Introducción

El cultivo de plantas en agua o solución nutritiva, es un método de cultivo referido como hidropónia (hidro = agua, ponos = labor), que ha sido practicado por siglos. Como ejemplos; se tienen los jardines colgantes de Babilonia, los flotantes de Kashmir y Aztecas en México. Los Egipcios algunos siglos A.C. cultivaban plantas en agua. Durante la segunda guerra mundial, en el Pacifico Sur, unidades hidropónicas móviles proporcionaban vegetales a los soldados que operaban en esa área. Existen intensas investigaciones para la aplicación de éste sistema en viajes espaciales, submarinos atómicos y regiones polares. En algunas regiones desérticas el método es una realidad.

Hoy en día, la técnica de hidropónia juega un papel muy importante en el desarrollo global de la agricultura. La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la falta y contaminación de las aguas, son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos. En la actualidad, a través del mundo hay más de 40 mil hectáreas de invernadero bajo el sistema de hidropónia, cifra que se incrementa rápidamente.

La concepción común de hidroponía es el que las plantas son cultivadas eficientemente sin suelo, y para ello, los 16 elementos esenciales para su crecimiento son proporcionados periódicamente a las raíces a través de una solución nutritiva. Las plantas crecen rápidamente, son más precoses, ya que utilizan la energía para crecer hacia arriba y no a través del suelo.

Objetivo.

Se tuvo como objetivo, el establecer unidades de invernadero de ciento cuarenta y cuatro metros cuadrados, cada uno para la producción de forraje verde hidropónico. La meta es lograr con cada unidad y durante todo el año suficiente forraje para alimentar hasta 120 cabezas de ganado vacuno por día.

Materiales y Métodos.

Sistema de producción de forraje verde hidropónico.

Bien podría llamarse **“La fabrica de alimento”** a la subsiguiente descripción de la ingeniosa aplicación de la tecnología de hidroponía en la producción de forraje verde. Esencialmente es el uso de un invernadero de 144 m^2, y equipado con un sistema de riego hidropónico sin sustrato para el proceso de germinación de granos de cereales y leguminosas (maíz, sorgo (tabla 1), trigo y cebada), durante un periodo de 8 a 12 días, en el que el grano germinado alcanza una altura

promedio de 25 cm de altura. Por cada kilogramo de grano germinado se obtiene 9 o mas kilogramos de forraje de alto valor nutritivo (tabla 2) formado por tallos, hojas, raíces y restos de la semilla. Con maíz se están obteniendo seis kilogramos por cada kilogramo de semilla.

Tabla 1

Análisis Bromatológico de una Planta Completa de Cebada		
Cantidad sembrada por bandeja (gr.)	**Análisis Químico**	**Porcentajes**
1,000	Proteína Total	20.23
	Materia Seca	17.77
	Solubilidad de proteína	77.49
	Fibra detergente neutro	51.79
	Digestibilidad en vivo	63.58

Tabla 2

Composición - Análisis Nutricional			
	Materia Seca	=	18.6 %
	Proteína	=	16.8%
	Energía metabolizable	=	3.216 Kcal/Kg.M.S.
	Digestibilidad	=	81 - 90 %
Vitaminas	Caroteno	=	25.1 ul/Kg
	Vitamina E	=	26.3 ul/Kg.
	Vitamina C	=	45.1 mg/Kg.
Minerales	Calcio	=	.104 %
	Fósforo	=	.47 %
	Magnesio	=	.14 %
	Hierro	=	200 ppm
	Manganeso	=	300 ppm
	Zinc	=	34.0 ppm
	Cobre	=	8.0 ppm

El sistema ofrece una alternativa muy valiosa para la producción rápida y simple de forraje verde de incalculable valor en época de sequía. Suplemento que en estas condiciones resulta ser importante fuente de excelente alimento para el ganado y que significa la diferencia entre mantener su peso, perder tal condición o su valor total.

Con el método es posible de suministrar a diferentes especies de ganado, alimento constante durante todos los días del año, evitando alteraciones digestivas., menor incidencia de enfermedades., un aumento en la fertilidad y producción de leche y en general todas las ventajas que los animales pueden obtener de una buena alimentación.

Características del invernadero tipo.

El invernadero se identifica teniendo un ancho de 8 m y una longitud de 18 m respectivamente. Esta formado con arcos de tubería de 2” de diámetro, separados 3 m entre si, y se estructuran con travesaños que soportan cargas de 25 kg./m^2. su cubierta es de polietileno de 150 micras y sus costados se enrollan para permitir una mejor ventilación. El área descubierta queda protegida con malla anti-trips. La estructura soporta velocidades de viento de 150 km/hr.

Ubicación: preferentemente, debe de estar cercadle área del suministro del alimento a los animales. La funcionalidad de las instalaciones del agua y energía eléctrica deben de ser consideradas.

Piso: La experiencia aconseja que el piso sea de concreto para un correcto manejo de la explotación.

Modulación: En el interior de cada invernadero, se instalan siete módulos de estructuras de 0.80 m de ancho por 18 m de largo, separados entre si por corredores de 1 m de ancho para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo.
Cada uno de los módulos de las orillas tiene siete niveles separados entre si 25 cms., el primer nivel dista del suelo 15 cms. En cada nivel y a lo largo del invernadero, se acomodan cuatro charolas por m^2. De esta manera para cada uno de los módulos se tienen 448 charolas. Tendiéndose un total de 1792 charolas para invernadero. La estructura es de metal, la cual tendrá pendientes longitudinales y transversales para un buen drenaje del exceso de agua en todos los sentidos.

Charolas. Sus medidas son de 43.18 cm. X 43.18 cm., con profundidad de 5 cm. Las densidades de siembra utilizadas por charola con maíz, es de 2 kg. En la tabla 3 se presentan diversas densidades de siembra de acuerdo al grano a utilizar.

Tabla 3

DENSIDAD DE LA SIEMBRA DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO		
Semilla	**Densidad**	**Profundidad**
Cebada	20 gramos/decímetro²	2 cm
Maíz	40 gramos/decímetro²	3 – 4 cm
Sorgo	25 gramos/decímetro²	1.5 cm

Sistema de riego. En el Apéndice 1, se presentan las características del sistema de riego por micro aspersión y sus componentes.

Metodología de producción.

Selección de semilla. Se debe de utilizar semilla de cereales o leguminosas sin malezas y libres de plagas y enfermedades, evitar los transgénicos. No deben de provenir de lotes tratados con insecticidas o funguicidas. La humedad mas deseable es de un 12% y debe de haber tenido un reposo para que se cumpla con los requisitos de madurez fisiológica. Los cultivares más comunes son: maíz, cebada, trigo y sorgo.

Lavado. La semilla se sumerge en agua, con el fin de eliminar todo el material que flote, se drena y se sumerge en agua con un 2% de hipoclorito de sodio por quince minutos, después de este periodo se drena de nuevo, se le da un lavado rápido y se pasa a la pregerminación.

Pregerminación: La semilla después de haber sido tratada, se humedece durante 24 horas con agua aireada (conviene en algunos casos el cambiar el agua); una vez cumplido éste tiempo, se drena el agua para que la semilla pueda respirar y se deja reposar durante 48 horas en recipientes debidamente tapados para mantener una humedad ambiental alta.

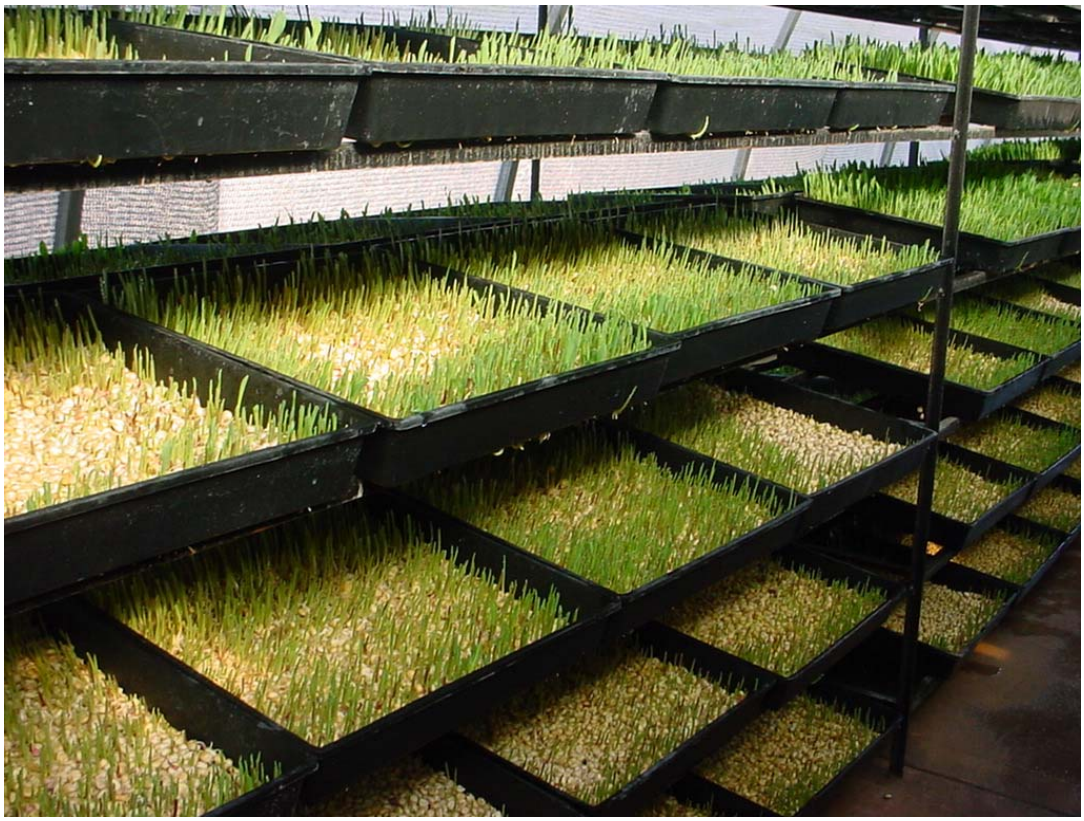
Charolas: La siembra se hace en las charolas de manera muy cuidadosa para evitar daños al grano que ya debe de tener cuatro raicillas; la densidad de siembra será de acuerdo al grano a sembrar.

Una vez sembrados, las charolas se colocan en el sitio permanente de desarrollo. A partir de éste momento se inician los riegos permanentes con la solución nutritiva.

El riego se aplica con criterio de que el grano o la parte aérea deben de permanecer húmedas, evitando encharcamientos en las charolas. Los riegos se aplicaran a los intervalos requeridos a partir de las 8 a.m. a las 4 p.m.

Después de retirar la cosecha, las charolas se deben de sumergir en una solución de hipoclorito de sodio al 0.5% por 10 minutos, se retiran y se dejan secar sin enjuagar.

Crecimiento: Los factores ambientales que ejercen mayor influencia en la producción de forraje son: la luz, temperatura, humedad, oxigenación y gas carbónico. La duración del día o foto periodo influye sobre el desarrollo vegetativo. La luz solar no debe ser excesiva ya que causa quemaduras sobre las charolas superiores. La temperatura ideal es de 21º C y debe ser lo mas constante posible.



El período de crecimiento dura de 10 a 14 días (Tabla 4), dependiendo de las condiciones climáticas, para obtener forraje con una altura promedio de 20 a 25 centímetros.

Como el cultivo de forraje hidropónico es un cultivo de raíz desnuda, es decir sin sustrato, se deberá de establecer un ambiente con alta humedad relativa, mayor del 85% Esta humedad se consigue con la frecuencia de los riegos y la evaporotranspiración de las plantas. A la vez, es necesaria una buena aireación para obtener el intercambio gaseoso.

Tabla 4

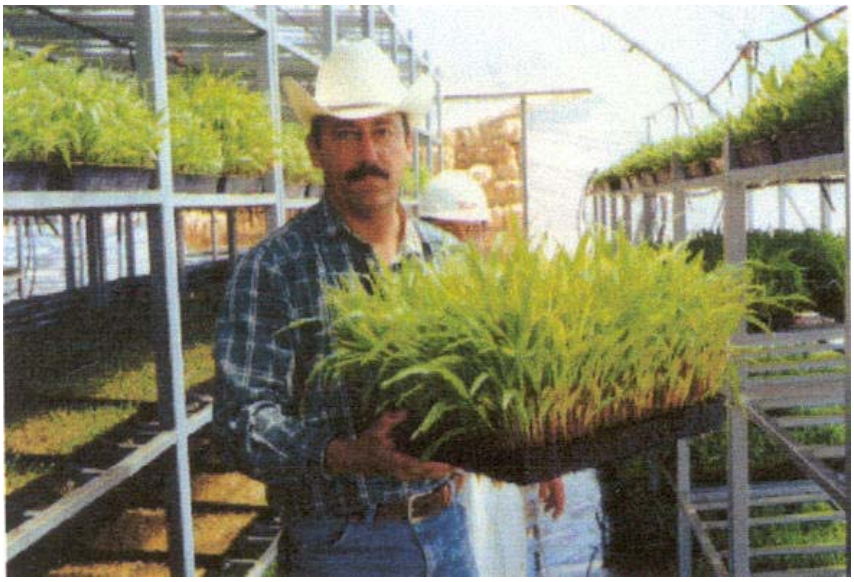
ANALISIS DE PROTEINA DE UNA PLANTA COMPLETA CON DIFERENTES DIAS DE SIEMBRA			
Cantidad Sembrada por Bandeja (gr.)	Días de Siembra	Humedad	Proteína Total (%)
1000.00	14	84.9	13.4
	13	81.0	13.3
	12	82.1	17.4
	11	85.0	16.8
	10	91.1	13.8

En éste estado la planta, tanto en su parte aérea como en su zona radicular, está en un crecimiento acelerado; posee poco contenido de fibra y un alto contenido de proteína (Tabla 5), parte de la cual se encuentra en formación, por lo que gran cantidad de aminoácidos están libres y son fácilmente aprovechados por los animales que las consumen.

Tabla 5

CUADRO COMPARATIVO DEL FORRAJE VERDE HIDROPONICO				
	F.V.H.	CONCEN-TRADO	HENO	PAJA
Energía(kcal/Kg.MS)	3.216	3.000	1.680	1.392
Proteína en Cebada (%)	25	30.0	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80	47.0	39.0
Kcal digestible/Kg.	488	2.160	400	466
Kg. Proteína digestible/Tm.	46.5	216	35.75	12.8

Mcal= 1.000 x Kcal **F.V.H.=forraje verde hidropónico**
MS= Materia seca



Cosecha: Esta se hace cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cms. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego.
Como consecuencia obtendremos un gran tapete radicular, ya que las raíces se entrecruzan unas con otras por la alta densidad de siembra.

Este Tapete esta formado por las semillas que no alcanzan a germinar, las raíces y la parte aérea de 25 centímetros o más de altura.

Ventajas de la utilización de Forraje Verde Hidropónico.

Cada una de las unidades consideradas en éste proyecto pueden satisfacer las necesidades en productos verdes vivos durante todo el año hasta de 120 cabezas de ganado vacuno por día.

El área de cultivo es pequeña, siendo equivalente a 1.20 metros cuadrados por cabeza animal, sin comparación al terreno necesario para su alimentación tradicional.
El consumo de agua es mínimo ya que se estima utilizar menos de dos litros por kilogramo de forraje verde producido.

El forraje verde hidropónico brinda proteínas, minerales, todas las vitaminas libres y solubles (Tabla 6), haciéndolas mas asimilables lo que no ocurre con el grano seco. Lo anterior elimina en gran parte el uso de vitaminas sintéticas. LA VITAMINA “A” tiene una gran importancia en la fertilidad de los animales y el forraje verde hidropónico la contiene en una proporción elevada.

Al suministrar forraje hidropónico durante toda la dieta alimenticia, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos para uso animal.

Tabla 6. Análisis fisicoquímico de muestras de trigo, a diferentes edades de crecimiento.

Muestra de Trigo (Crecimiento)	% Humedad	% Proteína base Húmeda	% Proteína base Seca
10 días	**86.82**	**2.53**	**20.33**
12 días	**88.12**	**2.40**	**20.22**
14 días	**92.07**	**1.86**	**22.90**
16 días	**90.70**	**2.24**	**24.08**

Recomendaciones para la alimentación animal.

Con el uso de forraje verde hidropónico se podrán obtener excelentes resultados en la alimentación de vacunos, y otros animales.

La relación de producción es de 1 a 9, o sea que con cada kilogramo de semilla utilizado se obtienen 9 kilogramos de forraje verde hidropónico. No es difícil el llegar a relaciones de 1 a 12 y de 1 a 15.

Su aspecto, color, sabor y textura, le confieren gran palatabilidad, a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos.

Para la alimentación de vacunos se suelen suministrar al día de 12 a 18 kilogramos del forraje en cuestión, para ganado de leche se deben de repartir en dos raciones, generalmente a las horas de los ordeños, suprimiendo otros complementos, como los concentrados, la anterior ración es suficiente para complementar en forma adecuada la dieta de una vaca lechera al aportar hasta 1800 gramos de proteína por día.