

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMIA



**Evaluación de 5 materiales genéticos de maíz para la
producción de forraje verde hidropónico (FVH), en la
Mixteca Oaxaqueña.**

Por:

REY PEREZ MEJIA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre, 2008.

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"**

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Evaluación de 5 materiales genéticos de maíz para la producción
de Forrajes Verdes Hidropónico (FVH), en la Mixteca Oaxaqueña.**

Por:

REY PEREZ MEJIA

TESIS

Que se somete a consideración del honorable jurado examinador
como requisito parcial para obtener el título de:

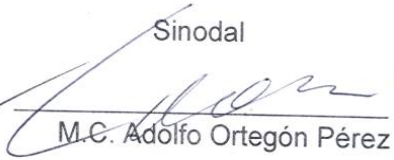
INGENIERO AGRONOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

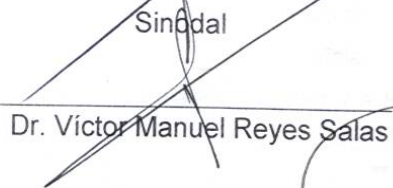
Presidente del jurado


Dr. Juan José Galván Luna

Sinodal


M.C. Adolfo Ortegón Pérez

Sinodal


Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Sinodal


M.C. Elyn Bacópulos Téllez
"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la División de Agronomía


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre, 2008.
Coordinación.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE TODO PODEROSO: Por haberme dado la vida y guiarme hacia el camino del éxito.

A mi Alma Terra Mater: por darme la oportunidad de albergar en su seno de enseñanza y por permitirme formar parte de ella y recibir de ella las herramientas para mi formación profesional.

Al Instituto para el Desarrollo de la Mixteca, A. C. por las oportunidades y facilidades para la realización de este trabajo de investigación.

Al ingeniero Salvador Sorcia Ledo: Por su apoyo y asesorías brindadas durante la realización del trabajo de campo.

Al ingeniero Víctor López Leyva, por que me dió la oportunidad de desarrollar este trabajo en el Instituto para el Desarrollo de la Mixteca, A.C.

Con respeto y admiración:

Al Dr. Juan José Galván Luna

Al M.C. Adolfo Ortégón Pérez

Al Dr. Víctor M. Reyes Salas

Al Ing. Elyn Bacopulos Téllez

A ellos por formar parte de este proyecto, por ayudarme en la revisión de literatura y brindar esa oportunidad de lograr el objetivo de este trabajo.

A mis mejores compañeros de generación Porfirio, Catherine, Alberto, Licha, Beyki, Santos, Carlos, Adela, Bety, Mario el peludo, Beli, Miguel, Roberto, Lacho, Fernando, Nicanor y a todos los demás compañeros que no fueron parte de esta generación pero si partícipe en los momentos de mi estancia en la UAAAN a ustedes gracias.

A Don Eleazar y a toda su familia por brindarme la amistad y confianza, en especial a Doña Enriqueta, por ser alguien que se preocupó y ayudo incondicionalmente, una madre espiritual para mi , a ella muchas gracias y que Dios la bendiga siempre.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

C. JOSE PEREZ BAUTISTA y **LUISA MEJIA**, les dedico esta tesis con amor a ellos, por todo el apoyo el apoyo brindado, confianza, amor, paciencia, por ser unos padres tan lindos, porque me supieron guiar hacia el camino de la preparación y me heredaron el anhelo mas grande de mi vida.

A mis hermanos Alicia, Maribel y Saúl por formar parte de esta familia, por el cariño y confianza que me han brindado, Doy gracias a Dios por darme los mejores hermanos, a ustedes los llevo siempre en mi corazón.

A mis Tíos Sebastián, Emiliano, Marcelino, Miguel, Bano, Adolfo, Pedro y Rosa, gracias por sus consejos y que Dios los guarde siempre.

A mi Padrino Manuel Tapia, que Dios a puesto en mi camino para poder llevar a cabo este proyecto de vida, gracias a usted por todo el apoyo que me ha brindado y siempre lo llevare en mi corazón, que Dios lo bendiga siempre.

A mis primos Máximo Pérez, Ramón Pérez, Socorro Mejia, Etelvina Mejia, Roberto Mejia, Delfino (†) y a todos mis primos Mejia López, gracias por su admiración y confianza que ha brindado.

A mis sobrinos Emmanuel (†), Betzaida, Claudina, Yesenia Abigail y Bull, por formar parte de esta familia y los quiero.

A mi mejor amigo de bachillerato: Celio Hernández, un ser que lo considero como hermano, compartimos muchas experiencias en CBTa y gracias por todo.

A mis mejores compañeros que hicieron cada instante de mi estancia en la Narro, Catherine y Alberto Palma, muchas gracias y les deseo lo mejor

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
INDICE GENERAL.....	III
INDICE DE FIGURA.....	IV
INDICE DE CUADROS.....	V
INDICE DE APENDICE.....	VI
RESUMEN.....	VII
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
HIPOTESIS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
Hidroponía Básica.....	4
Principios de las técnicas de cultivo sin tierra.....	4
Cultivo en agua o solución nutritiva.....	5
Cultivo en un sustrato.....	5
Definición de forraje verde hidropónico.....	6
Sistemas de cultivo utilizado.....	6
Fisiología de producción de forraje Verde hidropónico (FV).....	7
Germinación.....	7
Etapas del proceso de germinación.....	7
Factores que afectan la germinación.....	8
Dormancia.....	10
Causas de la Dormancia.....	10
Métodos para superarla Dormancia.....	11
Elementos para la siembra de cultivos hidropónicos.....	12
Invernadero, tamaño.....	12
Ubicación, Construcción.....	13
Techos, Luminosidad.....	14
Piso.....	15
Estructura de Soporte, Modulación.....	16
Recipientes de Cultivo o Bandejas.....	16
Sistema de riego.....	17

Proceso de Producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH).	18
Selección de las especies de granos utilizados en (FVH).	19
El maíz para forraje verde hidropónico.....	19
Selección de la Semilla, Lavado de la semilla.....	20
Pregerminación.....	21
Recipientes, Densidad de siembra, Germinación.....	22
Riego de las bandejas.....	22
Riego con solución nutritiva.....	23
Crecimiento.....	24
Iluminación, Temperatura.....	25
Humedad.....	26
Cosecha, Rendimiento.....	27
Ventajas del uso de FVH.....	28
Resultados de investigación.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	34
Localización del sitio experimental.....	34
Materiales.....	34
Materiales genéticos utilizados.....	34
Metodología a utilizar y establecimiento del experimento.....	37
Proceso de producción.....	38
Cosecha.....	38
Parámetros evaluados.....	39
Diseño experimental.....	40
RESULTADOS Y DISCUSION.....	41
Longitud de tallo.....	41
Longitud de raíz.....	42
Acumulación de biomasa fresca.....	43
Acumulación de biomasa seca.....	45
CONCLUSIONES.....	48
BIBLIOGRAFIA CITADA.....	49
APENDICE.....	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Análisis de varianza para la variable longitud de tallos de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	41
Cuadro N° 2. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	42
Cuadro N° 3. Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	43
Cuadro N° 4. Análisis de varianza para la variable peso fresco de follaje de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	44
Cuadro N° 5. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	45
Cuadro N° 6. Análisis de varianza para la variable peso seco de follajes de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	46
Cuadro N° 7. Concentración de valores de rendimiento de final de biomasa fresca y seca por tratamiento.....	47
Cuadro N° 8. Concentración de datos para la variable longitud de tallos en centímetros de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	52
Cuadro N° 9. Concentración de datos para la variable longitud de raíz en centímetros de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	52
Cuadro N°10. Concentración de datos para la variable peso fresco de raíz en gramos de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	52
Cuadro N° 11. Concentración de datos para la variable peso fresco follajes en gramos de plántulas de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	53
Cuadro N° 12. Concentración de datos para la variable peso seco de raíz en gramos de plántulas de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	53
Cuadro N° 13. Concentración de datos para la variable peso seco de follajes en gramos de plántulas de maíz para forrajes Verde hidropónico.....	53
Cuadro N° 14. Valores del comportamiento de las variables evaluadas de plántulas de diferentes germoplasma de maíz para forraje verde hidropónico.....	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Longitud de tallos (LT) de plántulas de maíz	
Forrajes	Verde
Hidropónico.....	41
Figura 2. Longitud de Raíz de plántulas de maíz	
para Forraje verde hidropónico.....	42
Figura 3. Peso Fresco Raíz de 5 genotipos de maíz	
para producción de forrajes verdes hidropónico.....	43
Figura 4. Peso Fresco Follajes de 5 genotipos de maíz	
para producción de forrajes verdes hidropónico.....	44
Figura 5. Peso Seco de Raíz de 5 genotipos de maíz	
para la producción de forrajes verdes hidropónico.....	45
Figura 6. Peso Seco de Follajes de 5 genotipos de maíz	
para la producción de forrajes verdes hidropónico.....	46

RESUMEN

La baja fertilidad del suelo y la poca disponibilidad de agua en las diferentes comunidades de la región Mixteca del estado de Oaxaca hace necesario plantear estrategias de investigación para buscar alternativas de producción de forrajes verdes para la alimentación del ganado que permiten aumentar la producción de ganado ovino, caprino, bovino en la región. Siendo una de ellos el cultivo de forrajes verdes hidropónico (FVH) que presenta muchas ventajas tales como mayor precocidad, ahorro de agua, se puede producir fuera de temporada, no provoca erosión del suelo, permite el uso de materiales criollos o nativos, producción de varias cosechas al año, alto contenido de vitaminas. El objetivo de este estudio fue Evaluar 5 materiales genéticos de maíz para la obtención de FVH. Y también conocer el rendimiento final de cada variedad. El trabajo se estableció en un invernadero de tipo 'mini green' de 8 X 4 m que esta ubicado en el Centro de Capacitación para el Desarrollo de la Mixteca a 200 m de la comunidad de Santa Maria Ayú, Huajuapán de León, Oaxaca. Se localiza en la parte noroeste del Estado, en las coordenadas 97° 16' longitud oeste, 17° 48' latitud norte y a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar. Es una región semidesértica con una precipitación media mensual de 8.9 cm. y con una temperatura promedio de 23°C, cuenta con suelo de tipo cambisol calcico. Se estudiaron las variables longitud de tallos (LT), longitud de raíz (LR), peso fresco raíz (PFR), peso seco raíz (PSR), peso fresco follajes (PFF), y peso seco follajes (PSF). Utilizando un diseño completamente al azar .con diferente numero de repeticiones, se realizo el análisis de varianza y prueba de comparación de medias DMS. El mejor resultado se obtuvo en la acumulación de biomasa en el tratamiento que representa el híbrido de maíz Dk – 353. Se concluye que la longitud de tallo y la longitud raíz no influyen tanto en el rendimiento final del forraje verde hidropónico.

Palabras clave: *Maíz híbridos, forraje verde hidropónico, invernadero, rendimiento.*

INTRODUCCION

La producción animal en las regiones marginadas de México se realiza al nivel de subsistencia con mínimo empleo de insumos externos. Ello ha motivado la búsqueda de alternativas alimenticias basadas en manejar tecnologías de bajo costo como la producción de forrajes verdes hidropónicos, su valor nutricional es indudablemente rico en vitaminas E.

En la región Mixteca existe abundante ganado en pastoreo extensivo que desempeña un importante papel en la cultura y la economía de miles de familias indígenas. En esta región, las sequías ocasionan que las leguminosas no tengan follaje, situación que se prolonga durante una época de 6 meses que es la más crítica en términos de nutrición animal. Sin embargo, con la producción de forraje verde hidropónico se puede satisfacer las necesidades de productos verdes vivos durante todo el año. El forraje verde hidropónico se puede cultivar en áreas muy pequeñas en comparación con las de campos destinados para la alimentación animal. Los costos de insecticidas, maquinaria para el cultivo, así como las labores necesarias en los cultivos al área libre son mayores que los del cultivo de forraje verde hidropónico.

El forraje verde hidropónico brinda todas las vitaminas libres y solubles, haciéndolas más asimilables, lo que no ocurre con el grano seco, su uso puede evitar la necesidad de vitaminas sintéticas y cualquier otro suplemento nutritivo. La vitamina E por ejemplo, es completamente asimilable y esta en libre circulación por toda la planta, al suministrar forrajes verdes hidropónico durante toda la dieta alimenticia, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos para el uso animal.

El maíz (*Zea mays L.*), originario de México y Centroamérica, es una excelente opción forrajera que por sus características productivas podría ser utilizada en zonas ecológicas en donde, ni aún las especies de

pastos más adaptadas, permitirán maximizar la capacidad de carga por hectárea (Fuentes *et al.* 2000).

En la región Mixteca, los productores de maíz para forraje disponen de diferentes híbridos de maíz formado originalmente para la producción de grano. Estos híbridos son diferentes por su origen (tropicales o templados), altura y ciclo (días a cosecha) entre otras características genéticas.

Actualmente, no existe información sobre el grado de variación de las características genéticas y agronómicas y su relación con el rendimiento final en la producción de forraje verde hidropónico. Este conocimiento es útil en la elección del material genético de maíz para FVH, ya que cada año salen nuevas variedades comerciales de maíz y su costo es indudablemente elevado.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar 5 materiales genéticos de maíz para la obtención de forraje verde hidropónico.

Objetivos específicos

1. Conocer el material genético con mayor potencial productivo.
2. Identificar el híbrido de maíz de mayor calidad para forraje verde hidropónico
3. Evaluar la biomasa seca de cada material genético.

HIPOTESIS

1. La variedad criolla tiene mayor potencial productiva.
2. Existe un híbrido con mayor potencial productivo que otros.
3. Existen diferencias entre biomasa seca en algunos de los materiales evaluados.

REVISION DE LITERATURA

Hidroponia básica

La hidroponia es una técnica de producción agrícola intensiva que presenta diversas modalidades, pero en esencia se caracteriza porque el sistema radical se alimenta de agua y nutrientes de una manera controlada.

Esta técnica, se puede definir como la ciencia del desarrollo de la planta sin utilizar suelos propiamente, como un medio inerte al que se le denomina a menudo, cultivo sin suelo. Mientras que el cultivo solamente en agua (floating, ship, balsa), sería el verdadero cultivo hidropónico (Andrade 2003, citado por Espinoza, 2007).

Es una técnica de producción de cultivos sin suelo, practicada por nuestros antepasados Aztecas en sus enormes jardines flotantes; existieron también, los Jardines Colgantes de Babilonia y los de la China Imperial; así como, también jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua (Resh, 1992, citado por Espinoza 2007).

Principios de las técnicas de cultivo sin tierra

Todos los métodos o sistemas hidropónicos se rigen por los mismos principios básicos, pero su metodología es susceptible de experimentar cambios. Actualmente hay varios métodos de uso común, aunque todos invariablemente, se basan en un mismo fundamento: utilizar elementos minerales para elaborar una solución acuosa que alimente a la planta. La mayoría son adaptables a los conocimientos y recursos de los productores.

En función de las características del sustrato, los métodos de cultivo en hidroponía pueden sintetizarse en dos grupos: sin sustrato, esto es, en puro líquido; o con un sustrato, que a su vez puede ser de origen vegetal, o de origen mineral o plástico.

Cultivo en agua o solución nutritiva

Esta técnica consiste en desarrollar desde su nacimiento hasta su producción, flores, frutos, hortalizas y plantas medicinales, permaneciendo y desarrollándose las raíces en una solución acuosa de nutrientes, en concentraciones adecuadas (cultivo en agua, propiamente dicho); o bien, en aire saturado de agua pulverizada, empleando para la irrigación de las raíces, la pulverización de una solución llamada *niebla nutrientes* (cultivo aeropónico), que contiene los elementos nutritivos.

Cultivo en un sustrato

En esta técnica, las semillas germinan, crecen y se desarrollan hasta su producción, en un medio inerte (“agregado”) que es regado con una solución nutritiva.

Contrariamente al método anterior, en este hay un sustrato. Este sustrato, a su vez, puede ser de origen vegetal (turbas, virutas menudas, aserrín, etc.). La hidroponía con sustrato es el método más difundido, por que garantiza a las plantas las mejores condiciones de crecimiento y desarrollo; así como, por su productividad más elevada y un gasto menor por unidad de superficie. Los sustratos con gran capacidad de absorción (arena, etcétera) se humedecen preferentemente con riego de superficie; los de grava, lascas, etcétera., mediante inundación y a veces por circulación interna o subirrigación.

De la combinación de estas dos técnicas fundamentales: cultivo en agua o cultivo en agregados, se deriva un buen número de sistemas de cultivo. Dentro de los más usuales están:

1. Cultivo intensivo de forraje.
2. Cultivo en NFT (técnica de cultivo con flujo laminar o cultivo de película nutriente).
3. Cultivo en canales de suelo.
4. Cultivo en línea de polietileno o cubierta móvil.
5. Cultivos con costales, con placas de lana, de roca o agregados, etc.

Definición de forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de grano de cereales o leguminosas (maíz, sorgo, alfalfa) que se realiza durante un periodo de 9 a 15 días, captando energía del sol y asimilando los minerales de la solución nutritiva. Se utilizan técnicas de hidroponía sin ningún sustrato al grano germinado alcanza una altura promedio de 25 cm; el animal consume la parte aéreas formada por el tallo y hojas, los restos de semillas y la raíz.

Con el forraje verde hidropónico podemos alimentar ganado vacuno, porcino, caprino y equino, conejos y una gran cantidad de animales domésticos, con los excelentes resultados.

Sistemas de cultivo utilizados

Países estacionales como Gran Bretaña y Estados Unidos se han desarrollado unidades hidropónicas que producen volúmenes elevados y constantes de forrajes verdes. En Gran Bretaña están las unidades (Landsaver HD 1000" y la hidrogass), consistente en un cabina hermética formada por paneles de fibra de vidrio y dotada de su propio sistema de calefacción, que mantiene constante la temperatura a 20 °C. el ciclo de aplicación de nutriente es controlado por un dispositivo automático de riego para la rápida producción de forraje. En Estados Unidos hay sistemas similares denominados "cavas", la luz se suministra

artificialmente, utilizando tubos fluorescentes, dentro de los módulos aislados térmicamente hay una estantería que soporta las bandejas, en las cuales se siembran 1.7 Kg. de semillas, que cosechan a los 6 días de la siembra, con producciones de 12.5 kg de forrajes lo cual representa una relación de rendimiento de 7.3 a 9 kg de forraje por cada kg de semilla.

Fisiología de producción de forraje verde hidropónico (FVH)

Germinación: En el proceso de germinación de una semilla se producen una serie de transformaciones cualitativas y cuantitativas muy importantes. El embrión despierta de su vida latente, provocando la ruptura de los tegumentos seminales y a partir de un almacén de energía, es capaz de transformarse en unos pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol y absorber elementos minerales de la solución nutritiva.

La germinación es el reinicio del crecimiento del embrión, paralizado durante las fases finales de la maduración. Los procesos fisiológicos de crecimiento exigen actividades metabólicas aceleradas y la fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en humedad y actividad respiratoria de la semilla.

El embrión envuelto por la cubierta protectora constituida por varias capas de tejidos vivos y muertos posee reservas alimenticias suficientes para atender el aumento en la actividad metabólica.

Etapas del proceso de germinación

Desde el punto de vista puramente fisiológico la germinación comprende cuatro fases:

Imbibición de agua

Elongación celular

División celular

Diferenciación de células y tejidos.

Desde el punto de vista fisiológico-bioquímico se consideran las siguientes fases del proceso germinativo:

Rehidratación

Aumento de respiración

Formación de enzimas

Digestión enzimática de reservas

Movilización y transporte de reservas

Asimilación metabólica

Crecimiento y diferenciación de tejidos

Para que la germinación ocurra, determinadas condiciones deben satisfacerse, a saber:

La semilla debe ser viable.

Las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables: (agua, temperatura, oxígeno y luz).

Las condiciones de la semilla deben ser favorables para la germinación (libre de dormancia).

Las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias (ausencia de agentes patógenos).

Factores que afectan la germinación

La primera condición para que la germinación ocurra, siendo la semilla viable y sin dormancia, es la disponibilidad de agua para la rehidratación. El aumento en la actividad respiratoria de la semilla a un nivel capaz de sustentar el crecimiento del embrión depende del aumento en el grado de hidratación de los tejidos.

La rehidratación o imbibición es un tipo de difusión que ocurre cuando las semillas absorben agua debido a sus propiedades coloidales; se caracteriza por: aumento en el volumen de la semilla, liberación de calor, además el volumen final es menor que la suma de los volúmenes originales del agua y de la semilla.

Las distintas partes de la semilla absorben agua a diferentes velocidades, El tegumento absorbe a una velocidad menor que otras estructuras de la semilla y desempeña la función de transportador de agua del medio ambiente al interior de la semilla. El eje embrionario absorbe agua más rápidamente y de forma continua. La velocidad de imbibición de agua varía con la especie, permeabilidad del tegumento, disponibilidad de agua, temperatura, presión hidrostática, área de contacto semilla-agua, fuerzas intermoleculares, composición química y condición fisiológica.

La germinación de las semillas es un proceso complejo que comprende diversas fases, las cuales son afectadas individualmente por la temperatura. Así, los efectos de la temperatura sobre la germinación reflejan apenas una consecuencia global. Se pueden identificar tres puntos críticos de temperatura que afectan la germinación: temperatura mínima, aquella por debajo de la cual la germinación no es visible por un tiempo razonable. Temperatura máxima, por encima de la cual no hay germinación. Temperatura óptima, aquella a la cual germina el mayor número de semillas en un período de tiempo mínimo. Los efectos de la temperatura sobre la germinación pueden ser profusamente influenciados por la condición fisiológica de la semilla.

El proceso germinativo requiere de un suplemento de energía originado a partir de las reacciones oxidativas que dependen de la presencia de oxígeno. La mayoría de las especies necesitan aireación y presencia de oxígeno para germinar.

Las semillas de las plantas cultivadas germinan generalmente tanto en luz como en oscuridad. La exigencia de luz para germinar en determinadas especies está relacionada con un tipo de dormancia.

La germinación es promovida por iluminación con la región roja del espectro (600-700 nm). Además se ha determinado una inhibición máxima en la faja del infrarrojo (720-760 nm). Cuando las semillas se someten alternativamente a irradiaciones con estas dos fajas de longitud de onda, la última irradiación es la responsable de la respuesta.

Dormancia

Las semillas de la mayoría de las especies germinan tan pronto están dadas las condiciones favorables; pero si las semillas no germinan se dice que son dormantes.

Aparentemente la dormancia evolucionó como un mecanismo de supervivencia de las especies a determinadas condiciones climáticas, ya que en las regiones de clima templado el invierno sería una amenaza para la sobrevivencia de las especies.

La dormancia tiene algunas desventajas ya que son necesarios períodos largos para que un lote de semillas la supere, la germinación se distribuye en el tiempo, contribuye a la longevidad de las plantas invasoras, interfiere con programas de siembra, presenta problemas para evaluar la calidad de las semillas.

Causas de la dormancia

Según el origen de la dormancia las semillas pueden ser incluidas en alguna de las siguientes categorías:

- Embrión inmaduro o rudimentario: en esta categoría el embrión no está completamente desarrollado cuando la semilla se desprende de la planta. Si estas semillas se colocan a germinar bajo condiciones favorables, la germinación se retarda hasta que el embrión sufra las modificaciones anatómicas y fisiológicas que le permitan completar su diferenciación y crecimiento.

- Impermeabilidad al agua: las semillas pueden poseer un tegumento que impide la absorción de agua y la ruptura de la testa, e iniciar la germinación.
- Impermeabilidad al oxígeno: se da cuando las estructuras como el pericarpio o tegumento impiden el intercambio gaseoso. Esta forma de dormancia es común en gramíneas.
- Restricciones mecánicas: el tegumento o cubierta protectora puede presentar resistencia mecánica capaz de impedir el crecimiento del embrión. Esta dormancia puede ser superada removiendo o perforando la cubierta protectora de la semilla.
- Embrión dormante: se caracteriza porque la causa de la dormancia está en el embrión. Estas semillas presentan exigencias especiales en cuanto a luz o temperatura, para superar la dormancia causada por inhibidores químicos.
- Combinación de causas: La presencia de una causa de dormancia no elimina la posibilidad de que otras causas estén presentes. Estas semillas necesitan de una combinación de tratamientos para superar la condición de dormancia.

Métodos para superar la dormancia

El método a seguir depende del tipo de dormancia; las técnicas más empleadas son:

Escarificación mecánica: que consiste en pasar las semillas por superficies abrasivas, con el fin de causar daño en la testa pero sin tocar el embrión.

Tratamiento con agua caliente: consiste en sumergir las semillas en agua caliente por 5 segundos.

Escarificación ácida: en la cual se sumergen las semillas en H_2SO_4 por un tiempo determinado, luego se lavan con agua corriente y se dejan secar.

Lavado en agua corriente: algunas sustancias inhibidoras son solubles en agua y pueden ser removidas por el simple lavado de las semillas.

Secado previo: las semillas recién cosechadas pueden perder la dormancia si se secan por algunas semanas en una cámara a 40C.

Preenfriamiento: algunas semillas pierden la dormancia someténdolas a bajas temperaturas.

Estratificación: este tratamiento se emplea con el fin de inducir procesos fisiológicos en el embrión, necesarios para la germinación.

Imbibición en nitrato de potasio: algunas semillas superan la dormancia con este tratamiento de actividad aparentemente metabólica.

Exposición a la luz: las semillas pueden requerir de un determinado tratamiento de luz para poder germinar.

Elementos para la siembra de cultivos hidropónicos

Invernadero

Es muy importante la elección del área, terreno, y/o construcción o área de acondicionamiento para planear el invernadero. Si el terreno ha sido rellenado para su nivelación, probablemente sea conveniente aprovisionarlo con una zanja poca profunda y angosta a todo lo largo del invernadero para evitar encharcamientos.

Tamaño

El invernadero deberá construirse de acuerdo con la cantidad de forraje que se quiera producir diariamente, dejando un margen de seguridad. Se sabe que para el sistema convencional de producción, se necesita 4 metros cuadrados para producir 15 kg de forraje al día en una área neta ocupada de por la instalación, que generalmente se construye de 4 a 6 pisos o niveles.

Si se ha decidido vender al menudeo, le será suficiente con un espacio de 150 a 250 metros cuadrados. Para ventas al mayoreo, 2,500 metros cuadrados o mas. Para el manejo de una hidroponía industrial, que permita la exportación, se requiere de una hectárea en adelante.

Ubicación

Para elegir la ubicación, es conveniente considerar detalles prioritarios como el abastecimiento de agua; la topografía del terreno; la orientación; las vías de comunicación próximas y la facilidad para obtener corriente eléctrica; ya que la mayoría de los invernaderos, dependen de la energía eléctrica para el bombeo de agua para riego, enfriamiento o calentamiento; así como, para la automatización.

Algunos lugares no tienen acceso a la energía eléctrica, e instalan una planta de luz que consta de un motor de combustión interna (gasolina o diesel); un generador de corriente alterna; un regulador de voltaje y un motor "autocebante"; de este modo, se puede producir la energía eléctrica en la cantidad y voltaje que el invernadero requiera; en el mercado las hay disponibles en diferentes capacidades y precios. Respecto a estos servicios lo ideal sería contar con todos, y entre ellos el telefónico, que ayudará a ahorrar dinero y a optimizar tiempo.

Como primer paso, se debe de elaborar un plano (layout), considerando la orientación del invernadero (colocando la puerta principal y accesorios como deposito de nutrientes, oficinas, etcétera) hacia el norte, si el área lo permite, de manera que se cuente con mas horas de sol; también, se evitará que cerca de su instalación existan árboles o paredes que puedan proyectar sombras sobre la instalación (hasta donde sea posible).

Construcción

El invernadero tendrá particularidades características de acuerdo con el clima en que se vaya a establecer la producción de forraje. Si es para clima calido, se puede hacer alto y sin cubrir las partes laterales del

invernadero o cubrir las parcialmente. Si es para clima frío y con el fin de regular la temperatura, especialmente en las horas de la noche, se ha de construir un invernadero hermético y con doble pared de plástico.

Techos

Los materiales utilizados para el recubrimiento de un invernadero, ya sean rígidos o flexibles, deben ser translucidos y deben cumplir ciertas normas para lograr su objetivo.

Luminosidad

El material que se utilizará deberá cumplir con las siguientes características de transmitancia fotométrica: la transmisión, reflexión y absorción de luz, con base en las radiaciones que recibe, ya que estas son de diferentes tipos:

1. Ultravioleta
2. Visible
3. Fotosintética
4. Infrarroja a corta, larga o calorífica

Estas 4 características forman parte de la radiación solar y, por último, la radiación térmica que emite un cuerpo caliente.

Decimos que los materiales serán translucidos; esto es, deben tener las suficientes transferencias para permitir todo el paso de la luz solar, y que esta transparencia pueda durar por lo menos hasta su amortización. Los polietilenos de larga duración se fabrican con resina de buena calidad y estabilizadores de la acción ultravioleta; su duración es por lo general de 2 a 3 años: Los estabilizadores UV reducen la transmisión de la radiación solar, pero mejoran la capacidad de protección térmica del plástico, aumentando la absorción de radiación infrarroja larga.

Los polietilenos térmicos cuentan en su fabricación con aditivos de silicatos de Magnesio o de aluminio, que también son estabilizadores de

luz UV, y las láminas de acetato de estilo y vinilo son menos transparentes a la radiación calorífica, pero permiten el paso de luz. Entre los materiales semi-rígidos utilizados, el más popular es el poliéster armado con fibra de vidrio, que es de un costo alto y que debe ser retirado al perder su transparencia. El policarbonato es otro material disponible, aunque su duración es inferior a la de polimetraquilato de metilo, también fabricado en placas. Para evitar complicaciones y no crear confusión, se puede solicitar “plástico para invernadero” las cuales se encuentran en diferentes medidas, calidades y precios, para diferentes usos.

Piso

Una vez determinadas las áreas, se considerará el piso sobre el cual se construirá el invernadero, el cual estará libre de basura, piedras grandes, palos, hierbas, etcétera. La superficie debe ser lisa, con una ligera pendiente no mayor de 1.5 a 2 %, en sentido transversal y longitudinal. Si la superficie del suelo es demasiado húmeda y se ha decidido no usar concreto para cubrirlo, se puede colocar sobre ellas: tezontles, temporal, grava, arena gruesa, plástico agrícola para suelo y otros materiales inertes; pero se evitara el uso de materiales orgánicos como virutas de madera, paja, pastos, etcétera.

El aislamiento de la tierra es de suma importancia, ya que nos permite cultivar más sano, evitando la propagación de hongos e insectos que, dadas las condiciones óptimas que debe tener el invernadero, pueden proliferar en él.

Si no se realiza estos aislamientos, entonces se tendría que hacer un gasto constante para controlar hierbas, proliferación de insectos, encharcamientos y contaminación.

Una construcción de concreto es excesivamente costosa; sin embargo, otros materiales, entre ellos la madera tratada, tubo mecánico, tubo galvanizado, perfiles de acero, ángulo, canal C, vigueta T, TT, CC, I, etcétera (PTR), además de ser menos costoso, actúan también como un

muelle, absorbiendo las fuerzas del medio ambiente en que se construye el invernadero (cuentan con cierta flexibilidad).

La humedad constante del suelo puede afectar la durabilidad de cualquier material que se introduzca en la tierra; por tanto, se sugiere que al instalar el invernadero, se aíslen las bases con tabique, arena y cemento. Ahora bien, los tubos o postes enterrados directamente en el terreno, como base para el armado de la instalación y a la correcta profundidad, pueden soportar los vientos fuertes, y si estas bases son protegidas con algunos impermeabilizantes, su duración puede alargarse de tres a cuatro veces más. (Sampeiro, 1999).

Estructura de soporte

Comprende toda estantería para soportar las bandejas en que se va a cultivar el forraje y puede ser de madera, metal, PVC. Su altura debe ser tal que ofrezca comodidad en las diferentes labores de cultivo. Cada módulo tendrá pendientes longitudinales y transversales para permitir el drenaje de la solución nutritiva en todos los sentidos.

Modulación

Generalmente se construyen módulos de 4 a 6 niveles, separados entre sí por calles de 1 metro para facilitar las labores de siembra, cosecha y aseo, los niveles van separados entre sí cada 50 cm y el primer nivel dista 30 cm del suelo; cada nivel debe tener un desnivel del 10 %, para drenar la solución sobrante de las bandejas.

Recipientes de cultivos o bandejas

son recipientes que se usan para colocar la semilla para el desarrollo del cultivo; pueden ser de diferentes materiales, como asbesto- cemento, lamina galvanizada, fibra de vidrio o formaletas de madera cubiertas de polietileno, sus medidas varían de 40 a 60 cm de ancho y de 80 a 120 cm de largo, su profundidad es de 2 a 5 cm.

Sistema de riego

Hay varios sistemas de riego: por gravedad, por microaspersión y por nebulización.

En el sistema por gravedad, se coloca una tubería perforada en la parte superior del último nivel, por la cual sale el agua de riego. Esta recorre las bandejas superiores y va drenando hacia los demás niveles.

En el sistema por aspersión, la tubería va colocada a cierta altura de las bandejas, normalmente de 30 a 40 cm, y de ella salen los microaspersores o boquillas de atomización que asperjan el agua sobre el cultivo. Se necesita una línea de tubería por cada piso de bandejas. Este es el sistema que ha dado los mejores resultados. Presenta algunas ventajas considerables frente a los demás riegos, ya que es uniforme y el tamaño de gota no ocasiona ningún daño a la semilla; además de aumentar la humedad relativa del invernadero, regula la temperatura y en el intervalo de cada riego las raíces se oxigenan.

La nebulización es la variante de la microaspersión, en la cual la presión del sistema es mayor y el tamaño de gota es más pequeño, denominándose neblina. En todos los casos el riego se realiza de manera intermitente y sin permitir que se produzcan encharcamientos. Durante los periodos en que no hay (de 2 a 4 horas), las raíces van tomando oxígeno del medio ambiente. El sistema de riego consta básicamente de diferentes elementos que se mencionan más adelante.

Tanque: Es el depósito donde se prepara la solución nutritiva para el riego del cultivo; el tamaño del tanque varía de acuerdo al tamaño del invernadero y las necesidades de riego, el parámetro que sirve para determinar el tamaño del tanque es que para producir un kilogramo de forraje, se necesitan 2 litros de agua. El tanque ser inerte con la solución de la acción de la luz y de elementos extraños a la solución.

Motobomba: El equipo de riego consta de una motobomba apta para el uso propuesto. En el mercado hay numerosas marcas y tipos, que deben seleccionarse de acuerdo a los siguientes factores: capacidad necesaria

(litros/hora); potencia requerida en caballos de fuerza (H.P.); material de construcción; conexión eléctrica disponible entre otros.

Tubería y mangueras: Para la distribución de la solución nutritiva se utiliza tuberías de PVC o mangueras de polietileno; estas últimas son las más usadas. El diámetro de la manguera deberá calcularse de acuerdo con el caudal y la longitud del tramo a regar.

Aspersores: Estos son pequeños dispositivos mediante los cuales se realiza la aspersión de agua o en algunos casos la nebulización. Constan de una o varias piezas plásticas con un orificio de salida de poco diámetro; cuando el agua sale, generalmente choca contra una placa deflectora, la cual hace que el agua se disperse en innumerables gotitas. Van conectados a la tubería de riego y cada aspersor riega 4 bandejas; este concepto puede variar de acuerdo con el tamaño de las bandejas; también hay aspersores de diferentes diámetros de cultivo.

Filtros: Para evitar que se obstruyan los aspersores se debe tener un adecuado sistema de filtros, que pueden ser de arena o de malla.

Equipo de control: El riego se puede hacer con sistema automático que regule la frecuencia y duración de los riegos. Para ese fin la instalación deberá ir provista de un reloj con controlador del tiempo de riego. Este sistema ha demostrado ser altamente conveniente cuando se requieren altas frecuencias de riego.

Proceso de producción de forraje verde hidropónico (FVH)

El FVH es un alimento (forraje vivo en pleno crecimiento) verde, de alta palatabilidad para cualquier animal y excelente valor nutritivo Ñíguez (1988) y Dosal (1987) citado por Espinoza (2007).

Un gran número de experimentos y experiencias prácticas comerciales han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que

aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales; así como, también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH. Como será expuesto en detalle en capítulos posteriores, el FVH ha demostrado ser una herramienta eficiente y útil en la producción animal. La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México (Lomelí, 2000), con control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO₂ (anhídrido carbónico), demostraron que a partir de 22 kg de semillas de trigo, es posible obtener una óptima producción de 112 kg de FVH por día.

Selección de las especies de granos utilizados en FVH.

Esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo, sorgo y últimamente se está experimentando con el arroz. 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.

El maíz para forraje verde hidropónico

En el ámbito nacional, el maíz se ha incrementado como forraje, principalmente en aquellas regiones consideradas como cuencas lecheras y de engorda, principalmente para la producción de ensilaje, el cual es un componente básico en la ración de alimento para ganado bovino (Reta et al., 2001, citado por Gutiérrez, 2004)

Botero (2007) señala que el principal cultivo hidropónico utilizado como forraje es el maíz, cuyo grano contiene reservas de nutrimentos suficientes para sostener el desarrollo de la plántula hasta los siete días, cuando alcanza su crecimiento óptimo para ser utilizada como forraje en la alimentación de rumiantes.

Selección de la Semilla.

En términos ideales, se deberá usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Sin embargo, por una razón de eficiencia y costos, el productor puede igualmente producir FVH con simiente de menor calidad pero manteniendo un porcentaje de germinación adecuado. Si los costos son adecuados, se debe utilizar la semilla de cultivos de grano que se producen a nivel local.

Es muy conveniente también que las semillas elegidas para nuestra producción de forraje, se encuentren libres de piedras, paja, tierra, semillas partidas, las que son luego, fuente de contaminación; semillas de otras plantas, y fundamentalmente, saber que no hayan sido tratadas con cura-semillas, agentes pre-emergentes o algún otro pesticida tóxico.

Lavado de la semilla.

Según los nuevos métodos de producción, 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; así como liberarlas de residuos y dejarlas bien limpias (Rodríguez *et al*, 2000).

El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH. El tiempo que dejamos las semillas en la solución de hipoclorito o "lejía", no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. El dejar las semillas mucho más tiempo puede perjudicar la viabilidad de las mismas, causando importantes pérdidas de tiempo y dinero. Finalizado el lavado se procede a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia.

Pregerminación

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 lo dividiremos a su vez en 2 períodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas procedemos a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora. Acto seguido las sumergimos nuevamente 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.

Trabajos anteriores citados por Hidalgo (1985), establecen que terminado el proceso de imbibición, aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico es lo que nos estaría explicando por qué se acelera el crecimiento de la semilla cuando la dejamos en remojo por un periodo no superior a las 24 horas. Varias experiencias han demostrado que períodos de imbibición más prolongados no resultan efectivos en cuanto al aumento de la producción final de FVH. La etapa de remojo o pregerminación, debe ser realizada con las semillas colocadas dentro de bolsas de arpillera o plantillera, las cuales sumergimos en bidones o recipientes de material plástico; no debiéndose usar recipientes metálicos dado que pueden liberar residuos u óxidos que son tóxicos para las semillas en germinación.

Es importante utilizar suficiente cantidad de agua para cubrir completamente las semillas y a razón de un mínimo de 0.8 a 1 litro de agua por cada kilo de semilla.

Recipientes

La semilla se coloca en las bandejas que se halla escogido, que pueden ser de lámina galvanizada o asbesto-cemento entre otros. La siembra se realiza en una forma cuidadosa para evitar daños a la semilla; la densidad de siembra varia de acuerdo con el tamaño de grano a sembrar.

Densidad de Siembra

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 pre-germinadas, la cual no deberá sobrepasar los 1.5 cm de altura o espesor.

La densidad recomendada de siembra por metro cuadrado oscila entre 2.2 kilos a 3.4 kilos de semilla.

Germinación

La germinación comprende el conjunto de cambios y transformaciones que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad, aireación y temperatura, que le permite iniciar su vida activa hasta convertirse en una futura planta.

Investigaciones realizadas indican que las semillas poseen sustancias que inhiben la germinación y que durante el remojo quedan disueltas en el agua las cuales pueden ser extraídas; entonces conviene cambiar el agua repetidamente. El tiempo de germinación varia entre 24 y 48 horas, que es cuando los granos han alcanzado estructuras radiculares notorias, formando de tres a cuatro raicillas. Se puede considerar que el proceso de germinación ha terminado cuando los cotiledones han salido de tegumento de la semilla.

Riego de las bandejas

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de micro aspersores, nebulizadores y hasta con una sencilla pulverizadora o "mochila" de mano. El riego por inundación no es

recomendado dado que causa generalmente excesos de agua que estimulan la asfixia radicular, ataque de hongos y pudriciones que pueden causar inclusive la pérdida total del cultivo.

Al comienzo (primeros 4 días) no deben aplicarse más de 0.5 litros de agua por metro cuadrado por día, hasta llegar a un promedio de 0.9 a 1.5 litros por metro cuadrado. El volumen de agua de riego está de acuerdo a los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales internas del recinto de producción de FVH. Un indicador práctico que se debe tener en cuenta es no aplicar riego cuando las hojas del cultivo se encuentran levemente húmedas al igual que su respectiva masa radicular Sánchez (1997), citado por Ezpinoza (2007).

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

En los sistemas hidropónicos con control automático, el riego se realiza mediante aspersiones muy reducidas por 10 minutos, cada 6 horas (Less (1983), citado por Hidalgo (1985).

Riego con Solución Nutritiva.

Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. Recordemos brevemente que el Manual FAO “La Huerta Hidropónica Popular” (Marulanda e Izquierdo, 1993), indica que la solución nutritiva allí expuesta se puede utilizar para la

producción de FVH a una concentración de “ $\frac{1}{4}$ full”, es decir, por cada litro de agua usamos 1.25 cc de solución concentrada “A” y 0.5 cc de solución concentrada “B”.

Finalmente no debemos olvidar que cuando llegamos a los días finales de crecimiento del FVH (días 12 o 13) el riego se realizará exclusivamente con agua para eliminar todo rastro de sales minerales que pudieran haber quedado sobre las hojas y/o raíces. Es decir, si estábamos aplicando 1 litro de solución nutritiva por metro cuadrado por día, el día 12 y 13, aplicaremos 2 litros por metro cuadrado por día.

Crecimiento

En el proceso de crecimiento intervienen varios factores:

- Absorción de solución nutritiva
- Movilización de nutrientes
- Luminosidad
- Humedad
- Temperatura

En esta etapa actúan interrelacionados los factores citados anteriormente, los cuales deben mantenerse en condiciones óptimas. Las bandejas se exponen totalmente a la acción de la luz. El invernadero debe aportar una buena luminosidad, facilitando el proceso de fotosíntesis y la síntesis de algunas vitaminas como el caroteno; en general, con una buena luminosidad, se favorecen las calidades nutritivas del forraje y se mejoran las condiciones de sabor o palatabilidad para los animales. El periodo de crecimiento dura de 9 a 15 días, dependiendo de las condiciones climáticas, para obtener forraje con una altura de 20 a 25 cm.

En este estado la plántula, tanto en su parte aérea como en su zona radicular, está en un crecimiento acelerado; posee poco contenido de fibra y un alto porcentaje de proteínas, parte de la cual se encuentra en formación, por lo que la gran cantidad de aminoácidos están libres y son fácilmente aprovechables por los animales que la consumen.

Iluminación.

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

Al comienzo del ciclo de producción de FVH, la presencia de luz durante la germinación de las semillas no es deseable, por lo que, hasta el tercer o cuarto día de sembradas las bandejas, deberán estar en un ambiente de luz muy tenue pero con oportuno riego para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces.

La excepción se realiza, cuando la producción de FVH se localiza en recintos cerrados y/o aislados de la luz solar (piezas cerradas, galpones viejos sin muchas ventanas, casa abandonada, etc). En los dos últimos días del proceso de producción, se exponen las bandejas a la acción de la luz, para lograr como cosa primordial, que el forraje obtenga su color verde intenso característico y por lo tanto complete su riqueza nutricional óptima.

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

Temperatura

La temperatura es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regulación de la misma. El rango óptimo para producción de FVH se sitúa entre los 18° C y 26 ° C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos de diferentes especies, es diverso. Es

así que los granos de avena, cebada, y trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar. El rango de ellos oscila entre los 18°C a 21°C. Sin embargo, el maíz, muy deseado por el importante volumen de FVH que produce, aparte de su gran riqueza nutricional, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25°C y 28 °C (Martínez 2001; comunicación personal).

Una herramienta importante que debe estar instalada en los locales de producción, es un termómetro de máxima y mínima que permitirá llevar el control diario de temperaturas, y detectar rápidamente posibles problemas en variaciones del rango óptimo de la misma.

Lo ideal, es mantener siempre en el recinto de producción, condiciones de rango de temperatura constante. Para ello, en el caso de climas o épocas del año muy frías, tendremos que calefaccionar nuestro ambiente, y viceversa; en climas o estaciones del año de muy altas temperaturas, habrá que ventilarlo al extremo o enfriarlo. Usualmente, la calefacción dentro del recinto de producción, viene dada por la inclusión de estufas de aserrín. El número de estas, están en función de la intensidad del frío que exista, y de la temperatura a la cual pretendamos alcanzar. (Schneider, 1991). Por su parte el abatimiento de altas temperaturas puede obtenerse a través de la colocación de malla de sombra, y/o conjuntamente con la instalación de aspersores sobre el techo del invernáculo.

Humedad

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

La situación inversa (excesiva ventilación) provoca la desecación del ambiente y disminución significativa de la producción por deshidratación

del cultivo. Por lo tanto compatibilizar el porcentaje de humedad relativa con la temperatura óptima es una de las claves para lograr una exitosa producción de FVH.

Cosecha

Esta se hace cuando la plántula ha alcanzado una altura promedio de 25 cm. Este desarrollo demora entre 9 a 15 días, se realiza la cosecha del FVH; sin embargo, si estamos necesitados de forraje, podemos efectuar una cosecha anticipada a los 8 o 9 días.

Otro indicador de cosecha es cuando ya se haya formado 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 alcanzaron a germinar, las raíces y la parte aérea de 25 cm de altura.

Rendimientos del forraje verde hidropónico

Se puede obtener un máximo de 22 kilos de FVH por cada kilo de semilla de cebada cervecera a los 17 días, utilizando riegos con la solución nutritiva de FAO al 50% (2.5 cc de "A" y 1 cc de "B" a partir del 4° día y hasta el día 15) por productores del mismo grupo; sin embargo, esta alta productividad de biomasa fue obtenida a costa de una pérdida en la calidad nutricional del FVH.

Morrison (1969) citado por Latournerie (2001) menciona que cuando se utiliza la planta completa de maíz como forraje, supera a todas las especies forrajeras por su rendimiento medio en materia seca (MS) y principios nutritivos digestibles por hectárea. El maíz para forraje es una excepción, sobre todo los maíces híbridos que alcanzan el máximo rendimiento en carbohidratos después que florecen. Además, cuando el grano está en estado lechoso, las hojas y tallos están todavía verdes y la planta completa tiene entonces un alto valor nutritivo para el ganado.

Elizondo y Boschini (2001), Cuomo, Redfearn y Blouin (1998) han demostrado que para obtener mayores rendimientos de forraje por unidad de área, es necesario aumentar la densidad de siembra, sin que ello repercuta en el valor nutritivo de la hoja, el tallo o la planta entera.

Es importante considerar la altura de las plantas en los dos cultivares, ya que entre el cultivar híbrido y el criollo se encuentra una diferencia promedio de 1,70 m a favor del criollo, lo que repercute notablemente en los rendimientos de biomasa verde y seca por unidad de área (Elizondo, 2002)

Elizondo y Boschini (2002) quienes compararon los rendimiento de maíz criollo contra maíz híbrido para forraje verde, encontraron que el maíz criollo supero al maíz híbrido con un 62%.

Los rendimientos que se puedan obtener varían según la variedad, fertilización, la edad de cosecha y la densidad de siembra entre otros factores (Aldrich y Leng, 1974).

Si se considera la variedad, se puede decir que cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje verde hidropónico, pero las que producen mayores rendimientos de biomasa son aquellas variedades de porte alto. Los híbridos por su parte, al ser de porte pequeño generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área.

Ventajas de utilización del forraje verde hidropónico

Con la producción de forraje verde hidropónico se puede satisfacer las necesidades de productos verdes vivos durante todo el año.

1. El forraje verde se puede cultivar en un área muy pequeña en comparación con los campos destinados para la alimentación animal, los costos de insecticidas, maquinaria para el cultivo, así como las labores necesarias en los cultivos al aire libre son

bastante mayores que los normales en el cultivo de forraje verde hidropónico.

2. el forraje verde hidropónico brinda todas las vitaminas libres y solubles, haciéndolas mas asimilable por lo que no ocurre con el grano seco. El uso de forrajes verdes hidropónico puede evitar la necesidad de vitaminas sintéticas y cualquier otro suplemento nutritivo, ya que todas las vitaminas se presentan libres y solubles. La vitamina E, por ejemplo, es completamente asimilable y esta en libre circulación por toda la planta.
3. Al suministrar forraje verde hidropónico durante toda la dieta alimenticia, se evita trastornos digestivos causados por los cambios de composición y procedencia de los alimentos para uso animal.

Resultados de investigación en la producción de FVH

López Ferreira (1988), evaluando diferentes cereales para producción de forraje en hidroponía, muestra en este cuadro que:

Comparación de la producción de forraje en hidroponia de diferentes cereales, respecto a la producción y % de germinación.

	TRIGO	CEBADA	TRITICALE	MAIZ	SORGO	AVENA
PRODUCCION (kg)	2.78	2.43	2.03	1.45	1.39	1.33
GERMINACION %	90.5	90.5	70.0	92.0	91.0	82.25

Datos obtenidos de: López Ferreira, 1988.

1. La producción obtenida en el cultivo del Trigo fue de 2.78 kg, con un % de germinación de 90.5%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 1^{er} lugar de producción.

2. Posteriormente menciona que la producción obtenida en el cultivo de la Cebada fue de 2.43 kg, con un % de germinación de 90.5%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 2^{do} lugar de producción.

3. También menciona que la producción obtenida en el cultivo del Triticale fue de 2.03 kg, con un % de germinación de 70.0%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 3^{er} lugar de producción.

4. Así también menciona que la producción obtenida en el cultivo del Maíz fue de 1.45 kg, con un % de germinación de 92.0%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 4^{to} lugar de producción.

5. De igual manera menciona que la producción obtenida en el cultivo del Sorgo fue de 1.39 kg, con un % de germinación de 91.0%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 5^{to} lugar de producción.

6. Por ultimo menciona que la producción obtenida en el cultivo de la Avena fue de 1.33 kg, con un % de germinación de 82.25%, evaluados a los 14 días después de la siembra por hidroponia, quedando así en 6^{to} lugar de producción.

García Pevia (1988), de igual manera, evaluando cinco cultivos forrajeros con la técnica hidropónica y la aplicación de Biozyme bajo condiciones de invernadero demuestra que:

1. La producción obtenida en el cultivo del Trigo fue de 5.558 kg, quedando así en 1^{er} lugar de producción.

2. De igual manera menciona que la producción obtenida en el cultivo del Cebada fue de 3.700 kg, quedando así en 2^{do} lugar de producción. A

pesar de que en este cultivo se presentó daño por calor y presentó un tipo de fermentación, no fue obstáculo para obtener la producción.

3. Posteriormente dice que la producción obtenida en el cultivo del Triticale fue de 3.533 kg, quedando así en 3^{er} lugar de producción, a pesar de haber sido el más fuertemente dañado por el hongo y la temperatura elevada.

4. Así también menciona que la producción obtenida en el cultivo del Avena fue de 3.300 kg, quedando así en 4^{to} lugar de producción.

5. También menciona que: la producción obtenida en el cultivo del Sorgo fue de 3.008 kg, quedando así en 5^{to} lugar de producción.

Comparación de 5 cultivos forrajeros con la técnica hidropónica y la aplicación de biozyme bajo condiciones de invernadero

Producción	Trigo	Cebada	Triticale	Avena	Sorgo
kilogramos	5.558	3.700	3.533	3.300	3.008

Datos obtenidos de: García Pevia, 1998.

Andrade Castañeda (2003), estudiando el efecto de la densidad de siembra en la producción de forraje verde hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale nos muestra también que:

1. La mejor densidad de siembra fue 1.75 kg para las variables peso seco y peso fresco, para la altura del forraje fue la densidad 1.50 kg, pero se recomienda la densidad 1.50 kg para todas las variables evaluadas, ya que esta es de menor densidad de siembra y presenta resultados similares a la densidad 1.75 kg.

2. También demuestra que la aplicación de Biozyme PP o agua responden similarmente para las variables evaluadas.

3. Posteriormente concluye en que la mejor especie en este experimento fue Cebada CAN-435-95, seguida muy de cerca por Triticale AN-53 y por ultimo el trigo AN-67-68, para las variables peso fresco, peso seco y altura del forraje.

Por ciento de germinación de las variedades.

Variedad	Germinación %
Cebada CAN-435-95	99.75
Trigo AN-67-68	98.00
Triticale AN-53	96.75

Fuente: Andrade, 2003

Guzmán Roblero (2006), al determinar la densidad de siembra y dosis de fertilización para la producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*X. triticosecale* W.) bajo dos condiciones de luz, encontró que:

1. Con respecto a la producción de trigo y triticale se obtiene mejor peso y altura del forraje en el triticale que en el trigo, con una densidad de siembra para las dos especies de 500 g, la cual fue la óptima.
2. También demuestra que utilizando el sombreado con malla proporciona aumento en la productividad y en la altura del forraje.
3. Con respecto al fertilizante, no muestran una gran diferencia entre ellos, pero en la radiación se observó un efecto negativo sobre el cultivo al tener una mayor radiación.
4. Con respecto a la temperatura, registró 2°C más de diferencia del invernadero sin malla al invernadero con malla, en lo que respecta a la temperatura interior del invernadero; y con lo que respecta a temperatura en el área de la raíz, fue 8°C mayor en el invernadero sin malla, con

respecto al invernadero con malla, provocando así, un ambiente estresante, lo cual reflejó un número de plantas de menor peso y altura.

Comparación de medias en peso (gr) por charola de trigo y triticale.

	TRIGO		TRITICALE	
	6/marzo/206	8/marzo/2006	6/marzo/206	8/marzo/2006
Inv. Con malla	3765	3908	4358	4392
Inv. Sin malla	2953	3363	4096	4051

Comparación de medias en altura (cm) de trigo y triticale

	TRIGO		TRITICALE	
	6/marzo/206	8/marzo/2006	6/marzo/206	8/marzo/2006
Inv. Con malla	16.1	17.6	20.72	21.25
Inv. Sin malla	13.0	14.9	17.65	20.10

Datos obtenidos de: Guzmán Roblero, 2006.

MATERIALES Y METODOS

Localización del sitio experimental

El experimento se llevo acabo en un invernadero de tipo cenital de 8 X 4 mts que esta ubicado en el Centro de Capacitación para el Desarrollo de la Mixteca a 200 mts de la comunidad de Santa Maria Ayú, Huajuapán de León, Oaxaca. Se localiza en la parte noroeste del Estado, en las coordenadas 97° 16' longitud oeste, 17° 48' latitud norte y a una altura de 1,600 metros sobre el nivel del mar. Es una región semidesértica con una precipitación media mensual de 8.9 cm y con una temperatura promedio de 23 °C, cuenta con suelo de tipo cambisol cálcico. La vegetación que predomina es gran variedad de cactus y biznagas en los que destaca el cactus pitayero y algunos tipos de órgano. Entre otros predomina el mesquite, güizache, aguacatillo, límalos, palma, ceiba y hormiguillo

Materiales

- 1 Balanza analítica
- 4 kg de semillas de maíz de cada material genético (5 variedades).
- Cloro
- 25 Charolas de 30x 60 cm.
- Vernier
- Horno secadora.
- Probeta graduada
- Libreta de campo.

Materiales genéticos a utilizar

Maíz criollo

En México, se han descrito aproximadamente 49 razas de maíz, pero dentro de cada una existe lo que se conoce como "variedades criollas", que son resultado de la manipulación tradicional de los campesinos, por

ejemplo al sembrar en un mismo campo diversos tipos del grano característico, eliminar otras o mejorar su desempeño. El maíz criollo a utilizar presenta las siguientes características:

Madurez intermedio

Días a cosecha: 175 a 185 días

Altura de planta (cm.): 300 a 330

Altura de mazorca (cm.): 160 – 170

Cobertura de mazorca: regular

Color grano: blanco

Tipo de grano: semi-dentado

Tolerancia al acame: poco tolerante

Maíz híbrido

No es un problema nuevo de manera que la resistencia a la sequía ha sido uno de los objetivos tradicionales de la selección y del mejoramiento genético de las semillas de maíz y continúa siendo una de las características que busca el productor. Con el maíz híbrido se tienen las siguientes características: las plantas híbridas son aparentemente menos susceptibles al “acame”, altura de la planta, número de elotes por planta, alto contenido de proteínas. Los híbridos a evaluar presentan las siguientes características.

Hibrido DK-2031

Madurez: Intermedio

Días a cosecha: 170-180

Altura de planta (cm.): 240 - 250

Altura de mazorca (cm.): 125 - 135

Cobertura de mazorca: Buena

Color de grano: Blanco

Tipo de grano: Semi-dentado

Hileras por mazorca: 18 – 20

Tolerancia al acame: Muy Tolerante

Pudrición de tallo (Fusarium): Tolerante

Semillas por hectárea: 95-105 mil

DK-353

Madurez: Intermedio

Días a floración: 55-60

Días a cosecha: 130-145

Altura de planta (cm.): 240-260

Altura de mazorca (cm.): 125-130

Cobertura de mazorca: Muy Buena

Color de grano: Blanco

Tipo de grano: Semi-dentado

Tiene el grano sano, grande, profundo y pesado, mejor adaptado a las condiciones tropicales de México.

ASPROS 910

Tipo de híbrido: Triple

Ciclo: Intermedio

Condiciones de siembra: Buen temporal y riego

Días a floración: 75-80

Días a madurez: 140-145

Altura de planta. 2.20-2.30 m

Altura de mazorca. 1.30-1.50 m

Enfermedades foliares: Tolerante

Sanidad de mazorca: Excelente

Tipo de grano: Blanco semi-dentado

Área de adaptación: Subtropico

NK-1822W

Tipo de híbrido: Simple

Ciclo: Intermedio

Días a floración: 66-69

Días a cosecha: 170

Altura de planta: 2.40 m

Altura de mazorca: 1.18 m

Cobertura de mazorca: Excelente

Número de hileras : 14-16

Tipo de mazorca: Cónica

Tolerancia al acame: Excelente

Sanidad general: Excelente

Densidad recomendada 75,000-80,000 plantas/ha (riego).

Metodología a utilizar y establecimiento del experimento.

Primero se recolectaron en las parcelas demostrativas del Instituto para el Desarrollo de la Mixetca, A. C. los materiales genéticos a utilizar.

Estos materiales híbridos fueron de línea F2, el criollo es de origen totalmente regional con la característica ya mencionada. Se cosecharon las mazorcas y después se realizó el previo secado por separado con la finalidad de asegurar de que no tuvieran mucha humedad, se desgranaron las mazorcas manualmente para obtener las mejores semillas y así evitar daños mecánicos que pudiera afectar la germinación de las mismas, se seleccionaron las semillas con mejor tamaño y se pesó un total de 5 kg de semillas por tratamiento para tener una correlación de peso de semilla contra peso de forraje en verde y en seco.

Posteriormente se llevo acabo la pregerminación que consistió en activar la semilla, es decir, romper el estado latencia en el que se encontraba, esto consistió en humedecerlas durante 36 horas con agua mas cal en una proporción de un litro de agua por 1 gr. de cal para desinfectarlas y así evitar incidencia de enfermedades. Cumplidas las 36 horas de remojo, se dejo reposar en 5 horas para que respiraran.

Después de este proceso se colocaron en cada charola las semillas unifórmenme distribuidas, contando con 25 unidades experimentales, es

decir, que cada tratamiento contaba con 5 repeticiones (charolas). Una vez puesta en cada charola se colocaron sobre las estanterías de metal distribuidas al azar dentro del invernadero (tipo minigreen) con una superficie de 32 mts² con su sistema de riego por aspersión. Posteriormente se inicia la germinación con la aparición de la raíz al tercer día.

La aplicación de los riegos se realizó de forma mecánica contando con una bomba de 1 caballo de fuerza y un rotoplas 1100 lts. Las frecuencias de riegos fueron de cada hora con una duración de 1 minuto, a partir de las 8:00 a.m. hasta las 4:00 p.m.; no se realizaron aplicaciones de soluciones nutritivas, ya que no se contaba con varios depósitos para diluir los nutrientes.

Proceso de producción

En esta etapa se mantuvieron en condiciones óptimas. Las bandejas se expusieron totalmente a la acción de la luz. Las cortinas del invernadero permitieron realizar esta actividad, en las mañanas se estuvo levantándolas y en las tardes bajándolas. Las temperaturas variaban en las mañanas un promedio de 20 °C, en el día con un promedio de 30 °C.

El criterio tomado para dar finalización a la producción de forraje, en este trabajo se basó en que el cultivo alcanzara un intervalo de 15 días de establecimiento de producción, del 1° de julio al 15 de julio del 2008.

Cosecha

Como indicador de cosecha, fue considerar la altura promedio de la plántula de 23 cm. y el colchón de raíces bien formado, esto fue a los 15 días de establecimiento. A partir de aquí se tomó el peso de una de las charolas en general, para tener un registro de cómo se comportó cada tratamiento, luego se tomaron una muestra representativa por cada charola, escogiendo plántulas de mayor, mediano y menor altura, así sucesivamente en todas las charolas para tener un promedio de alturas y

así también poder evaluarlas con los parámetro que se describen mas adelante.

Parámetros evaluados

Peso de semilla vs rendimiento

Se peso la semilla a utilizar para posterior se tenga una correlación de: peso de semilla contra peso de forraje en verde y en seco.

Peso fresco de raíz

Se obtuvo el peso fresco de raíz, quitando únicamente la parte aérea de la planta, de la misma muestra utilizada en los parámetros anteriores.

Peso fresco follajes

Se pesaron los tallos y hojas juntos, de cada unidad experimental expresando los resultados en grs.

Peso seco de raíz.

Las raíces se trozaron en tamaños des 0.5 cm y se colocaron en charolitas de aluminio para poder realizar el secado en estufas a 110°C durante 6 horas realizando lecturas por cada 2 horas hasta obtener una igualdad en peso y así asegurar el peso seco final.

Peso seco de follajes

De igual forma, los tallos juntos con las hojas de la muestra tomada se trozaron en pequeños trocitos y se colocaron en la charolas de aluminio, se metieron a la estufa con la misma temperatura de 110 °C por un periodo de 6 horas, tomando lecturas cada 2 horas hasta que llego en un punto que ya no vario el peso.

Diseño experimental

Se realizó el pesado de cada unidad experimental (bandejas), para obtener el rendimiento total por tratamiento.

En el presente trabajo el diseño experimental que se utilizó fue el de completamente al azar. Se evaluaron 5 tratamientos con 5 repeticiones cada uno. Los tratamientos están compuestos de la siguiente manera tratamiento 1 por el híbrido Aspros 910, tratamiento 2; Dk – 353, tratamiento 3 por Dk -2031, tratamiento 4 por Nk-1822 y un testigo que fue el maíz criollo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Longitud de tallos

Cuadro Nº 1. Análisis de varianza para la variable longitud de tallos de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

FV	GL	SC	CM	F	Pt(0.05)(0.01)
TRATA.	4	99.7324	24.9331	10.3958*	4.28 5.38
ERROR	18	43.1708	2.3983		
TOTAL	22	142.9033			

C.V. = 7.45 %

* = Significativo

En el análisis de varianza realizado, para la variable longitud de tallo se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos con $P \leq 0.01$. También se les practicó la DMS para observar la igualdad y diferencias entre tratamientos. Figura1 muestra que el tratamiento T5 con maíz criollo es el que mostró mayor longitud de tallo, seguido por el T2, maíz híbrido DK-353., y comportándose como términos medios el T3, con el híbrido DK-2031.

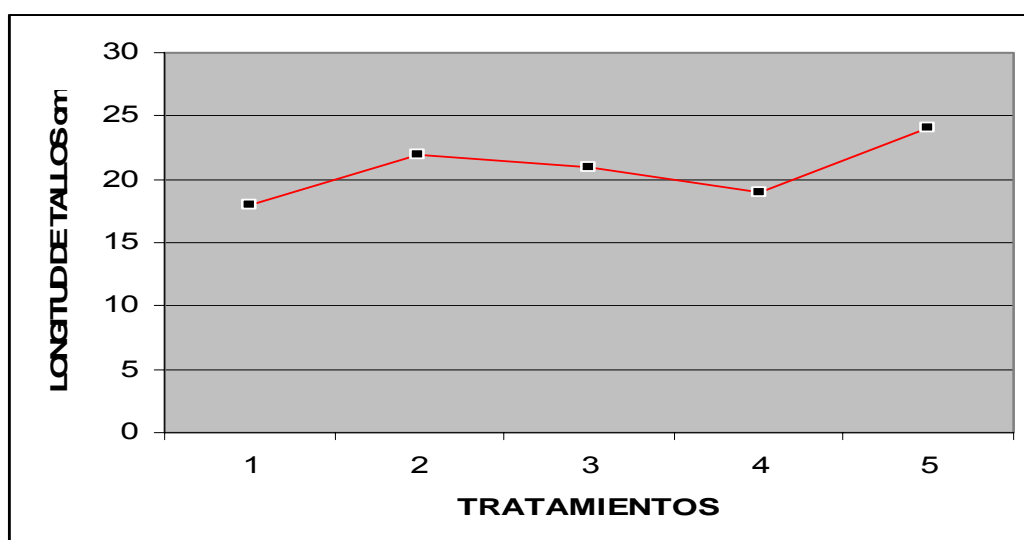


Figura 1. Longitud de tallos (LT) de plántulas maíz para forrajes Verde hidropónico.

Longitud de raíz

Cuadro N° 2. Análisis de varianza para la variable longitud de raíz de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico,

FV	GL	SC	CM	F	Pt(0.05) (0.01)	
TRAT..	4	56.153320	14.038330	1.7981 ^{NS}	4.28	5.38
ERROR	18	140.530273	7.807238			
TOTAL	22	196.683594				

C.V= 12.00%

NS= No significativo

Para la longitud de raíz, los resultados obtenidos por el ANVA en la evaluación de esta variable, se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que estadísticamente son iguales. Sin embargo en la figura 2, se observa que el (T5) presentó mayor longitud de raíz (25.16) en comparación con los tratamientos (T1) y (T2).

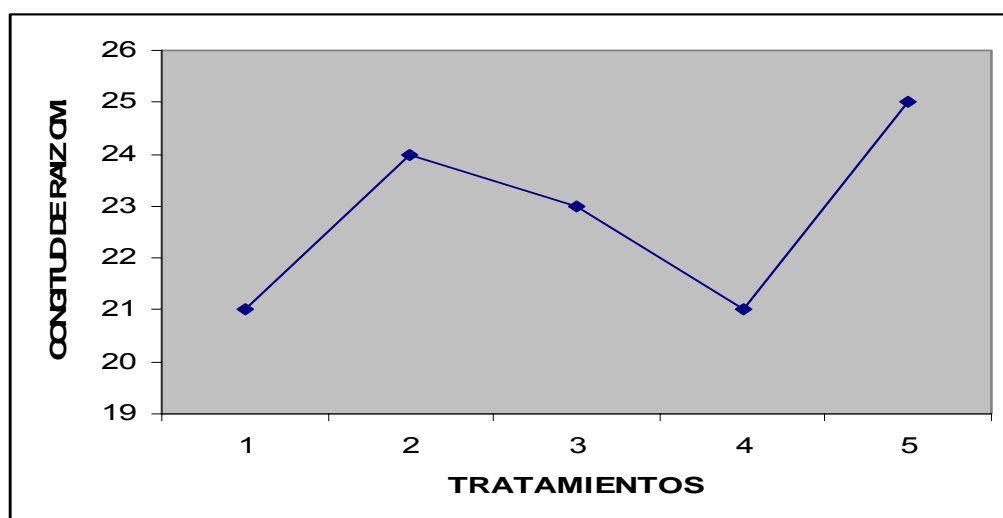


Figura 2. Longitud de Raíz de plántulas de maíz híbridos para Forraje verde hidropónico.

Acumulación de biomasa fresca

Cuadro N° 3. Análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

FV	G.L	SC	CM	F	Pt(0.05)(0.01)	
Trata.	4	1054848.000	263712.000	2.7202 ^{NS}	4.28	5.38
Error	18	1745024.000	96945.7812			
Total	22	2799872.000				

C.V = 12.72 % NS = No significativo

En el análisis de varianza de peso fresco de raíz, se encontró que no existe diferencias significativas entre los tratamientos por lo que estadísticamente son iguales. Aunque en la Figura 3 se observa el comportamiento del (T1) fue mejor para esta variable, mientras que el tratamiento 5 resulta con el menor peso fresco, sin embargo en los tratamientos 1-2 influye positivamente el genotipo y crecimiento de raíz en la acumulación de biomasa fresca de la misma.

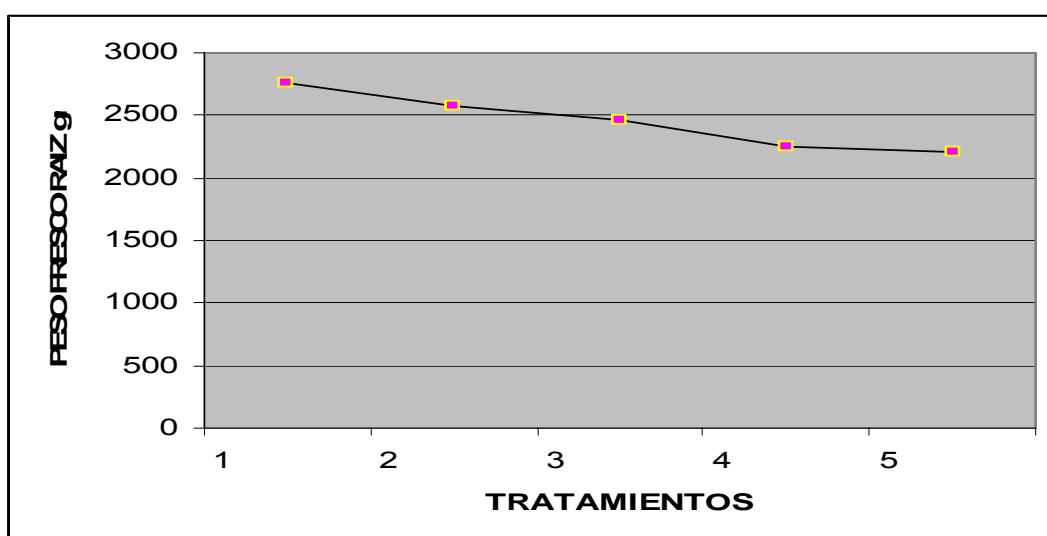


Figura 3. Peso Fresco Raíz de 5 genotipos de maíz para producción de forrajes verdes hidropónico

Cuadro N° 4. Análisis de varianza para la variable peso fresco de follaje de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

FV	GL	SC	CM	F	Pt(0.05)(0.01)
TRATA.	4	1163352.00000	2980838.000	4.0115 ^{NS}	4.28 5.38
ERROR	18	1305032.00000	72501.781250		
TOTAL	22	2468384.00000			

C.V. = 14.63 % NS =No significativo

Los resultados obtenidos con el ANVA muestran que no existen diferencias significativas entre los 5 tratamientos. El híbrido de maíz DK-353 resulto ser el mejor en la variable peso fresco follajes figura 4, superando al testigo maíz criollo y a todos los demás tratamientos. Esto se debe probablemente al genotipo que tiene un alto potencial para la acumulación de biomasa fresca.

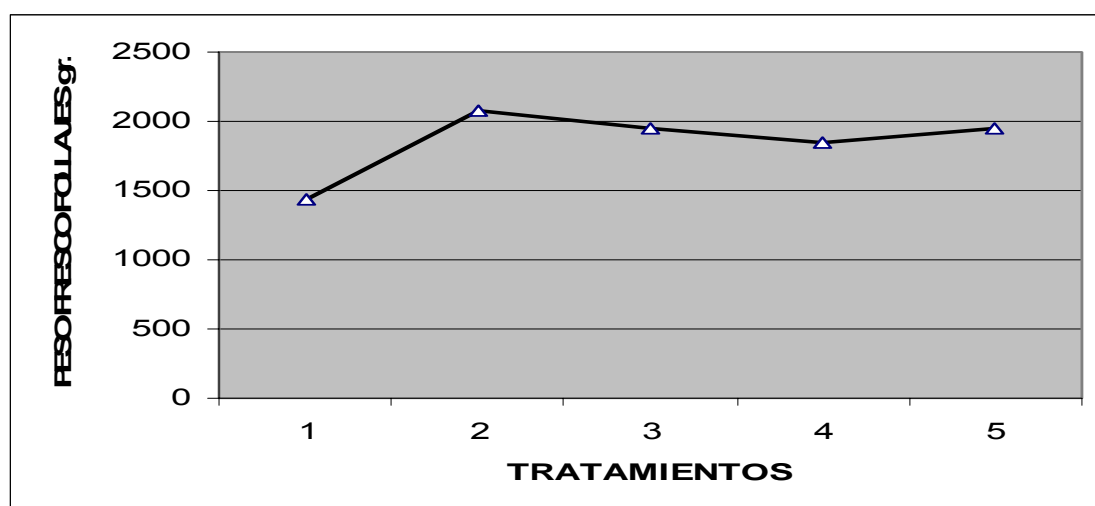


Figura 4. Peso Fresco Follajes de 5 genotipos de maíz para producción de forrajes verdes hidropónico.

Acumulación de biomasa seca

Cuadro N° 5. Análisis de varianza para la variable peso seco de raíz de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico

FV	GL	SC	CM	F	Pt(0.05) (0.01)
TRATA.	4	33334.0000	8333.500000	1.5230 ^{NS}	4.28 5.38
ERROR	18	98489.0000	5471.611328		
TOTAL	22	131823.0000			

C-V =16.45% NS = No significativo

Al realizar el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos, esto indica que estadísticamente son iguales. Sin embargo, se observa que el mayor peso seco de raíz se presenta en el tratamiento 2 (figura 5), esta variable no destaco en la variable de peso fresco raíz encontrado. Puesto que se evaluaron las raíces de las mismas plantas y el tratamiento 2 fue el mejor para esta variable de (PSR), aunque en el (PSR) no se muestra diferencia alguna en el ANVA realizado se puede deducir que el tratamiento 2 es mejor debido a que el genotipo si influyo en la acumulación de de biomasa seca de raíz..

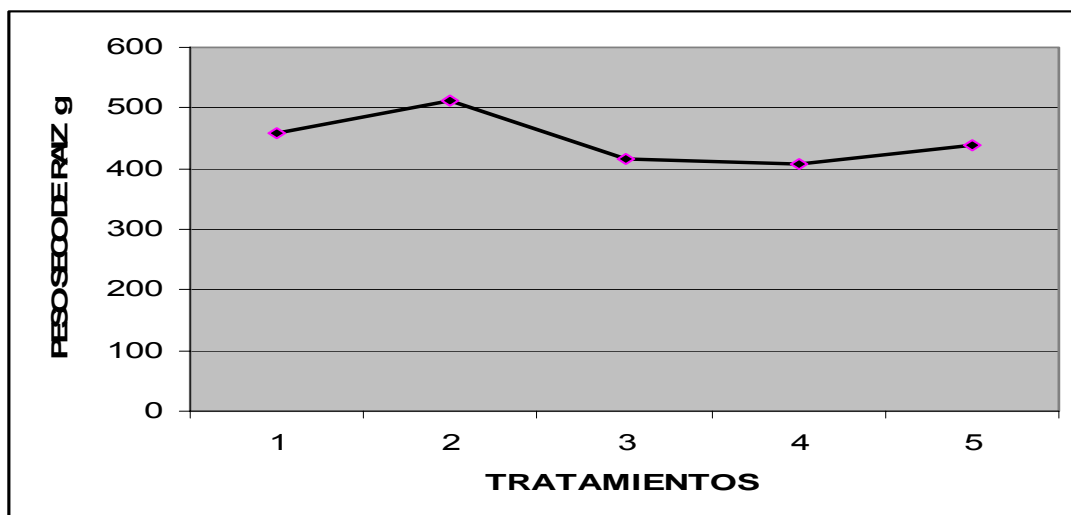


Figura 5. Peso Seco de Raíz de 5 genotipos de maíz para la producción de forrajes verdes hidropónico.

Cuadro N° 6. Análisis de varianza para la variable peso seco de follajes de plántulas de maíz de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

FV	GL	SC	CM	F	Pt(0.05) (0.01)
TRATA.	4	10881.187500	2720.296875	0.8186 ^{NS}	4.28 5.38
ERROR	18	59813.750000	3322.986084		
TOTAL	22	70694.937500			

C-V =29.93 %

NS = No significativo

De acuerdo al análisis de varianza para peso seco follajes se observo que no existen diferencias estadísticas significativas en ninguno de los 5 tratamientos (figura 6), aunque considerando que el híbrido de maíz (DK-353) presento mayor producción de biomasa seca de follajes seguido por los tratamientos 1y 5 (aspros 910 y maíz criollo). Los tratamientos 3 y 4 fueron los menores.

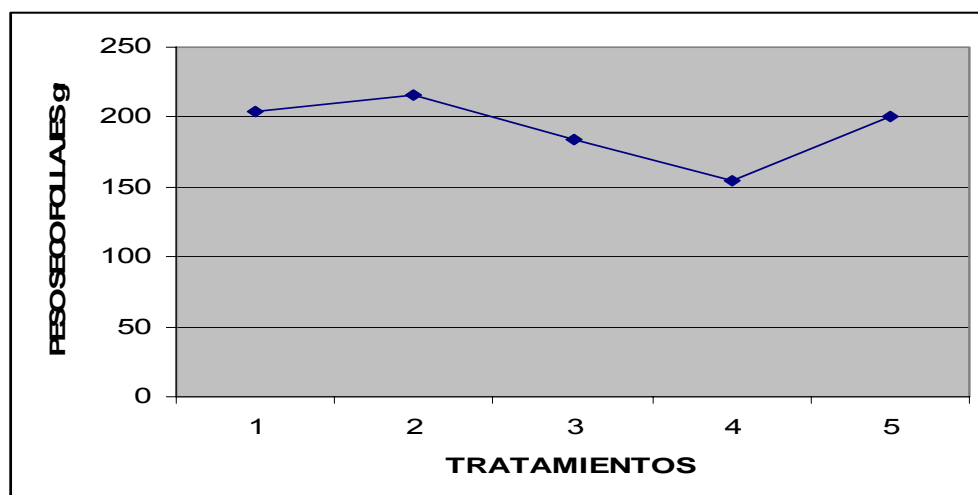


Figura 6. Peso Seco de Follajes de 5 genotipos de maíz para la producción de forrajes verdes hidropónico.

Cuadro N° 7.Concentración de valores de rendimiento de final de biomasa fresca y seca por tratamiento.

Tratamientos	Peso granos secos (Kg)	Peso granos después de 36 horas(Kg)	Peso fresco forraje (Kg)	Peso seco forraje (Kg)
Aspros 910	5.0	7.750	20.99	3.315
Dk – 353	5.0	7.800	23.21	3.644
Dk -2031	5.0	7.850	21.600	3.000
Nk-1822	5.0	8.150	20.47	2.813
Criollo	5.0	7.720	20.76	3.242

Con base a los parámetros evaluados para conocer el comportamiento de los materiales de maíz para forraje verde hidropónico, el maíz criollo tuvo los mejores resultados en cuanto a crecimiento de tallo y raíz, mas sin embargo en la acumulación de biomasa fresca y seca no superó al híbrido DK-353 el cual destaco en la acumulación de biomasa, estos resultados no concuerdan con los que menciona (Elizondo, 2002) Es importante considerar la altura de las plantas en los dos cultivares, ya que entre el cultivar híbrido y el criollo se encuentra una diferencia promedio de 1,70 m a favor del criollo, lo que repercute notablemente en los rendimientos de biomasa verde y seca por unidad de área.

Estos resultados no coinciden con los trabajos realizados por (Elizondo y Boschini, 2002) quienes compararon los rendimiento de maíz criollo contra maíz híbrido para forraje verde, encontraron que el maíz criollo supero al maíz híbrido con un 62%.

En general, estos resultados reflejan que los genotipos con mayor producción de forraje no necesariamente son los de mayor altura, efectos similares fueron señalados por Latournerie (1994) y Rodríguez (1985).citado por Rodríguez, 2001).

CONCLUSIONES

En la evaluación de todas las variables en estudio: longitud de tallo, longitud de raíz, peso fresco follajes, peso fresco raíz, peso seco follajes y peso seco raíz; el tratamiento 2 con maíz híbrido DK-353 en la prueba de media resultó ser el mejor en 4 de estas variables.

Se encontró diferencia significativa en las variables para las variables longitud de tallos.

Se rechaza la primera hipótesis: La variedad criollo tiene mayor potencial productivo.

Se acepta la segunda hipótesis: Existen un híbrido de mayor potencial productivo que los otros.

Se acepta la tercera hipótesis: Existen diferencia entre biomasa seca de algunos de los materiales evaluados.

Cabe mencionar que el maíz criollo fue superior en cuanto a longitud de tallo y raíz, pero en la acumulación de biomasa fresca y seca se comportó en término medio.

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran una alternativa posible de hacer uso de los materiales híbridos de maíz F2 para la producción de forraje verde hidropónico.

BIBLIOGRAFÍA

Andrade Castañeda Ángel, 2003. Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale., Ingeniero en Agrobiología.

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

Bravo Ruiz, M. R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de Conejos Angora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

Forrajes Verde hidropónico. coljap ver s/f aprende fácil cultivos hidropónicos nº 9. Ediciones culturales ver ltda. pp. 137-142.

Ficha técnica. Materiales de maíz manejado en parcelas demostrativas en la región Mixteca oaxaqueña. IDEM, A.C.

Lomelí Zúñiga, H. 2000. Agricultura. México.

Elizondo, J.; Boschini, C 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje de maíz. En prensa en Agronomía Mesoamericana.

Elizondo, J.; Boschini, C. 2002 Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. Artículo Científica publicado, Agronomía mesoamericana 13(1):13-17.

Dosal Aladro, J. J. M. 1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Época de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

FAO. 1980. El Conejo, Cría y Patología. Roma, Italia.

García Pevia Isidro, 1988. Evaluación de cinco cultivos forrajeros con la técnica hidroponía y la aplicación Biozyme bajo condiciones de invernadero, Ing. Agrónomo Horticultura.

Guzmán Roblero Yanci Anilú, 2006. Determinación de la Densidad de Siembra y Dosis de Fertilización para la Producción del Forraje Verde Hidropónico de Trigo (*Triticum aestivum* L.) y Triticale (*X. triticosecale* W.) Bajo dos Condiciones de Luz. Ing. en Agrobiología.

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

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

López Ferreira Francisco Javier, Evaluación de seis especies bajo técnica de hidroponía, Ing. Agrónomo Fitotecnia, octubre 1988.

Martínez, E. 2001. Comunicación Personal. Maldonado. Uruguay.

Marulanda, C; y Izquierdo, J. 1993. Manual Técnico "La Huerta Hidropónica Popular". FAOPNUD. Santiago, Chile.

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

Ñíguez Concha, M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo.

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

Pérez Lagos, N. 1987. Efecto de la Sustitución del Concentrado por Forraje Obtenido en Condiciones de Hidroponía en una Crianza Artificial de Terneros. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

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

Rodríguez, A; Chang, M; Hoyos, M; Falcón, F. 2000. Manual Práctico de Hidroponía. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima, Perú.

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

Tovar G. M^a del R*, 2008. Potencial Productivo de Nuevas Variedades de Maíz para Forraje en el Estado de México. XXII congreso nacional y II internacional de fitogenética, 21 al 26 de septiembre de 2008 Chapingo estado de México, México.

PAGINAS WEB

www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/22_19_54_EvaluacionVelazquez.pdf

<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/oaxaca/municipios/20039a.mhttp>.

http://www.cimmyt.org/english/docs/field_guides/manualmaic.

http://www.botany.uwc.ac.za/Sci_ed/pupil/plant_tissues/index.htm

http://www.elmejorguia.com/hidroponia/forraje_verde_hidroponico_introduccion.htm.

APENDICE

CUADRO Nº 8. Concentración de datos para la variable longitud de tallos en centímetros de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

Tratamientos	I	II	III	IV	V
Aspros 910	16.5	17.2	18.5	20.7	18.9
Dk – 353	19.0	22.1	20.0	24.2	21.4
Dk -2031	19.0	22.7	21.3	=====	=====
Nk-1822	20.4	20.5	18.1	19.25	17.6
Criollo	23.5	23.6	23.8	24.2	25.5

CUADRO Nº 9. Concentración de datos para la variable longitud de raíz en centímetros de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

Tratamientos	I	II	III	IV	V
Aspros 910	18.7	17.3	20.3	23.7	25.8
Dk – 353	20.4	26.5	24.2	26.3	24.4
Dk -2031	23.3	21.2	25.0		
Nk-1822	23.1	19.4	19.4	25.2	22
Criollo	23.1	25.2	25	22.5	30

CUADRO Nº10. Concentración de datos para la variable peso fresco de raíz en gramos de plántulas de 5 materiales genéticos de maíz para forrajes Verde hidropónico.

Tratamientos	I	II	III	IV	V
Aspros 910	2475.170	2387.480	2636.625	2981.520	3315.380
Dk – 353	2648.450	2655.450	2708.725	2314.940	2528.790
Dk -2031	2697.046	2508.563	2185.600	=====	=====
Nk-1822	1903.190	2915.822	2320.156	1814.235	2308.426
Criollo	1854.586	2221.152	2299.896	2324.595	2310.096

CUADRO N° 11. Concentración de datos para la variable peso fresco follajes en gramos de plántulas de maíz para forrajes Verde hidropónico.

Tratamientos	I	II	III	IV	V
Aspros 910	1624.830	1252.520	1813.370	1118.480	1384.620
Dk – 353	2051.550	1884.554	2141.275	1955.060	2321.210
Dk -2031	2032.954	1981.437	1814.400	=====	=====
Nk-1822	2246.810	1414.178	1899.844	2135.765	1511.574
Criollo	1635.414	1858.848	1780.104	2225.405	2249.904

CUADRO N° 12. Concentración de datos para la variable peso seco de raíz en gramos de plántulas de maíz para forrajes Verde hidropónico

Tratamientos	I	II	III	IV	V
Aspros 910	564.338	506.961	497..830	330.215	397.840
Dk – 353	584..074	525.051	557.480	443.314	454.436
Dk -2031	513.318	394.755	339.736	=====	=====
Nk-1822	406.131	361.389	499.776	319.355	450.183
Criollo	428.590	399.958	534.979	416.505	417.176

CUADRO N° 13. Concentración de datos para la variable peso seco de follajes en gramos de plántulas de maíz para forrajes Verde hidropónico

Tratamientos	I	II	III	IV	V
Aspros 910	181..140	141.960	171.054	114.041	409.985
Dk – 353	215.804	205.391	216.737	222.136	219.296
Dk -2031	188.431	187.976	175.155	=====	=====
Nk-1822	139.871	144.241	199.374	128.669	163.930
Criollo	196.679	187.815	196.495	208.266	215.410

Cuadro Nº 14. Valores del comportamiento de las variables evaluadas de plántulas de diferentes germoplasma de maíz para forraje verde hidropónico

Tratamiento descripción	Longitud de tallo (cm)	Longitud de raíz (cm)	Peso fresco follajes (g)	Peso fresco raíz (g)	Peso seco follajes (g)	Peso seco raíz (g)
Aspros 910	18.3600 C	21.1600 B	2070.7297 A	2759.2349 A	203.6360 A	459.4368 A
Dk – 353	21.3400 B	24.3600 A	1949.9352 A	2571.2710 A	215.8728 A	512.8800 A
Dk -2031	21.0000 BC	23.1333 A	1942.9303 AB	2463.7363 A	183.8540 A	415.9363 A
Nk-1822	19.1700 CD	21.8200 A	1841.6342 AB	2252.3657 A	155.2170 A	407.3668 A
Criollo	24.1200 A	25.1600 A	1438.7648 B	2202.0645 A	200.9330 A	439.4416 A
Nivel significancia	**	NS	**	NS	NS	NS
C.V. (%)	7.45	12.00	14.63	12.42	29.93	16.45

Nota: Media con igual letra dentro de la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.01$). los tratamiento 1 al 4 fueron maíz híbridos de línea F2 y el maíz criollo como testigo.

NS = no significativo ** altamente significativo

