

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. La Hidroponía**

Según Sánchez, C. (2004) Pág. 9. Etimológicamente el concepto de hidroponía deriva del griego y significa literalmente trabajo o cultivo (*ponos*) en agua (*hydros*).

En el mismo texto Pág. 69. La hidroponía se define como la ciencia de cultivo de plantas sin el uso de tierra, pero con el uso de un medio inerte. Para el GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 1. 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 precoces, ya que utilizan la energía para crecer hacia arriba y no a través del suelo.

Se entiende por hidroponía el cultivo de plantas en cualquier sustrato diferente a la tierra, es decir, se sustituye la tierra por cualquier sustancia inerte o relativamente inerte. Rodríguez, C. Díaz David, (2001). Pág. 14.

### **2.2. El forraje Verde Hidropónico**

Se menciona en SICA, (2000). Pág. 26. que la técnica para la producción de forraje verde hidropónico se basa en el aprovechamiento del poder germinativo de las semillas de cereales como cebada, avena, trigo o maíz, las cuales una vez iniciada la germinación, liberan en sus primeras etapas de crecimiento todos los nutrientes almacenados como reserva, para sostenimiento de la nueva planta.

En la publicación FAO, (2001). Pág. 5. El FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo.

Para el Centro De Investigación De Hidroponía Y Nutrición Mineral, (2006). El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales (cebada, avena, trigo, maíz, etc.) que realiza durante un período de 8 a 15 días.

Según Sánchez A. (2005). Pág. 1. El FVH o “green fodder hydroponics” en un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal.

De acuerdo a Carballido, C. (2005). El forraje hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional producido muy rápidamente (9 a 20 en días) captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva.

En la revista APRENDE FACIL CULTIVOS HIDROPONICOS, (2003), Pág. 14 se menciona que no existe ninguna diferencia en el funcionamiento de las plantas que crecen en un cultivo hidropónico y aquel que lo hacen en la tierra. La planta desde que comienza la germinación de la semilla debe desarrollar sus diversos órganos.

### 2.2.1. Composición química y nutricional del FVH

Las bondades del FVH se han visto en muchas ocasiones por lo cual se han análisis químicos para determinar sus nutrientes por ejemplo:

**Cuadro N° 1. Composición química y nutricional del FVH**

Materia Seca	18,60%
Proteína	16,80%
Energía Metabolizable	3,216 kcal./kg. M.S.
Digestibilidad	81 - 90 %
Caroteno	25,1 ul./kg.
Vitamina E	26,3 ul./kg.
Vitamina C	45,1 mg./kg.
Calcio	0,10%
Fósforo	0,47%
Magnesio	0,14%
Hierro	200 ppm
Manganeso	300 ppm
Zinc	34 ppm
Cobre	8 ppm

Fuente: GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 2, 3.

### 2.2.2. Dosis de FVH recomendadas para diferentes especies

Se han realizado varias de investigaciones para determinar las cantidades de FVH que las diferentes especies admiten para lograr mejores resultados por lo que se recomienda las siguientes dosis:

**Cuadro N° 2. Dosis de FVH recomendadas para diferentes especies**

<b>Especie Animal</b>	<b>Dosis de FVH kg. por cada 100 kg. de peso vivo</b>
Vaca lechera	1 -- 2
Vacas secas	0,5
Vacunos de carne	0,5 - 2
Cerdos	2
Aves	25 kg. de FVH/100 kg. de alimento seco
Caballos	1
Ovejas	1 -- 2
Conejos	0,5 - 2 (*)

(\*=conejos en engorde aceptaron hasta 180-300 g FVH/día (10-12% del peso vivo); ingesta de las madres en lactancia = hasta 500 g FVH/día.)

Fuente: Arano, (1998); citado por FAO, (2001). Pág. 19.

### **2.2.3. Producción de FVH**

#### **2.2.3.1. Métodos de producción de FVH**

Conforme a la publicación de FAO, (2001). Pág. 13. Los métodos de producción de FVH cubren un amplio espectro de posibilidades y oportunidades menciona que esta se puede instalar en bandejas de plástico provenientes del corte longitudinal de envases descartables; estantes viejos de muebles a los cuales se les forra con plástico; bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico las cuales a veces son hechas especialmente para esto; en cajones de desecho provenientes de barcos y/o plantas procesadoras de pescado, a los que se les reduce la altura por ser demasiado altos, o en los más sofisticados sistemas automatizados por computadora que se conocen en el presente.

### **2.2.3.2. Selección de las especies de granos utilizados en FVH**

En la misma publicación Pág. 13 se dice que esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo. La elección del grano a utilizar depende de la disponibilidad local y/o del precio a que se logren adquirir. La producción de FVH utilizando semillas de alfalfa no es tan eficiente como con los granos de gramíneas debido a que su manejo es muy delicado y los volúmenes de producción obtenidos son similares a la producción convencional de forraje.

### **2.2.3.3. Selección de la semilla**

Estudios hechos por el GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 7. Se señala que 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 más 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.

## **2.3. Maíz (*Zea Mays*)**

En Aristos, (1995). Pág. 401 se dice que el maíz es una planta gramínea de tallos gruesos, que produce unas mazorcas con granos de color amarillo rojizo, muy nutritivos.

### Cuadro N<sup>o</sup> 3. Clasificación Taxonómica.

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Género:</b>	<i>Zea</i>
<b>Especie:</b>	<i>Mays</i>
<b>Nombre binomial:</b>	<i>Zea mays</i>

Fuente: WIKIMEDIA, Foundation Inc. (2007)

#### 2.3.1. Radícula y raíces seminales

Para Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004). El inicio del crecimiento, al ocurrir la germinación, se expresa a través de la aparición de la radícula; ésta demora en promedio entre 2 y 4 días en romper la cubierta del pericarpio. Luego del crecimiento inicial de la radícula, aparecen casi simultáneamente tres raíces seminales

En el mismo documento se menciona que la radícula y las raíces seminales son fundamentales hasta que la planta alcanza tres hojas, estado en que la presencia de raíces principales es aún muy escasa. Al estado de cuatro hojas las raíces primarias dejan de crecer y van perdiendo gradualmente su importancia.

#### 2.3.2. Semillas

Según Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004). La semilla de maíz está contenida dentro de un fruto denominado cariósido; la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que se sitúa por sobre la testa de la semilla. Esta última está conformada internamente por el endosperma y el

embrión, el cual a su vez está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleóptilo y el escutelo o cotiledón

**Cuadro N<sup>o</sup> 4. Composición promedio de un cariósido de maíz perteneciente a la especie *Zea mays* L. var. *indentata* (Sturtev.) L. H. Bailey.**

<b>Componentes</b>	<b>Porcentajes (%)</b>
<b>Humedad</b>	12,0 - 13,0
<b>Almidón</b>	65,0 - 70,0
<b>Azúcares</b>	1,0 - 2,0
<b>Proteína</b>	10,0 - 11,0
<b>Grasa</b>	4,0 - 5,0
<b>Fibra</b>	2,0 - 2,5
<b>Ceniza</b>	1,0 - 2,0

Fuente: Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004).

#### **2.4. Cebada (*Hordeum vulgare*)**

En Aristos, (1995). Pág. 137 se menciona que la cebada es una planta gramínea, parecida al trigo, que sirve de alimento a las bestias.

**Cuadro N<sup>o</sup> 5. Clasificación Taxonómica.**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Género:</b>	Hordeum
<b>Especie:</b>	Vulgare
<b>Nombre binomial:</b>	<i>Hordeum Vulgare</i>

Fuente: WIKIMEDIA, Foundation Inc. (2007)

### 2.4.1. Radícula y raíces seminales

Para Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004). La semilla, para poder expresar su germinación a través de la aparición de la radícula, debe pasar desde aproximadamente un 10% de humedad a un 40%. Luego que la radícula alcanza alrededor de 4 cm. de longitud, comienza la aparición de las raíces seminales; éstas, junto con la radícula, conforman el sistema radical primario, el cual pierde prácticamente toda importancia en la medida que comienza el desarrollo de las raíces principales o coronarias.

### 2.4.2. Semillas

Según Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004). La semilla de cebada es parte de un fruto denominado cariósido, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y la cubierta seminal (testa), están estrechamente unidas, siendo inseparables; el fruto, por lo tanto, es de carácter indehiscente

**Cuadro N° 6. Composición promedio de un cariósido de cebada perteneciente a la especie *Hordeum distichon* L.**

<b>Componentes</b>	<b>Porcentajes (%)</b>
Humedad	12,0 - 13,0
Carbohidratos	65,0 - 72,0
Proteína	10,0 - 11,0
Grasa	1,5 - 2,5
Fibra	2,5 - 4,5
Ceniza	2,0 - 3,0

Fuente: Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004).



## 2.5. Trigo (*Triticum durum*)

En Aristos, (1995). Pág. 626 se tiene como concepto que el trigo es una planta gramínea, con espigas cuyos granos, molidos, se saca la harina con la que se hace el pan.

**Cuadro N<sup>o</sup> 7. Clasificación Taxonómica.**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Género:</b>	Triticum
<b>Especie:</b>	Aestivum, durum
<b>Nombre binomial:</b>	<i>Triticum durum</i>

Fuente: WIKIMEDIA, Foundation Inc. (2007)

### 2.5.1. Radícula y raíces seminales

Para Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004). Las raíces que se desarrollan durante la etapa de germinación corresponden a la radícula y a las raíces seminales. Este sistema primario de raíces deja de crecer luego que las plantas alcanzan el estado de tres a cuatro hojas, perdiendo importancia en forma gradual hasta terminar por desaparecer.

### 2.5.2. Semillas

Según Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004). La semilla de trigo es parte de un fruto llamado cariósipide, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y la testa, están estrechamente unidas siendo inseparables. El fruto es de carácter indehisciente y contiene una sola semilla.

La forma de la semilla es ovoide, algo aplastada en un extremo y provista de pilosidades cortas en el otro, siendo acanalada en toda su longitud. En la extremidad no aguzada se aloja el embrión o germen, el cual está constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula, el coleóptilo y el escutelo o cotiledón

**Cuadro N° 8. Composición promedio de un cariósido de trigo perteneciente a la especie *Triticum aestivum* L.**

<b>Componentes</b>	<b>Porcentajes (%)</b>
Humedad	12,0 - 14,0
Carbohidratos	65,0 - 70,0
Proteína	13,0 - 15,0
Grasa	1,5 - 2,5
Fibra	2,0 - 2,5
Ceniza	1,5 - 2,0

Fuente: Pontificia Universidad Católica De Chile, (2004).

## **2.6. Producción**

### **2.6.1. Lavado de semilla**

En su publicación Rodríguez, A. (2000). Pág. 45. Menciona que 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.

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

Conforme cita la FAO, (2001). Pág. 13. 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 lo 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 y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido se las sumergimos por 12 horas para finalmente realizarles el último oreado. Mediante este fácil proceso estamos induciendo la rápida germinación de la semilla a través del estímulo que estamos efectuando a su embrión. Esta pregerminación nos asegura un crecimiento inicial vigoroso del FVH, dado que sobre las bandejas de cultivo estaremos 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.

### **2.6.3. La germinación**

Para Devlin, R. (1982), Pág. 472, el fenómeno de la germinación puede definirse como una cadena de cambios que empiezan con la absorción de agua y conducen a la ruptura de la cubierta seminal, por la raicilla (raíz embrionaria) o por la plántula.

Cuando se humedece una semilla, ésta absorbe agua y se inician en ella las actividades metabólicas como la respiración y la síntesis de proteínas; después de cierto tiempo el embrión emerge de la semilla. En este momento se dice que la semilla ha germinado Moreno, P. (2000).

Se llama germinación según De Francesco, V. González C. (2000), al acto por el cual la semilla en estado de vida latente entra de pronto en actividad y origina una nueva planta.

Se acuerdo a Perrise, P (2005). El proceso de germinación, es esencialmente la reiniciación del crecimiento del embrión una vez superado el período de latencia y cuando las condiciones de temperatura, luz, disponibilidad de oxígeno y agua son las adecuadas.

### **2.6.3.1. Proceso de Germinación**

De acuerdo a Moreno, P. (2000). Se describe el proceso de la siguiente manera:

El primer paso para que se inicie la germinación es que la semilla entre en contacto con el agua. Ésta es fundamental para que la semilla se rehidrate y exista un medio acuoso donde los procesos enzimáticos puedan llevarse a cabo. La semilla requiere de una pequeña cantidad de agua para rehidratarse, generalmente no más de 2 a 3 veces su peso seco.

El mismo autor dice que la hidratación de una semilla se produce en tres fases.

En la fase I se lleva a cabo la absorción inicial del agua (imbibición) y es consecuencia de las membranas celulares y de las fuerzas ejercidas por los contenidos; ocurre tanto si la semilla está viable como si no lo está, si está latente o no. Es independiente de la actividad metabólica de la semilla, aunque ésta se inicia rápidamente con la entrada del agua.

La fase II corresponde a un periodo de rezago. Las semillas muertas y las latentes mantienen este nivel de hidratación. Para las semillas que no están latentes es un periodo de metabolismo activo que prepara la germinación; para las semillas latentes también es un periodo de metabolismo activo y para las muertas es un periodo de inercia.

La fase III está asociada con la germinación y sólo la presentan las células viables, no latentes. Durante esta fase obviamente hay actividad metabólica, incluyendo el inicio de la movilización de las reservas almacenadas.

Durante la germinación las células gastan energía. El requerimiento energético de las células vivas se mantiene generalmente por procesos de oxidación, en la presencia o ausencia de oxígeno (respiración y fermentación respectivamente). Comprenden un intercambio de gases, una liberación de bióxido de carbono en

ambos casos y una entrada de oxígeno en el caso de la respiración. Se dice que una semilla ha germinado cuando aparecen las primeras señales de crecimiento; en primer lugar emerge la radícula y después aparece el hipocótilo o plúmula. La extensión del eje embrionario, o sea todo el embrión excepto los cotiledones, se debe principalmente a la imbibición del agua y al inicio de acumulación de nuevo tejido. Moreno, P. (2000).

#### **2.6.4. Dosis de siembra**

En FAO, (2001). Pág. 14. 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.

#### **2.6.5. Siembra en las bandejas**

En la misma publicación Pág. 14 se informa que realizados los pasos previos, se procederá a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción. Para ello se distribuirá una delgada capa de semillas pregerminadas, la cual no deberá sobrepasar los 1,5 cm. de altura o espesor.

##### **2.6.5.1. Dosis de siembra**

Estudios realizados mencionan que las mejores densidades de siembra son las siguientes:

**Cuadro N° 9. Dosis de siembra**

<b>DENSIDAD DE LA SIEMBRA DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO</b>		
<b>Semilla</b>	<b>Densidad</b>	<b>Profundidad</b>
Cebada	20 gramos/decimetro <sup>2</sup>	2 cm.
Maíz	40 gramos/decimetro <sup>2</sup>	3 - 4 cm.
Sorgo	25 gramos/decimetro <sup>2</sup>	1,5 cm.

Fuente: GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 6.

### **2.6.6. Riegos de las bandejas**

Tomando en cuenta a FAO, (2001). Pág. 14,15., expresa que la dosis exacta de agua de riego según cada especie de (FVH) resulta muy difícil, dado que dependerá del tipo de infraestructura de producción disponible. Es importante recordar que las cantidades de agua de riego deben ser divididas en varias aplicaciones por día. Lo usual es entregarle el volumen diario dividido en 6 o 9 veces en el transcurso del día, teniendo éste una duración no mayor a 2 minutos. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersión sobre el cultivo o en el caso de usar riego por goteo, poseer un sistema de burbujeo en el estanque que cumpla con la función de oxigenación del agua.

Para la producción de 1 kilo de materia seca de Avena en condiciones de campo se necesitan 635 litros de agua (promedio de 5 años, Carámbula y Terra, 2.000) y si se trabaja en la producción Forraje Verde Hidropónico FVH de la misma gramínea, se necesitarían tan solo un máximo de 20 litros de agua (Sánchez, 1997); Citados por SÁNCHEZ, A. (2005) “Hidroponía: Una gota viva de esperanza”.

#### **2.6.6.1. Riego con solución nutritiva**

De acuerdo a FAO, (1993). Pág. 36. Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva.

### **2.6.7. Cosecha y rendimientos**

Para saber cuando realizar la cosecha en GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 11. Cita que se la debe hacer cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora de 8 a 12 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales y las frecuencias del riego.

Los rendimientos esperados son bastante altos por esto SICA, (2000). Pág. 26 propone que en condiciones normales un kilogramo de semilla produce de 9 a 12 kilogramos de FVH.

En el apartado de conclusiones Falcones, J. (2000), menciona que la especie que se adapta mejor a la producción de FVH es la cebada tiene mayor crecimiento 20,6 cm y mayor rendimiento de materia verde 6,27 kg. / kg. de semilla, en el menor tiempo necesario para su cosecha.

En el mismo apartado también expresa que la cebada es la especie con la que se produce mejor hidropónico en menor tiempo, tiene rendimiento de materia seca menor que la avena 0,62 kg. frente a 0,91 kg. / kg. de semilla sembrada.

## **2.7. Alimentación con FVH**

La alimentación de los animales se efectuará con la totalidad de la hierba, es decir, raíces, semillas y hojas citado en Resh, H. (1997). Pág. 124-125.

## **2.8. Instalaciones**

### **2.8.1. Características del invernadero tipo**

Acorde al GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 4. El invernadero tipo debe tomar en cuenta 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<sup>2</sup>. 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. /h.

### **2.8.2. Ubicación**

En la misma publicación Pág. 5. Propone que de preferencia se debe de estar cerca del área del suministro del alimento a los animales. La funcionalidad de las instalaciones del agua y energía eléctrica deben de ser consideradas.

### **2.8.3. Piso**

En igual página aconseja que el piso sea de concreto para un correcto manejo de la explotación.

### **2.8.4. Modulaci3n**

Según el GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 5. 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 cm., el primer nivel dista del suelo 15 cm. En cada nivel y a lo largo del invernadero, se acomodan cuatro charolas por m<sup>2</sup>. 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.

### **2.8.5. Bandejas**

De acuerdo al GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 6. Las medidas de las bandejas son de 43.18 cm. x 43.18 cm., con profundidad de 5 cm. Las densidades de siembra utilizadas por bandeja con maíz, es de 2 kg.



## **2.9. Factores que influyen en la producción**

### **2.9.1. Calidad de semilla**

Acorde a lo expuesto por FAO, (2001). Pág. 25. El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos de FVH. El usar semillas más baratas, o cultivares desconocidos, puede constituir una falsa economía y tal como se planteó antes, hacer fracasar totalmente el nuevo emprendimiento. Se deben utilizar semillas de alto porcentaje de germinación.

### **2.9.2. Iluminación**

En el mismo folleto Pág. 26. Dice que si no existiera luz dentro de los recintos para FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que promotora de la síntesis de compuestos (por ejemplo: Vitaminas), los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal.

### **2.9.3. Temperatura**

La FAO, (2001). Pág. 25. Menciona que la temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa siempre entre los 18° C y 26 ° C.

En cambio para Sánchez, C. (2004). Pág. 69. La temperatura óptima para el crecimiento esta entre los 15 y 35 grados, para cultivos.

#### **2.9.4. Humedad**

Estudios hechos por FAO, (2001). Pág. 27. Habla sobre el cuidado de la condición de humedad en el interior del recinto de producción es muy importante. La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 90%. Valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades fungosas difíciles de combatir y eliminar, además de incrementar los costos operativos.

#### **2.9.5. ph**

Sobre el ph se menciona en la revista REDHIDROPONIA, (2000). Pág. 25. Es la forma de medir el grado de acidez de una solución nutritiva. Hidropónicamente, la planta se comporta mejor si la solución es ligeramente ácida; esto significa un ph entre 5,5 y 6,5. Fuera de este rango algunos minerales, aunque estén presentes en la solución, no estarán disponibles para ser absorbidos por las raíces. Esto por supuesto afectará a la planta. Si el ph de la solución está lejos del rango recomendado, entonces algunos de los minerales de la solución y nunca estarán disponibles para la planta.

#### **2.9.6. Conductividad**

Datos obtenidos por REDHIDROPONIA, (2000). Pág. 25 mencionan que la Conductividad Eléctrica de una solución nutritiva es una medida de fuerza de la solución. Los niveles de Conductividad Eléctrica recomendados para todos los cultivos han ido descendiendo progresivamente en los últimos años. Hace ocho años la CE recomendada para algunos cultivos era 3,0 mS/cm, y ahora es de 1,8 mS/cm. Es un experimento meritorio para encontrar un nivel satisfactorio de Conductividad Eléctrica.

### 2.9.7. Fertilización

Según diversos autores, Hidalgo M. (1985). Pág. 87 y Dosal A. (1987). Pág. 55. El uso de la fertilización en la producción de FVH resulta positiva como para recomendar su uso. Dosal A. (1987) Pág. 55 probó distintas dosis de fertilización en avena, encontró los mejores resultados en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utilizó 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva. El mismo autor señala que la pérdida de materia seca durante los primeros 11 días es menor en todos los tratamientos con fertilización nitrogenada (100; 200 y 400 de nitrógeno) que en el caso del testigo (sin fertilizar). El tratamiento de 200 ppm presentó a los 11 días un 94 % de materia seca respecto al primer día, mientras que en el día 15, marcó tan solo 76 %.

### 2.10. La alfalfa (*Medicago sativa*).

Para la Editorial Trillas, (1987). Pág. 24, la alfalfa es el cultivo forrajero más importantes, no solo por la superficie cultivada, sino también por su calidad nutritiva y diversidad de uso.

**Cuadro N<sup>o</sup> 10. Clasificación taxonómica**

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Magnoliopsida
<b>Orden:</b>	Fabales
<b>Familia:</b>	Fabaceae
<b>Subfamilia:</b>	Faboideae
<b>Tribu:</b>	Trifolieae
<b>Género:</b>	Medicago
<b>Especie:</b>	Sativa
<b>Nombre binomial:</b>	<i>Medicago sativa</i>

Fuente: WIKIMEDIA, Foundation Inc. (2007)

### Cuadro 11. Valor Nutricional

<b>Proteína</b>	20,20%
<b>Fibra</b>	25,90%
<b>Grasa</b>	3,00%
<b>E.L.N.</b>	39,20%
<b>Ceniza</b>	11,70%
<b>Energía Digestible</b>	2470 Kcal./Kg.
<b>Energía Metabilizable</b>	2020Kcal/Kg.

Fuente: Carrero, H. (2005), SENA CLEM Tuluá, Regional Valle

#### 2.10.1. Rendimientos

En forraje verde se puede cosechar entre 2500 y 12500 Kg. /corte, y anualmente entre 15000 y 75000 kg. /ha tomado de Carrero, H. (2005)

#### 2.11. El conejo (*Oryctolagus cuniculus*) raza neozelandés.

En la enciclopedia del GRUPO LATINO, (2003). Pág. 24. El conejo neozelandés, llamado también conejo de Nueva Zelanda, es sin duda la raza más utilizada en todo el mundo para producción de carne.

En igual página se menciona que es de color blanco puro, con el pelo muy denso, grueso al tacto, subcapa fina y suave.

En la misma enciclopedia Pág. 24 propone que las medidas ideales de este animal, tomadas desde la punta del hocico hasta la base de la cola son, para el macho 47 cm. y el peso del animal adulto es de 4,5 kg.

Según Sánchez, C. (2002). Pág. 9. El conejo necesita de 2,5 a 3,5 kilogramos de alimentos para producir un kilogramo de carne. Para FINCA, (2003). Pág. 12. El

conejo de Nueva Zelanda es una raza grande y excelente convertidora de forrajes y concentrados en proteína animal.

Para Burzi, F. (2004). Como todos los conejos de gran tamaño, el New Zealand necesita una zona más grande para vivir. Necesitan hacer ejercicio regularmente ya que son propensos a la obesidad. Pesa alrededor de 5 kg. El New Zealand se presenta generalmente en blanco con ojos rojos, pero también se encuentra en rojizo o negro.

### 2.11.1. Valor nutritivo de la carne del conejo

Se reconoce la bondad de la carne de conejo las cuales se especifican en el siguiente cuadro:

**Cuadro N<sup>o</sup> 12. Valor nutritivo de la carne del conejo**

Especies de Animales	Humedad %	Proteínas %	Grasas %	Minerales %
Conejo	70,60	22,30	5,80	0,80
Cuy	70,60	20,30	7,80	1,80
Ave	70,20	18,30	9,30	1,00
Cerdo	46,80	14,50	37,30	0,70
Ovino	50,60	16,40	31,10	1,00
Vacuno	58,90	17,50	21,80	1,00

Fuente: Zevallos D. (1995). Pág.16

### 2.11.2. Requerimientos nutricionales del conejo

El aprovechamiento del alimento siempre sigue esta cadena: mantenimiento de las funciones vitales – crecimiento – producción. Por lo que debemos alimentar bien a un conejo para que produzca por eso; los requerimientos nutricionales del conejo son:

**Cuadro N<sup>o</sup> 13. Requerimientos nutricionales del conejo**

Proteína total	16 - 17 %
Metiocistina	0,60%
Lisina	0,70%
Arginina	0,70%
Triptófano	0,20%
Energía digestible	2600 kcal./kg.
Calcio	1,00%
Fósforo	0,50%
Fibra cruda	14 - 15 %

Fuente: Sánchez, C. (2002). Pág. 58, 59.

### 2.12. Resultados obtenidos en conejos suministrando FVH

Estudios realizados por FAO, (2001). Pág. 41. Señala que los resultados fueron altamente exitosos. Un resumen de los datos estadísticos obtenidos es el siguiente:

- El nivel de sustitución de ración por FVH de cebada cervecera fue de 60% en madres y machos reproductores y de hasta un 80% en los animales destinados a engorde para posterior faena.
- Se llegó al mismo peso de faena (promedio 2,3 kilos de PV), a los 72 días de vida, con los animales alimentados sólo a ración como con aquellos que se les suministró 20% de ración +80% de FVH.

- Se lograron disminuir los costos de alimentación, gracias al uso del FVH, en un índice cercano al 50%.

En la tesis conversión alimenticia y comportamiento de conejos alimentados con germinado de maíz, presentada por Miguel Ángel Gastelum Delgado Citado por Carballo, C. (2005), Manual de Procedimientos para la Producción de Forraje Verde Hidropónico se encontró que la conversión alimenticia fue de 69044 gramos de germinado por un gramo de aumento de peso, y de 16.45 gramos de alimento balanceado por gramo de ganancia y con costo de 5.8 veces más que alimentando con germinado.

#### 2.12.1. Análisis fisicoquímicos de muestras de trigo, a diferentes edades de crecimiento.

**Cuadro N<sup>o</sup>14. Análisis fisicoquímicos 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

Fuente: GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA (2002). Pág. 13.

**2.12.2. Cambios en proteína (g/m<sup>2</sup>) a través del tiempo en un cultivo de FVH de avena, en tres cosechas y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada.**

**Cuadro N<sup>o</sup> 15: Cambios en proteína (g/m<sup>2</sup>) a través del tiempo en un cultivo de FVH de avena, en tres cosechas y bajo 4 niveles de fertilización nitrogenada.**

Nivel de Fertilización (ppm de Nitrógeno)	Tiempo (días)	Total de Proteína el FVH (g/m <sup>2</sup> )	
		Bruta	Viva
0	7	312	197
	11	266	177
	15	278	137
100	7	311	227
	11	296	180
	15	289	138
200	7	347	252
	11	357	229
	15	432	219
400	7	360	250
	11	402	213
	15	373	167

Grano: Proteína Bruta (P.B) = 316 g/m<sup>2</sup> (base Materia Seca)  
 Proteína Viva (P.V) = 235 g/m<sup>2</sup> (base Materia Seca)

Fuente: FAO, (2001). Pág. 34.