de Miami y Tampa son el único alimento de especies herbívoras. Alimentando animales domésticos en muchas fincas intensivas, se ha conseguido menor costo y mayor eficiencia que con otros forrajes convencionales y complementarios (Hidro Farm, 1996).

Las deficiencias de vitamina E, produce grandes desajustes en la fertilidad de ganado lechero, menor porcentaje de celos, mayor tiempo de anestro y menor porcentaje de concepciones, la alimentación con F.V.H. suple plenamente todos los requerimientos de esta vitamina (Wilson, 1985; citado por Hidro Farm, 1996).

Comparando entre vacas suplementadas con F.V.H. y otras bajo dieta normal de concentrado y pasto, se mostró un incremento de 15,26% en el contenido de grasa en la leche. Dieciséis a dieciocho kg diarios de hierba son suficientes para alimentar una vaca lechera en producción (Arano, 1976; citado por Hidro Farm, 1996).

En una prueba de producción lechera con una dieta de F.V.H. frente a otra con forraje normal (grano o heno) un grupo de 60 vacas recibió la primera opción incrementaron su producción en un 10.07%, además se obtuvo un 14,26% más de grasa (Resh, 1982).

Otros experimentos similares indican que hubo un incremento del 25% en la producción de leche (Robins, 1992; citado por Hidro Farm, 1996).

Existen pruebas de que las unidades hidropónicas producen alimento para los animales a la mitad del costo convencional. Esto se basa en la gran cantidad de combustible necesario para la producción y transporte de forrajes naturales. Las unidades hidropónicas pueden producir este a lo largo del año en el sitio de consumo, no siendo necesario ni el almacenamiento ni el ensilaje ya que la hierba fresca se produce diariamente. Esta hierba puede crecer en un área muy pequeña en comparación con los campos destinados a potreros, los gastos de pesticidas, fertilizantes, maquinaria para el cultivo, corte, enfardado de pacas, cuidado de cercas, mano de obra, etc. pueden calcularse en más de diez veces que los normales en el cultivo de F.V.H. (Arano, 1976; citado por Hidro Farm, 1996).

2.4 FACTORES QUE DETERMINAN LA GERMINACIÓN.

2.4.1 Condiciones ambientales

Los factores del ambiente que tienen mayor efecto en la producción de F.V.H. son la luz, temperatura, humedad, oxigenación, CO₂ y nutrimentos en la solución.

2.4.1.1 La luz. Debe ser de intensidad y calidad necesaria según la especie de planta que se utilice, esta debe ser capaz de saturar o llenar todos los requerimientos lumínicos.

Algunos experimentos realizados en Utah State University indican que utilizando un fotoperíodo de dieciséis horas luz, se alcanzan tamaños y pesos de cosecha en un rango de tres a cuatro días menos que con luz por doce horas (Coljap, 1995).

En etapas tempranas cuando la plántula comienza a desarrollar las primeras hojas, el exceso de luz causa que estas no se desarrollen adecuadamente, ya que la última hoja no se puede abrir formando un microclima interno de alta humedad, lo cual provoca la pudrición de la hoja desde la punta, por esta razón es necesario utilizar una tela sombra o zarán de 50 a 60 % en el techo del invernadero.

2.4.1.2 La temperatura. Debe manejarse de acuerdo a la especie que se utilice pero de manera general se busca trabajar en un rango de 25 a 28°C, de tal forma que el crecimiento de la planta no se vea afectado por estrés calórico o hídrico. En general es necesario mantener una temperatura relativamente constante, de tal manera que las fluctuaciones no sean bruscas y se encuentren en un rango de máximo 10°C.¹

2.4.1.3 La humedad relativa. En el sitio se busca que la humedad relativa esté en un rango de 85 a 100%, lo que asegurará un adecuado desarrollo de la zona radicular y evitará el desecamiento general de la planta por evapotranspiración (Coljap, 1995).

2.4.2 La aireación.

Debe ser adecuada, para obtener un intercambio gaseoso tanto por la noche como por el día. Para una correcta aireación de la raíz, el agua que se utilice para riego debe contener cantidades de oxígeno correctas para evitar que estas se ahoguen, esto se logra evitando que el agua se estanque, por lo que los riegos deben tener agua continua, es decir que sea drenada antes de continuar con el siguiente riego (Coljap, 1995).

2.4.3 La solución nutritiva.

En cultivos hidropónicos los elementos esenciales son suministrados a las plantas disolviendo los nutrientes en agua para preparar la solución que debe contener todos los nutrimentos en una cantidad y balance adecuado, evitando excesos que puedan resultar tóxicos tanto para la planta como para el animal que luego la consume (Ramírez et al., 1983).

Se piensa que la solución debe mantener una concentración constante de elementos individuales; pero no se toma en cuenta el balance de la masa. Un elemento puede ser absorbido rápidamente por la planta reduciendo su concentración en la solución pero incluyéndose en los tejidos de la planta; si rellenamos la solución para mantener la concentración constante en esta, puede resultar en un exceso tóxico y que indisponibilice a

¹ Ing. J. Hernán Chiriboga, Biogarden, Chimborazo, Ecuador, Comunicación personal, 1998

otros elementos. Los elementos que son almacenados rápidamente lo hacen en las raíces, tallos, hojas y son utilizados cuando a la planta le es necesario.

La frecuencia de relleno de la solución está determinado por la tasa de crecimiento de la planta, pequeños volúmenes necesitan una frecuencia mayor de relleno.

Análisis constantes de la concentración de la solución son innecesarios; y difíciles de interpretar, pero el análisis de tejido de la planta es útil, correcto y relativamente fácil de interpretar.

El pH de la solución es importante que se mantenga alrededor de 5,8 ya que a este nivel hay una mayor disponibilidad de los nutrientes, valores más altos o más bajos causan desbalances que afectan directamente a la planta (Bugbee, 1996).

La solución puede ser reciclada, de tal forma que el uso de agua sea menor. Un tanque de 190 l debe ser restaurado su concentración de nutrientes y volumen o cambiada totalmente cada ocho días, es decir, la misma agua sirve para obtener ocho días de F.V.H.

El agua que se recambia puede ser utilizada para regar otros cultivos maximizando de esta forma el uso del recurso (UNLAGRO, 1997).

2.4.4 La semilla.

Además de las condiciones ambientales adecuadas, las semillas deben tener condiciones propias, es decir, grado de madurez necesaria, buen desarrollo e integridad, lo que significa que hayan sido cosechadas en el momento oportuno y no hayan sido deterioradas o atacadas por plagas que afecten la vitalidad del embrión.

Por otra parte los nutrimentos contenidos en el endospermo de la semilla deben ser suficientes para mantener la plántula hasta que esta tenga la capacidad de empezar a absorber los nutrimentos del medio y fotosintetizar. La semilla no debe ser vieja porque esto afecta su viabilidad reduciendo su porcentaje de germinación (Coljap, 1995).

Las especies que se pueden utilizar son leguminosas como : alfalfa, arveja, trébol, vicia, pero económicamente lo más adecuado es recurrir a un cereal como lo indican experimentos realizados en Chile usando avena, cebada, maíz, sorgo, trigo, arroz y triticales ya que estos se producen en mayores volúmenes y con menores costos (Gestión Agrícola de Chile, 1997).

2.5 ALIMENTACIÓN A LOS ANIMALES

Entre diez a quince días luego de la siembra se recoge la alfombra de forraje hidropónico, formada por raíces, tallo, hojas y semilla residual, la cual pasa directamente a los comederos de los animales como forraje verde.

Dependiendo del animal que haya que alimentar se destmenuza o se reparte en forma entera. El aspecto, color y textura del F.V.H. lo hacen un alimento muy atractivo y palatable siendo consumido con avidez por los animales con pérdidas mínimas en los comederos (Gestión Agrícola de Chile, 1997).

En el caso de monogástricos como cerdos la ingesta no debe pasar del 50% para evitar problemas de cólicos y diarreas.

En general especies monogástricas presentan un comportamiento productivo inferior al de un rumiante, debido al aumento de fibra bruta ingerida, sin que esto signifique que sus

rendimientos sean malos. En rumiantes la ingesta mínima de referencia es de 1,5 kg por cada 100 kg de peso vivo habiéndose probado hasta en un 50% de la ingestión total de materia seca. Cifras parecidas se obtienen en terneros (peso vivo de 45 kg a los 14 días). Corderos precozmente destetados con peso vivo promedio de 18 kg al tercer mes aceptaron niveles de 30% de inclusión de avena hidropónica, aproximadamente 300 g de materia seca por cordero por día (Gestión Agrícola de Chile, 1997).

Para especies menores como conejos y cuyes es preferible deshidratar la alfombra de F.V.H., para esto se coloca la misma sobre una malla plástica y se la expone al aire libre por alrededor de cuatro días, con esto se logra que el forraje pierda alrededor del 60% de humedad, obteniéndose de esta manera un tapete seco que es directamente pasado para alimentar a estos animales (UNIAGRO, 1997).

En hatos especializados de vacas lecheras se han visto resultados muy favorables al alimentar los animales en lactancia con F.V.H., ya que su producción de leche se incrementó en un 20%, asimismo la calidad de la leche tuvo una mejora en cuanto a su contenido de grasa pasando de 3,6% a 3,9% en el mismo hato. Los índices reproductivos de fertilidad y presencia de celos visibles mejoraron, con la consecuente reducción en el número de pajillas utilizadas para inseminación artificial dentro del hato. Además se ha sustituido la suplementación con concentrados los cuales resultan más caros y su calidad no es segura. Se sostiene que con una dieta de F.V.H. se produce un incremento de 10% en la producción de leche y una mantequilla que contiene 14% más grasa en vacas lecheras (Gestión Agraria de Chile, 1997).

En avicultura también se ha probado que los granos germinados son importantes en una dieta suplementaria sobre todo si estas son leguminosas en combinación con no leguminosas, las cuales se complementan para aportar la cantidad necesaria de aminoácidos como lisina en lo cual suelen ser deficientes los cereales y metionina y cisteína en lo cual las leguminosas presentan deficiencias (Meyer, 1997).

Con el F.V.H. también se pueden obtener henos de excelente calidad al deshidratar la alfombra de forraje y molerla con lo cual se logra un alimento en partículas pequeñas que incluso se puede peletizar (UNIAGRO, 1997).

Es importante que luego de cada cosecha las bandejas sean lavadas y desinfectadas con una solución de yodo al 10%, a fin de mantener absoluta higiene y evitar el crecimiento de hongos que pueden resultar tóxicos para los animales que lo ingieran.²

El experimento se realizó para comprobar que bajo condiciones de Zamorano es posible producir forraje hidropónico con estándares similares a los mencionados para optar como una alternativa de suplementación de buena calidad y de menor costo.

² Ing. J. Hernán Chiriboga, Biogarden, Chimborazo, Ecuador. Comunicación personal. 1998

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Para este estudio se empleó un invernadero tipo A, de estructura metálica, paredes de lámina fibra de vidrio corrugada (FRP) y techo con ventanillas ajustables para control de temperatura.

Se utilizaron bandejas plásticas de 50 cm de largo por 30 cm de ancho y con una altura de 2,5 cm, de color negro y de fondo acanalado.

El agua utilizada fue potable.

El sistema de riego utilizado fue por microaspersión, con un equipo incorporado al invernadero para manejar una humedad relativa alta. Las aspersiones se realizaron por lapso de un minuto cada tres horas y los riegos según la etapa del experimento fueron cuatro para la primera fase y seis para la segunda.

El sistema de riego para reciclamiento de solución nutritiva estuvo conformado por los siguientes componentes:

- Cuatro tanques de 378,5 l (100 gal) de capacidad.
- Cuatro baldes de 30 l
- Cuatro bombas de 1/15 HP Little Giant de 710 GPH y de elevación de bombeo máxima de 7 m
- 50 m de manguera de 1,27 cm (½ pulgada) de diámetro.
- 15 m de manguera de riego marca Chapin
- Pegamento de tipo silicon flexible.
- Cuerda o pita.
- 14 m de tubería de PVC.

Ver anexo 2 para entender su funcionamiento.

La solución nutritiva fue preparada a partir de un granulado soluble de Hydro Gardens, Inc. cuya fórmula es 10 - 8 - 22 (Anexo 1).

Se utilizó semilla de maíz y arroz con buen porcentaje de germinación.

Para medir peso, temperatura y controlar el riego se utilizó una báscula manual de 6 kg de capacidad, un termómetro de agujas y un reloj de control automático de frecuencias de riego respectivamente.

3.2 MÉTODOS:

3.2.1 Localización:

El experimento se llevó a cabo en el invernadero de la sección de Agrostología y los análisis bromatológicos de los tratamientos de la segunda fase se realizaron en el laboratorio del Departamento de Zootecnia de Zamorano.

3.2.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (D.C.A.) donde se utilizaron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones y dos cereales (maíz y arroz).

Los tratamientos se indican en los Cuadros 1 y 2 para cada fase respectivamente.

3.2.3 Procedimientos:

Se realizaron seis pruebas preliminares para determinar la forma más adecuada de germinación y crecimiento de la semilla de maíz y arroz utilizándose dos fuentes de nutrimentos, solución Hoagland y 10-8-22 de Hidro-gardens. Se midió, el tiempo y la calidad de germinación para determinar la técnica a emplear.

Esta determinación se hizo basada en el peso de semilla inicial comparada con el peso de la biomasa generada al momento de la cosecha, y en general del desarrollo de la planta en cuanto a su tamaño de raíz, hojas, tallos y sanidad.

Posteriormente se realizaron dos fases de invernadero, la primera para determinar la densidad más apropiada de semilla por bandeja y la segunda para la concentración más apropiada de solución nutritiva.

La medición de alturas de la planta se hizo diariamente al las 7:00 a.m. durante los días de la duración de cada fase hasta llegar a la altura de planta de cosecha (25 – 30 cm).

3.2.3.1 Primera fase en invernadero. Una vez determinada que la fórmula 8-10-22 fue la más indicada para el caso se aplicó solución nutritiva a razón de 100 cc/bandeja/día hasta el día 8 donde se inició la aplicación de 200 cc/bandeja/día ya que la semilla había desarrollado raíces secundarias y tuvo mayor necesidad de absorber nutrientes de la misma, determinando los tratamientos de esta fase como se indica en el Cuadro 1, (anexo3b).

3.2.3.2 Segunda fase en invernadero. Se implementó un sistema de riego automático que permitió el reciclaje de la solución nutritiva. Los tratamientos se indican en el Cuadro 2. El sistema de riego se puede observar esquematizado en el Anexo 2.

3.2.3.3 En laboratorio. Se procedió a realizar pruebas bromatológicas simples de fibra neutro detergente (FND), digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO), Materia seca (MS), Materia orgánica (MO), Proteína cruda (PC) y Cenizas (Cz), para determinar la composición nutricional del forraje para cada tratamiento. Estas pruebas se realizaron como información complementaria y no fueron analizadas estadísticamente debido al alto costo de los análisis que imposibilitó realizar varias repeticiones.

Se finalizó con una comparación económica, con el fin de conocer el costo de la inversión inicial necesaria para el montaje de un invernadero para F.V.H. en Zamorano y el capital de trabajo necesario para un mes de suplementación.

3.2.4 Tratamientos experimentales

Fase I

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en la fase de densidades.

MAIZ		
TRATAMIENTO	DENSIDAD/BANDEJA (kg)	DENSIDAD kg/m ²
T1	0.4	2.4
T2	0.6	3.6
T3	0.8	4.8
T4	1.0	6.0

ARROZ		
TRATAMIENTO	DENSIDAD/BANDEJA (kg)	DENSIDAD kg/m ²
T1	0.4	2.4
T2	0.6	3.6
T3	0.7	4.2
T4	0.8	4.8

En ambos cultivos se utilizó solución Hidro-gardens 10-8-22 a una concentración de 1.5 veces la recomendada por la casa productora para cultivos hidropónicos (1.2 g/l , aplicando 100 cc/día hasta el día ocho y 200 cc/día hasta el día quince , La germinación del grano de maíz fue de 97% y del arroz 64%.

Fase II

Cuadro 2. Tratamientos utilizados para la fase de concentraciones de solución nutritiva

TRATS	CONCENTRACIÓN (lb/100 gal)	EQUIVALENTE (g/l)
T1	1.0	1.2
T2	0.5	0.6
T3	1.5	1.8
T4	2.0	2.4

Solución Hidro-gardens 10-8-22

Se utiliza un sistema de reciclaje de la solución nutritiva donde las densidades de semilla fueron utilizadas en base a la fase uno (MAÍZ: 1.0 kg/bandeja y ARROZ: 0.6 kg/bandeja).

Se hizo seis riegos de 350 cc cada uno durante el día.

3.2.5 Variables medidas

- Peso de la biomasa alcanzada al final del ciclo de producción a partir del peso inicial o densidad de semilla por bandeja.
- Peso de la biomasa alcanzada al final del ciclo de producción como respuesta a la concentración de solución nutritiva.
- Tiempo del ciclo de producción por bandeja.
- Calidad nutricional del forraje en base a su composición.

3.2.6 Análisis de datos

Diariamente se tomaron las alturas de planta de maíz y arroz con una regla graduada.

Los pesos finales de las bandejas se tomaron el día de cosecha.

Para el análisis de los datos obtenidos, se utilizó paquete computarizado "Statistical Analysis System" (SAS), aplicando separaciones de medias con la prueba de rango múltiple de Duncan a un 95% de confiabilidad.

No se analizaron estadísticamente los datos obtenidos de laboratorio por razón de los elevados costos de cada análisis.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FASE DE DENSIDADES

4.1.1 F.V.H. maíz

El ANDEVA presentó significancia, ($P \leq 0.01$) explicando el 95% ($R^2 = 0.95$) de la variabilidad observada en peso final de la biomasa alcanzada en quince días a partir de un peso inicial de semilla por tratamiento. La variación del experimento obtuvo un C.V. = 8.35%, si hubo diferencias significativas entre una y otra densidad ($P \leq 0.01$).

El rendimiento más alto se obtuvo utilizando un kg de semilla por bandeja, de la cual se obtuvo en promedio un aumento de 288% de peso en la biomasa final.

Al contrastar el mejor tratamiento con el segundo mejor, también se encontró una diferencia significativa ($P \leq 0.01$).

Estos resultados pueden deberse a que a una mayor densidad de semilla, el número de plantas en crecimiento fue mayor, sin verse afectado el patrón de crecimiento por competencia debida a la densidad.

Debido a estos resultados se utilizó la densidad de un kg de semilla de maíz por bandeja para la siguiente fase del experimento.

4.1.2 F.V.H. Arroz

El ANDEVA presentó significancia, ($P \leq 0.01$) explicando el 87% ($R^2 = 0.87$) de la variabilidad observada en peso final de la biomasa alcanzada en quince días a partir del un peso inicial de semilla por tratamiento. La variabilidad del experimento obtuvo un C.V. = 8.83%, se encontraron diferencias entre una y otra densidad ($P \leq 0.01$).

El rendimiento más alto se obtuvo utilizando 0.8 kg de semilla por bandeja, de la cual se obtuvo en promedio un aumento de 265% de peso en la biomasa. Sin embargo, al agrupar en la separación de medias, no hay una diferencia estadísticamente entre los tratamientos de 0.8, 0.7 y 0.6 kg por bandeja. Al contrastar el mejor tratamiento con el resto, también se encontró una diferencia significativa ($P \leq 0.01$).

Estos resultados pueden deberse a que en los tratamientos tres (0.7 kg/bandeja) y cuatro (0.8 kg/bandeja), los cuales tuvieron más semilla que el tratamiento dos (0.6 kg/bandeja), hubo competencia por espacio entre estas densidades, por lo cual no se pudo evidenciar diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento dos.

A raíz de estos resultados se utilizó la densidad de 0.6 kg de semilla de arroz por bandeja para la siguiente fase del experimento. Dado el agrupamiento donde no se observó diferencia estadística en peso final entre los tratamientos cuatro, tres y dos resulta evidente que también se podrían utilizar las densidades de 0.8 y 0.7 kg por bandeja.

4.2 FASE DE CONCENTRACIONES DE LA SOLUCION NUTRITIVA

4.2.1 F.V.H. maíz

El ANDEVA presentó significancia, ($P \leq 0.05$) explicando el 53% de la variabilidad observada ($R^2=0.53$) en peso final de la biomasa alcanzada en trece días a partir del un peso inicial para todos los tratamientos de 1.0 kg de semilla por bandeja con diferentes concentraciones de solución nutritiva. La variabilidad del experimento obtuvo un C.V.=13.6% y se encontraron diferencias en la biomasa final entre una y otra concentración de solución nutritiva ($P \leq 0.05$).

El rendimiento más alto en materia fresca se obtuvo utilizando dos veces la concentración recomendada, sin embargo no fue posible separarlo estadísticamente del tratamiento de 1.5 veces la concentración original recomendada. En la agrupación no hubo diferencias entre los tratamientos cuatro y tres (concentración 2 veces y 1.5 veces la recomendada por la casa comercial respectivamente), así como tampoco entre el dos y el uno (concentración 0.5 veces y 1.0 vez la concentración respectivamente), pero entre estos dos grupos sí hubo diferencias estadísticas.

Estos resultados se pueden deber a que la planta de maíz tiene una capacidad máxima de absorción de nutrientes, lo que causa que no se observó diferencias entre los tratamientos tres y cuatro (Anexo 4a).

El tiempo que cada tratamiento demoró en alcanzar la altura de cosecha (30 cm) tuvo diferencias, siendo menor para el tratamiento cuatro, como se observa en la Figura 1.

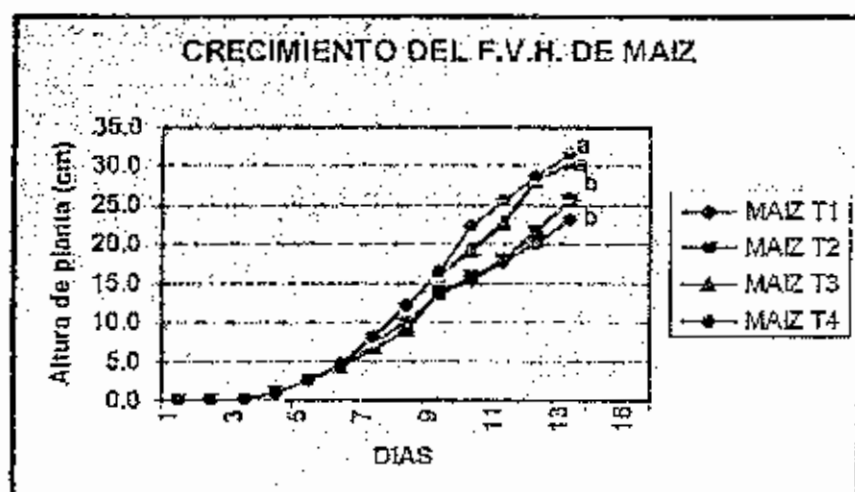


Figura1. Comportamiento en el tiempo de crecimiento del F.V.H. de maíz

4.2.2 F.V.H. Arroz.

El ANDEVA, no fue significativo, ($P \geq 0.05$), y este explicó el 37% ($R^2 = 0.37$) de la variabilidad observada en peso final de la biomasa alcanzada en 13 días a partir del un peso inicial de 0.6 kg de semilla para todos los tratamientos y utilizando diferentes concentraciones de solución nutritiva. La variabilidad del experimento presentó un C.V.=9.15%, no se observó diferencias entre una y otra concentración utilizada ($P \geq 0.05$).

El rendimiento más alto en peso final de la biomasa se obtuvo en el tratamiento cuatro (concentración recomendada 2 veces), pero no se pudo separar estadísticamente del rendimiento de los otros tratamientos, lo cual puede deberse a que la capacidad de absorción máxima de nutrientes en el arroz se da a una concentración baja en la solución que puede ser igual a la del tratamiento dos (0.5 veces la recomendada) o incluso menor.

Sin embargo el tiempo que cada tratamiento demoró en alcanzar la altura de cosecha (15 cm) no fue diferente como se observa en la Figura 2, (Anexo 4b).

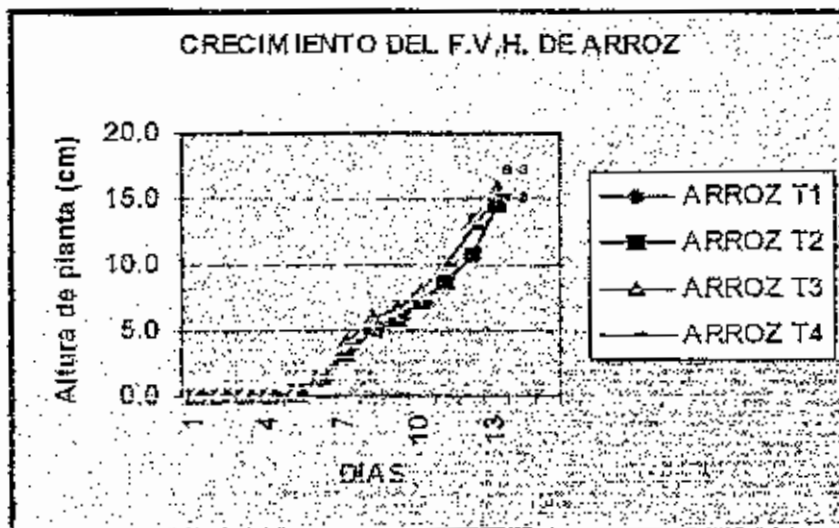


Figura 2. Comportamiento en el tiempo de crecimiento del F.V.H. de arroz

El maíz alcanzó una mayor biomasa en el periodo de 13 días comparativamente con el arroz, llegando el primero hasta 30 cm, mientras que el segundo llegó a una altura de 15 cm en promedio, esto a que el maíz es una planta de tipo C4 lo cual le permite tener un desarrollo más rápido comparado con el arroz que es una planta C3.

4.3 FASE DE LABORATORIO

Luego de realizadas las pruebas bromatológicas correspondientes para cada tratamiento de la fase dos, se obtuvo los resultados mostrados en el Cuadro 3, que resume los contenidos nutricionales del F.V.H. para cada tratamiento.

Cuadro 3. Análisis bromatológico del F.V.H. para cada tratamiento de la fase II

TRAT	%MS	DIVMO	FND	% PC	% MO	%Cz
MAIZ						
T1	17.31	76.23	31.26	12.88	96.28	3.72
T2	17.16	77.92	36.88	14.68	96.70	3.29
T3	12.59	72.76	37.65	15.27	93.20	6.80
T4	10.94	72.11	38.84	18.67	91.42	8.58
ARROZ						
T1	20.35	58.67	43.73	9.09	87.70	12.30
T2	19.58	57.41	46.32	9.41	87.81	12.19
T3	19.60	57.44	43.27	11.48	86.00	13.99
T4	17.31	57.30	43.83	11.71	86.85	13.15

Estos valores ratifican los análisis bromatológicos indicados por Hidro Farm (1996).

Tales valores pueden ser comparados con los valores nutricionales del grano que es la materia prima utilizada para la fabricación de concentrados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis bromatológico del grano de maíz y arroz.

GRANO	%MS	%PC	%MO	%Cz
MAIZ	87.58	8.48	98.65	1.54
ARROZ	87.92	5.96	93.33	7.58

Aunque la materia seca del grano es mayor que en el F.V.H., este reporta un mayor porcentaje de proteína cruda y las cantidades de materia orgánica no son diferentes con respecto a la encontrada en el grano en el caso del maíz, pero hay una diferencia apreciable de alrededor de un 10% en el caso de arroz, esto puede deberse a la presencia de la casulla del arroz, lo que además hace que su digestibilidad se baja con respecto al maíz.

MAIZ

El contenido de materia seca estuvo en el rango de 10.94 % (T4) a 17.31% (T1) en todos los tratamientos (Cuadro 3).

Si bien el tratamiento cuatro fue el mejor en cuanto a la producción de biomasa en materia fresca (25.38 kg/m²), resultó ser el de menor producción de materia seca con sólo 2.78 kg/m². El tratamiento uno fue el menor en rendimiento de materia fresca (18.60 kg/m²), pero tuvo un porcentaje mayor de materia seca 17.31% lo que significa 3.22 kg/m² y el tratamiento dos con un rendimiento mediano de materia fresca (19.42 kg/m²) obtuvo un

17.16% de materia seca lo que lo hace el de mejor rendimiento con 3.33 kg MS/m² de bandeja como se puede apreciar en la Figura 3.



Figura 3. Materia fresca vs. materia seca en F.V.H. de maíz

ARROZ

El contenido de materia seca estuvo en el rango de 17.31% (T4) a 20.35% (T1), (Cuadro 3).

Si bien el tratamiento cuatro fue el mayor en cuanto a la producción biomasa en materia fresca (15.54 kg/m²), resultó ser el menor en producción de materia seca con 17.31% esto fue 2.69 kg/m².

El tratamiento dos fue el de menor producción de materia fresca (13.29 kg/m²), pero tuvo un porcentaje mayor de materia seca 19.58% lo que significa 2.60 kg/m². El tratamiento uno obtuvo un 20.35% de materia seca como lo indica la Figura 4.

Tanto en el caso de maíz como de arroz el hecho de que el tratamiento de mayor materia fresca sea el de menor materia seca, puede deberse a que al haber una mayor concentración de sales en el tratamiento cuatro genera un potencial osmótico que hace que la planta absorba más agua para compensar la concentración de sales en sus tejidos.

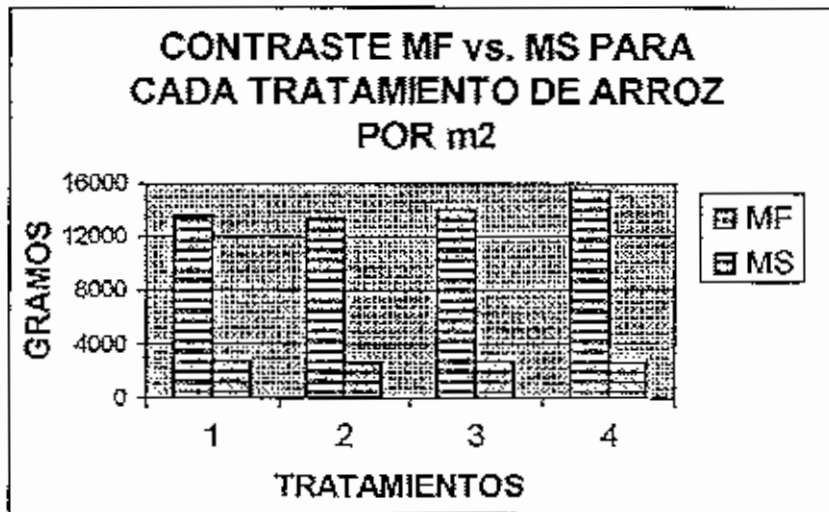


Figura 4. Materia fresca vs. materia seca en F.V.H. de arroz

En cuanto a proteína cruda el Cuadro 3 indica el porcentaje para cada tratamiento pero la cantidad de PC producida a partir de un m² de alfombra de F.V.H. con cada tratamiento se indica en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Rendimientos de materia fresca, materia seca y proteína cruda (kg/m²)

MAIZ			
TRATAMIENTO	MF	MS	PC
T1	18.60a	3.22	0.41
T2	19.42a	3.33	0.49
T3	22.60 b	2.85	0.44
T4	25.38 b	2.78	0.52

ARROZ			
TRATAMIENTO	MF	MS	PC
T1	13.58a	2.76	0.25
T2	13.30a	2.60	0.23
T3	13.99a	2.74	0.31
T4	15.54a	2.67	0.31

Valores con letras iguales no son estadísticamente diferentes.

Para maíz la mayor cantidad de proteína se genera al utilizar el tratamiento cuatro, mientras que para el arroz los tratamientos tres y cuatro presentaron los mejores e iguales rendimientos de proteína, es decir el tratamiento tres fue el más adecuado ya que utilizó menos fertilizante por unidad de proteína producida.

La tendencia creciente que se observa en cuanto al contenido de ceniza, puede deberse a que al incrementar la concentración de la solución nutritiva tanto en maíz y en arroz, los minerales de ésta se depositaron en los tejidos en forma de sales inorgánicas en mayores cantidades.

4.4 COMPARACIÓN ECONÓMICA

Para obtener el valor de inversión necesaria para implementar un invernadero de 100 m² se realizó el presupuesto indicado en el Cuadro 6.

También se indican los costos variables que representan el capital de trabajo necesario para mantener el invernadero produciendo forraje hidropónico durante un mes.

En base a los valores obtenidos se realizó el siguiente análisis en proyección al potencial de este invernadero:

4.4.1. Proyección del uso potencial del invernadero presupuestado.

Área de invernadero: 100 m²

Eficiencia de uso : 70%. Esto significan 280 m² de bandeja en cuatro pisos.

Duración del ciclo de producción para maíz: 13 días. Esto deja 21.5 m²/día.

Producción de un m² de bandeja: 3.33 kg de materia seca, lo que representa
71.60 kg MS/día (158 lb MS/día).

Consumo diario de MS/vaca : 2% de su peso vivo.

$71.60/0.02 = 3580$ kg de peso vivo capaz de alimentarse
diariamente.

Peso vivo promedio de una vaca: 600 kg

$3580/600 = 6$ vacas podrían ser alimentadas sólo
con F.V.H. de maíz diariamente.

¿Cuántas vacas pueden suplementarse diariamente?

Producción de un m² de bandeja: 3.33 kg de materia seca.

La materia seca es un 20% de la materia fresca, es decir
un m² de bandeja produce 17 kg de MF.

$71.60 \text{ kg MS}/20 \text{ vacas} = 3.58 \text{ kg MS/vaca/día}$.

3.33 kg20%MS

X kg100%MF X=16.65 kg MF/vaca/día

16.7 kg MF =36.74 lb MF

Esto ratifica el consumo diario por animal de 15 a 20 kg de forraje hidropónico reportado por Hidro Farm (1996).

Si un m² produce 17 kg MF/día. Y la vaca consume 16.7 kg MF entonces

$16,7/17 = 0,98 \text{ m}^2$ bandeja por vaca a suplementar diariamente.

Con el mejor tratamiento de maíz $17 \text{ kg MF} * 19\% \text{ PC}$ obtenemos $0,52 \text{ kg}$ de proteína cruda por bandeja.

Las tablas NRC (1988) indican que una vaca lechera adulta de 600 kg de peso necesita consumir $0,406 \text{ kg}$ de PC para su mantenimiento diario, lo que nos deja un exceso sobre el mantenimiento de $0,12 \text{ kg}$ de proteína para producción.

Número de vacas capaz de suplementarse 1 m^2 produce 17 kg MF

Se cuenta con $21,5 \text{ m}^2/\text{día}$

Esto es $365,5 \text{ kg MF/día}$

La vaca consume $16,65 \text{ Kg/día}$

$365,5/16,7 =$ Se pueden suplementar 22 vacas,
(20 vacas para fines de cálculo)

4.4.2 Costos de suplementación.

Una vaca consume en Zamorano un promedio de 4 kg de concentrado al día.

Con un quintal se pueden alimentar 11 días.

Esto son $2,7$ quintales al mes

Un quintal cuesta Lps. 200

Esto es 545 Lps/mes/vaca

Esto significan $10910 \text{ Lps/mes/hato}$ de 20 vacas U.S.\$ 840 / mes

Con F.V.H. el costo de suplementar 20 vacas es de U.S.\$ 379,43 / mes

Esto hace 2.2 veces menor el costo que suplementar con concentrados.

En términos de materia orgánica digerible:

F.V.H. de maíz:

Hay un rendimiento de $365,5 \text{ kg MF/día} * 30 \text{ días} = 10965 \text{ kg MF/mes}$

Se necesitan U.S.\$ 379,73/mes para obtener los 10965 kg MF/mes

Esto es U.S.\$ 0,035 /kg MF

En promedio la MS del maíz es de $14,5\%$

En promedio la MO del maíz es $94,40\%$

En promedio el DIVMO del maíz es de $74,76\%$

$1 \text{ kg MF} * 0,145 \text{ MS} * 0,9440 \text{ MO} * 0,7476 \text{ DIVMO} = 0,102 \text{ kg}$

U.S.\$ 0,035 cuestan $0,102 \text{ kg}$ de materia orgánica digerible (MOD)

Esto significa U.S.\$ 0,342 / kg MOD

Concentrado:

$45,45 \text{ kg}$ cuestan Lps. 200 = U.S.\$ 15,40

1 kg de concentrado entonces cuesta U.S.\$ 0,34

En promedio la MS del concentrado es de $87,86\%$

En promedio la MO del concentrado es de $80,75\%$

En promedio la DIVMO del concentrado es de $83,23\%$

$1 \text{ kg MF} * 0,8786 \text{ MS} * 0,8075 \text{ MO} * 0,8323 \text{ DIVMO} = 0,59 \text{ kg}$

U.S.\$ 0,34 cuestan $0,59 \text{ kg}$ de materia orgánica digerible (MOD) U.S.\$ 0,58/ kg MOD

$\$0,58 / \$0,34 = 1,69$

El kg de MOD del F.V.H. es 1,69 veces mas barato que el kg de MOD de concentrado.

Cuadro 6. PRESUPUESTO DE IMPLEMENTACION DE UN INVERNADERO
 PARA LA PRODUCCION DE FORRAJE HIDROPONICO
 Dimensiones del invernadero (m): 20 largo x 5 ancho x 4 alto

CONCEPTO	UNIDAD	\$/Unidad	CANTIDAD	TOTALES
INVERNADERO				
Postes de madera (22m)	unds.	1.14	10	11.40
Plastico de invernadero	m2	1.2	30	36.00
Zarán	m2	2.15	200	430.00
Piso de concreto	m2	10	100	1000.00
SOPORTE				
Estantes de madera	unds.	70	2	140.00
Bandejas de 0.15m2	unds.	0.75	2700	2025.00
SIST. DE RIEGO				
Tanque	unds.	120	1	120.00
Bomba	unds.	130	1	130.00
Mangueras	m	0.2	250	50.00
PVC 1.5"	m	0.39	10	3.90
Timer	unds.	25	1	25.00
Sistema eléctrico	unds.	80	1	80.00
Codos de mangueras	unds.	100	0.6	60.00
Acoples de mangu. 1.5"	unds.	50	0.35	17.50
IMPLEMENTOS				
Carretilla	unds.	30	2	60.00
Tanques de remojo	unds.	120	1	120.00
TOTAL INVERSION INSTALACIONES				4308.80
COST. VARIABLES				
Semilla	kg/mes	0.30	896	262.38
Fertilizante	kg/mes	1.76	0.9	1.58
Agua	m3/mes	0.38	0.9	0.34
Yodo	l/mes	9.14	8	73.12
MANO DE OBRA				
Jornalero	jorn/mes	1.40	30	42.00
TOTAL COSTOS VARIABLES				379.43

5. CONCLUSIONES

1. En Zamorano es posible producir forrajes hidropónicos de maíz y arroz.
2. Según los resultados obtenidos la densidad más adecuada de semilla de maíz por bandeja de $0,15 \text{ m}^2$ es de 1 kg, y para el arroz es de 0,6 kg .
3. Con base a los resultados la concentración de la solución nutritiva más adecuada es 2,4 gramos para maíz y 1,8 gramos para arroz de 10-8-22 por litro de agua,
4. Un metro cuadrado de bandeja en maíz produce alrededor de 20 kg de materia fresca y el arroz alrededor de 14 kg en 13 días, que se cosechan diariamente.
5. El contenido de materia seca para los mejores tratamientos esta cerca del 17%, equivaliendo esto a 3,4 kg de MS/ m^2 de bandeja, lo que mejora la productividad por área .
6. Se puede obtener hasta 0,52 kg de proteína cruda en maíz al usar 2 veces la concentración recomendada de 1,2g/l y 0,31 kg en arroz usando la concentración de 1,5 veces la recomendada por la casa fabricante.
7. Con un monto de inversión de U.S.\$ 4308 se puede instalar en Zamorano una unidad de forrajes hidropónicos con capacidad para suplementar 20 vacas diariamente.
8. En términos de materia seca el costo de suplementación con forraje hidropónico de maíz es 2,2 veces menor que con concentrados, y en términos de materia orgánica digerible es 1,69 veces menor.

6. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda la utilización de F.V.H. para alimentar animales en la época seca donde escasean los pastos o durante todo el año como alimentación suplementaria.
2. Realizar más experimentos con forraje hidropónico, enfocados a evaluar la respuesta animal a la suplementación con el mismo.
3. Realizar más experimentos con forraje hidropónico, para evaluar otro tipo de grano o fuente utilizables en Zamorano y que no compitan con la alimentación humana.
4. Utilizar de 6 kg de semilla de maíz por metro cuadrado y 1.6 kg de semilla de arroz por metro cuadrado de bandeja .
5. Usar el área libre que queda para producir granos básicos, y compensar la competencia que el sistema causa con la alimentación humana o puede ser utilizada para la producción de cultivos de alta rentabilidad como hortalizas, flores etc.
6. Es recomendable que el agua luego de utilizada para el F.V.H. sea reutilizada para riego de otros cultivos, integrando las actividades.
7. Utilizar el F.V.H. de maíz ya que tiene mejor producción de biomasa e índices nutricionales más altos que el arroz.
8. Utilizar forrajes hidropónicos para reducir los costos de suplementación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- BUGBEE, B. 1996. Nutrient Management in recirculating Hydroponic Culture .
Utha State University. USA. INTERNET: sln47@cc.usu.edu
- BORQUEZ, F. ; M., FIGUEROA.; M., TIMA.; J., PARILO.; J., CELIS. 1996.
Producción de forrajes en condición de hidroponía con un diseño simplificado.
INTERNET: [http:// aguila.dpi.udec.cl/agronomia.html](http://aguila.dpi.udec.cl/agronomia.html)
- CALDERÓN, F. 1989. El cultivo hidropónico. Departamento técnico de COLJAP.
Bogotá, Colombia. COLJAP. 83p.
- COLJAP. 1995. Cultivos Hidropónicos. Colección aprende fácil. Ediciones culturales
Ver. Bogotá Colombia. 137 – 152 p.
- FIGUEROA, V. 1996. Producción porcina con cultivos Tropicales y reciclaje de
Nutrientes. Cali, Colombia. 155 p.
- GESTION AGRÍCOLA DE CHILE. 1997. Producción de forraje hidropónico.
Chile. INTERNET: www.interaccess.cl/agroneg/gestion.htm
- HIDROFARM. 1996. Forraje verde hidropónico. FVH. Folleto. Quito Ecuador. 5p.
- HUTERWAL, G. c1986. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra. Buenos Aires
Argentina. Albatros. 251p.
- LAGHANS, R. 1980. Greenhouse Management. Ed. 3. Ithaca N.Y. USA.
Halcon Press of Ithaca. 180 p.
- MEYER, J. 1997. Serve sprouts. Bird Talk Magazine. USA. 16 – 18 p.
- MOYANO, G. 1994. Cartilla de Hidroponía. Bogotá, Colombia. UNISUR. 49 p.

- NRC, 1988. Nutrient requirements of dairy. National Academy Press, 9th Revised Edition. Washington, D.C. 93 p.
- PENNIGSFIELD, F. y P. KURZMANN. 1983. Cultivos hidropónicos y en turba. Trad. por Santos J. Ed. 2. Madrid España. Mundi-Prensa. 343 p.
- RAMIREZ, S.; O., OSORIO.; M., GONZALEZ. Sf. Cultivo hidropónico. Medellín, Colombia. Asojardín, 48 p.
- RESH, H. 1982. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. Trad por Santos J. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 123 -125 p.
- RESH, H. 1990. Hidroponic home food gardens. Santa Barbara, California, USA. Woodbridge Press Publishing Company. 159 p.
- S.A.S.® Proprietary. 1991. Software Release 6.04. Satatistical Analisis System Institute Inc. Cary, N.C. , E.E.U.U.
- SHOLTO, J. 1987. Hidroponia: Cultura sem terra. Sao Paulo, Nobel Brasil. 94 - 96 p.
- THE ARABIAN HORSE. 1996. Hidoponic grasses. Trad. por Hidrofarm. Quito, Ecuador 8p.
- URROZ, J. 1996. Producción de forraje vivo hidropónico. Centro experimental de tecnología y agronegocios. INTERNET. [http:// aguila.dpi.udec.cl/agronomia.html](http://aguila.dpi.udec.cl/agronomia.html)
- UNLAGRO. 1997. Producción de forraje hidropónico y la finca integrada. Universidad Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. Video 20 min.
- VELEZ, M. 1994. Producción de ganado lechero en el trópico . Zamorano. Zamorano, Honduras. Zamorano Academic Press. 163 p.

Anexo I.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SOLUCIÓN HIDRO-GARDENS.

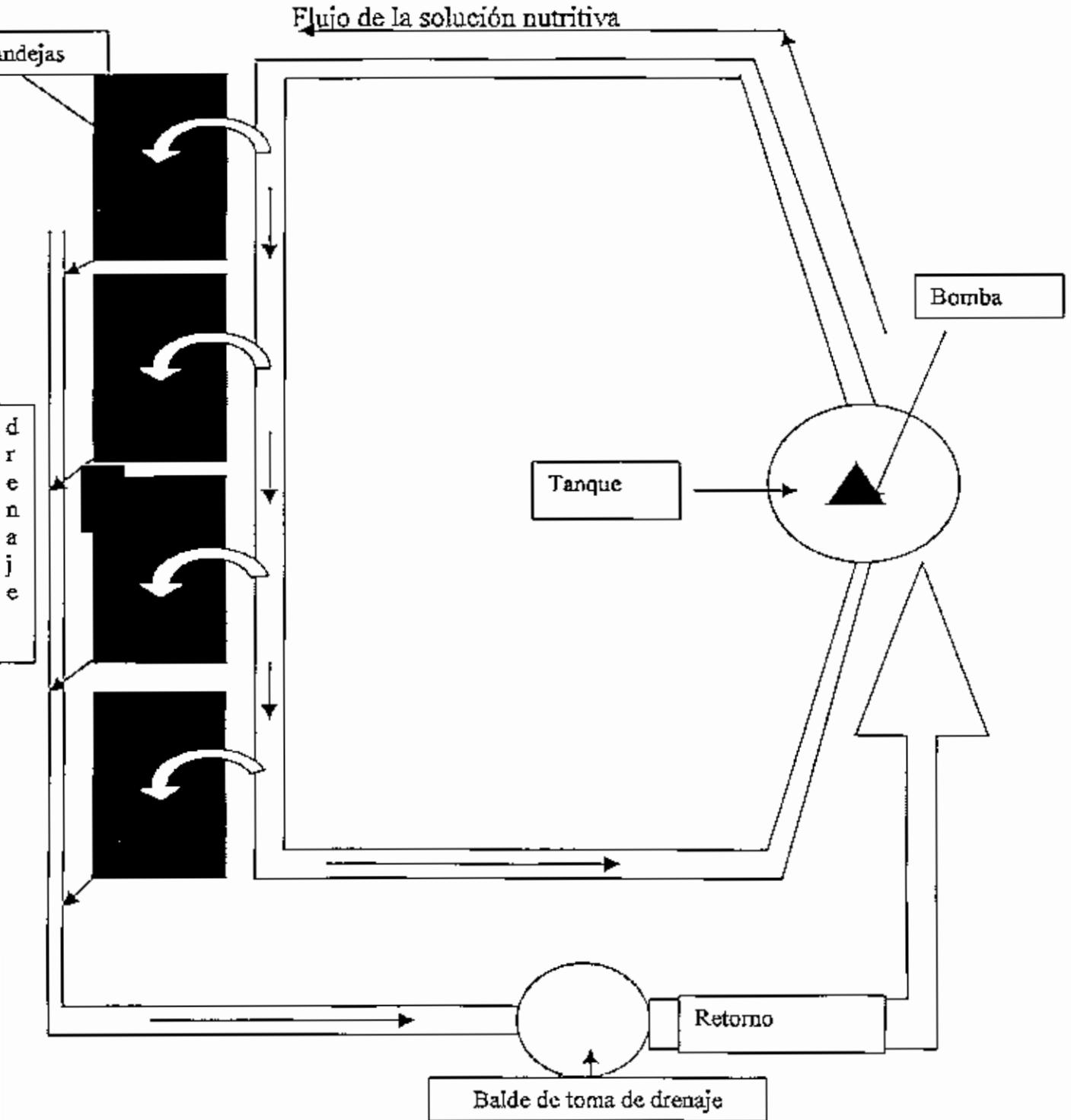
FORMULA : 10-8-22

Nutriente	% Contenido
Nitrógeno	10
Acido Fosfórico disponible	8
Potasio soluble	22
Calcio	5
Azufre	2
Boro	0.05
Cobre	0.05
Hierro	0.20
Manganeso	0.10
Molibdeno	0.05
Zinc	0.05

Dosis recomendada por la casa fabricante : 1 lb en 100 galn (1.2 g/l)

Anexo 2.

SISTEMA DE RIEGO PARA RECICLAJE DE SOLUCION NUTRITIVA

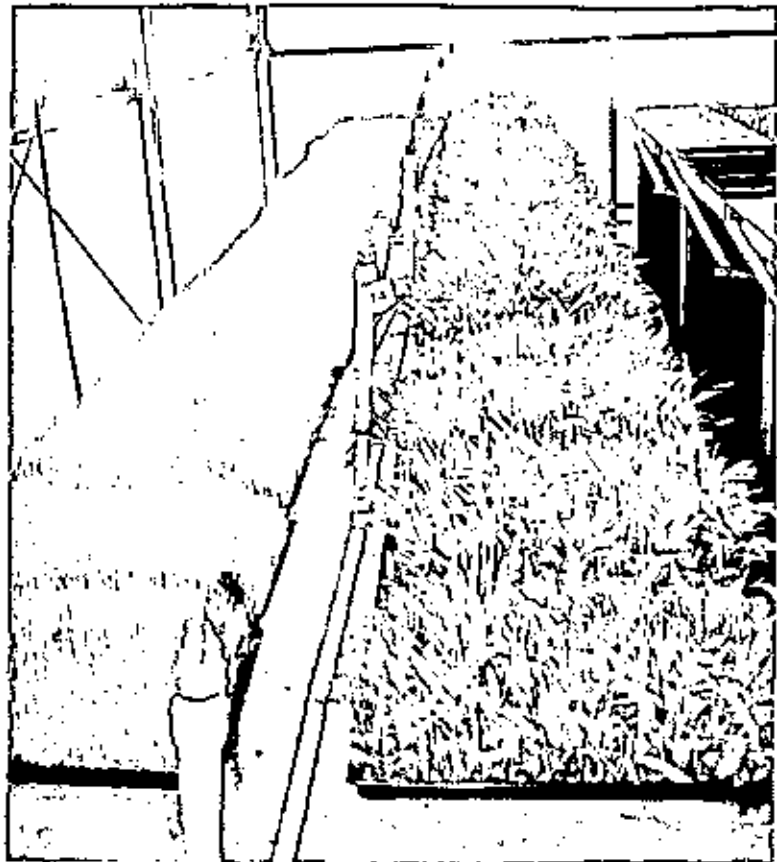


Anexo 3.

a. Estructura típica de producción de forrajes hidropónicos.

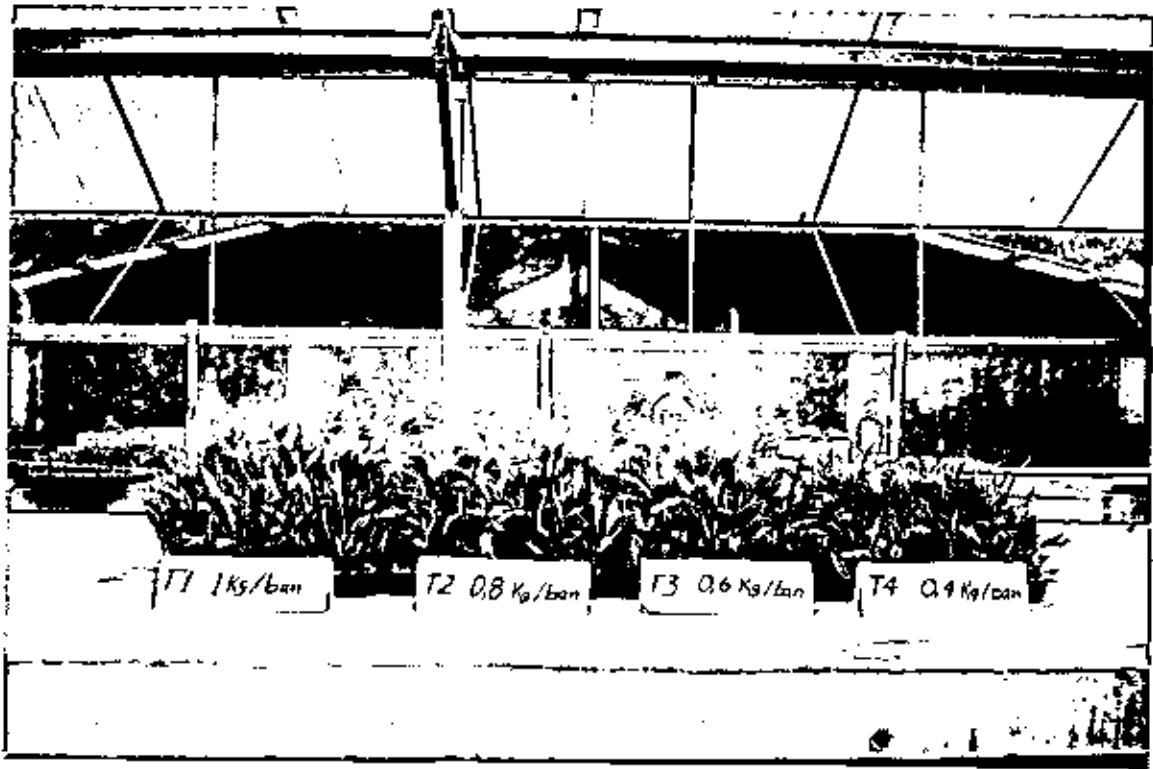


b. Disposición de los
tratamientos
de la fase I



Anexo 4.

a. Tratamientos de F.V.H. de Maíz a la cosecha.



b. Tratamientos de F.V.H. de Arroz a la cosecha.

