

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale.

Por:

ANGEL ANDRADE CASTAÑEDA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio del 2003

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**División de Agronomía
Departamento de Botánica**

**Efecto de la Densidad de Siembra en la Producción de Forraje Verde Hidropónico
en Cebada, Trigo y Triticale.**

Por:

ANGEL ANDRADE CASTAÑEDA

TESIS

**Que somete a consideración del H. Jurado examinador como requisito parcial
para obtener el título de:**

Ingeniero en Agrobiología

Aprobada

Presidente del jurado

M.C Leopoldo Arce González

Sinodal

Sinodal

Dr. Alejandro Javier Lozano del Río

Ing. Modesto Colín Rico

Sinodal

MSc. José Gerardo Ramírez Mezquitic

Coordinador de la División de Agronomía

M.C. Arnoldo Oyervides García

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio del 2003

INTRODUCCIÓN

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 incremento de la planta sin utilizar suelos propiamente, sino un medio inerte se le denomina a menudo cultivo sin suelo. Mientras que el cultivo solamente en agua (floating, ship, balsa), sería el verdadero cultivo hidropónico.

Es una técnica de producción de cultivos sin suelo. Practicada por nuestros antepasados Aztecas en sus enormes Jardines Flotantes; los Jardines Colgantes de Babilonia y los de la China Imperial, existiendo también jeroglíficos egipcios fechados cientos de años antes de Cristo que describen el cultivo de plantas en agua (Resh, 1997).

En los países donde se han establecido cultivos hidropónicos a escala comercial (Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Holanda, España y México), se ha obtenido utilidades elevadas con especies hortícolas y ornamentales por unidad de superficie mayores con respecto al cultivo convencional en suelo y mejor calidad en los productos obtenidos, ya que permite obtener altos rendimientos, varias cosechas al año y utiliza menos agua.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Sr. Fulgencio Andrade Lima
Sra. Celia Castañeda Zapatero

Dedico este trabajo en especial a ellos con mucho amor y respeto que se merecen, que a base de sacrificios han permitido que yo continué por el buen camino de la superación, gracias por darme la mejor de sus herencias, los quiero mucho.

A MIS HERMANOS

Teresa	Elizabeth
Noé	Jesús Emanuel
Elías	Citlalli
Esther	

Por todos los momentos alegres que compartimos y por todos los sacrificios que han hecho para que yo ejerciera una profesión, los quiero mucho. En especial a mis dos pequeños consentidos a Citlalli y Jesús Emanuel.

A MIS ABUELITOS

Sr. Tiburcio Andrade Tenango	Sr. Adolfo Castañeda Castañeda (+)
Sra. Damiana Lima Franco	Sra. Julia Zapatero Ixpango

A MIS PRIMOS LOS INGENIEROS

Juan Castañeda Zapata	Narciso Castañeda Pariente
Angel Castañeda Zapata	Adela Castañeda Silvestre
Cristino Castañeda Zapata	

Por todo el apoyo que me han brindaron durante mi estadía en la universidad, gracias.

A la familia Cabañas Andrade Que siempre me ha apoyado, en especial al Ing. Bruno Cabañas Parral, que me motivo a seguir superándome.

A todos mis tíos y primos, Que siempre confiaron en mi y me dieron su apoyo.

A MIS AMIGOS DE LA II GENERACIÓN EN AGROBIOLOGÍA: Araceli García Alvarado, Claudia Huitron Echavarría, Jaime Cruz Ocampo Nangulari, Juan Espinoza Gutiérrez, José David López Leyva, José Misael Medina Tiznado y Carmelo Alanis Abdón.

A MIS AMIGOS DE SIEMPRE: Octavio Sandoval, Jaudiel Pliego, Maximino Solano, Jorge L. Cadenas, Víctor M. Barrios, José A. Barrios. Eduardo Coyote, Manolo Silvestre y Alfredo Cadenas.

EN ESPECIAL Y CON TODO MI CARIÑO A

Alma Rosa Guerrero Morales Por todos los momentos maravillosos que hemos compartimos juntos y porque siempre estoy presente en su vida, te amo.

GRACIAS A TODOS UDS.....

De todas las ocupaciones del hombre
Que deriva beneficio alguno,
No hay ninguna tan amable,
Tan saludable y tan merecedora
De la dignidad del hombre libre,
Como la agricultura.

Cicerón

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Gracias por seguirme prestando la vida y Permitir alcanzar una meta mas en mi vida.

A MI ALMA TERRA MATER

Gracias a la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Que me cobijo en sus brazos y medio la oportunidad de ejercer una profesión.

M.C. Leopoldo Arce González por brindarme su amistad y asesoramiento en el presente trabajo de investigación.

DR. Alejandro Javier Lozano del Río por el apoyo en la revisión de esta investigación y con parte del material genético utilizado.

Ing. Modesto Colín Rico por que siempre estuvo al pendiente durante el trabajo de campo y su valioso conocimiento aportado en esta investigación.

MSc. José Gerardo Ramírez Mezquitic por su apoyo durante la revisión de esta investigación.

M.C. Socorro Bahena García por sus consejos durante el trabajo de campo.

A los señor Melquíades Martínez García y Rodolfo Aguirre Salas por su apoyo durante todo el trabajo de campo y por su amistad.

A Rubén de la Rosa Martínez y al futuro Ing. José Gil Cabrera Hernández por su apoyo brindado durante mi estadía en la universidad.

Al personal del Fisiología Vegetal: Francisca Calvillo Ramírez, Ma. Ángeles Cabello Espinoza, Juanita Treviño Torres y del Programa de Cereales a la secretaria Trinidad Baldenegro Santana, por brindarme su amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
Justificación.....	2
Objetivos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Hidroponia.....	4
Clasificación de la hidroponia.....	5
Historia y Origen.....	6
Importancia de la hidroponia.....	10
Ventajas y desventajas de la hidroponia.....	12
Comparación de los cultivos con suelo y sin suelo.....	14
Clasificación de los métodos de cultivo en hidroponia.....	16
Métodos de cultivo en hidroponia.....	18
Estructura del sistema hidropónico.....	18
Proceso de producción.....	19
Requerimientos de la planta.....	22
Características nutricionales de los forrajes verdes hidropónicos.....	23
Descripción botánica de las especies utilizadas.....	25

Cebada.....	25
Trigo.....	28
Triticale.....	32
Pruebas de germinación.....	35
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
Descripción del área de estudio.....	36
Material genético.....	36
Metodología.....	36
Densidad de siembra.....	37
Descripción del producto utilizado.....	38
Biozyme PP.....	38
Descripción de la dosis aplicada.....	39
Diseño y dimensiones de la charola.....	39
Diseño estadístico.....	41
Variables evaluadas.....	41
Peso fresco.....	41
Peso seco.....	41
Altura del forraje.....	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES.....	57
LITERATURA CITADA.....	59

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1	Desventajas de los cultivos sin suelo frente al tradicional en suelo arable.....	15
CUADRO 2.2	Análisis bromatológico de una planta completa de cebada.....	27
CUADRO 2.3	Análisis bromatológico de cebada parte fresca no madura.....	27
CUADRO 2.4	Análisis fisicoquímico de muestras de trigo a diferentes edades de crecimiento.....	30
CUADRO 2.5	Análisis bromatológico de trigo parte aérea fresco.....	31
CUADRO 2.6	Valor comparativo del forraje verde hidropónico.....	33
CUADRO 2.7	Análisis químico comparativo entre la semilla y el forraje verde hidropónico.....	34
CUADRO 2.8	Valor nutritivo de diferentes alimentos.....	34
CUADRO 3.1	Porcentaje de germinación de las especies utilizadas...	37
CUADRO 3.2	Composición de ingredientes del producto Biozyme PP.....	38
CUADRO 3.3	Dosis del producto utilizado para la densidad de siembra a 1.25, 1.50 y 1.75 kg.....	39
CUADRO 3.4	Distribución del material genético en campo.....	40
CUADRO 4.1	Análisis de varianza para la variable peso fresco utilizando Biozyme PP y agua.....	43

CUADRO 4.2	Tabla de medias de la interacción A*B*C para la variable peso fresco.....	44
CUADRO 4.3	Análisis de varianza para la variable peso seco utilizando Biozyme PP y agua.....	45
CUADRO 4.4	Tabla de medias de la interacción A*B*C para la variable peso seco.....	46
CUADRO 4.5	Análisis de varianza para la variable altura del forraje utilizando Biozyme PP y agua.....	48
CUADRO 4.6	Tabla de medias de la interacción A*B*C para la variable altura del forraje.....	49
CUADRO 4.A	Comparación de medias (factor A) la aplicación de Biozyme PP y agua para las variables evaluadas.....	51
CUADRO 4.B	Comparación de medias (factor B) variedades para las variables evaluadas.....	53
CUADRO 4.C	Comparación de medias del (factor C) densidades para las variables evaluadas.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICAS

FIGURA 4.1	Diseño y Dimensiones de la Charola.....	39
GRÁFICA 4.1	Comparación de las tres densidades de siembra para la variable peso fresco (kg) de acuerdo a cada tratamiento y variedad.....	44
GRÁFICA 4.2	Comparación de las tres densidades de siembra para la variable peso seco (kg) de acuerdo a cada tratamiento y variedad.....	47
GRÁFICA 4.3	Comparación de las tres densidades de siembra para la variable altura del forraje (cm) de acuerdo a cada tratamiento y variedad.....	50
GRÁFICA 4.A	Comparación de los tratamientos utilizados para las variables evaluadas.....	52
GRÁFICA 4.B	Comparación de las variedades utilizadas para las variables evaluadas.....	54
GRÁFICA 4.C	Comparación de las densidades utilizadas para las variables evaluadas.....	56

Los forrajes son el material vegetativo con el cual se alimenta al ganado, las especies de interés forrajero se encuentran principalmente comprendidas en la familia de las gramíneas y de las leguminosas. Las gramíneas forrajeras incluyen a pastos y cereales forrajeros los cuales tienen la característica de producir alta calidad y cantidad de alimento en un corto periodo de tiempo, presentan un alto contenido de proteínas e hidratos de carbono solubles y un bajo contenido de fibra poco lignificada (SEP, 1991).

JUSTIFICACIÓN

El deterioro progresivo del suelo y de las zonas de producción en general, debido al agotamiento, contaminación y una salinización cada vez mas extendidos, obliga a los agricultores a optar por el cultivo hidropónico como solución a dichos problemas, actualmente la técnica economiza cada vez más los recursos hídricos, debido a su elevada tecnificación, ya que permite solamente consumir el agua necesaria, minimizando todo tipo de perdidas y aportando solamente la cantidad adecuada del elemento que las plantas necesitan. Además el uso de esta técnica, permite perfectamente controlar las variables del cultivo, así como la obtención de una mayor cantidad de producto con el mínimo consumo de agua.

La hidroponia es una alternativa de solución a la problemática agrícola donde la agricultura tradicional es difícil o imposible de llevarla a cabo.

El campo mexicano presenta serios problemas económicos y sociales, debido a una limitada infraestructura y espacios para producir de forma extensiva.

OBJETIVOS

- Determinar la producción de forraje a 15 días después del primer riego en tres cereales (Cebada, Trigo y Triticale) utilizando tres densidades de siembra (1.25 kg, 1.50 kg y 1.75 kg), sometidas a una solución (Biozyme PP) y una solución testigo (agua).
- Determinar la densidad óptima de cada especie, para la mayor producción de forraje bajo cultivo hidropónico.
- Proporcionar una alternativa (sujeta a modificaciones o cambios) en la producción de forraje a corto plazo.

HIPÓTESIS

- Existe diferencia entre especies y densidades de siembra para producir mayor cantidad de forraje verde.

REVISIÓN DE LITERATURA

Hidroponia

El termino hidroponia deriva de los vocablos griegos “hydro” o “hudor”, que significa agua y “ponos”, equivalente a trabajo o actividad. Literalmente se traduce como “trabajo del agua” o “actividad del agua”. Se puede definir a la hidroponia como un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales, disueltos en agua y en el que a diferencia de los cultivos tradicionales en suelo, se utiliza como sustrato un material inerte, o simplemente agua (Sánchez y Escalante, 1988).

Existen otros términos que se usan como sinónimos de la palabra hidroponia tales como: “cultivo sin suelo”, “nitricultura”, “quimiocultura”, “cultivos artificiales”, “agricultura sin suelo”, etc. En la actualidad, el término hidroponia es el mas extendido y se usa en varios idiomas.

El concepto hidropónico utiliza actualmente tres niveles distintos de definición (Canovas, 1993).

1.- Cultivo hidropónico puro: Sería aquel en el que, mediante un sistema adecuado de sujeción, la planta desarrolla sus raíces en medio liquido (agua con nutrientes disueltos) sin ningún tipo de sustrato sólido.

2.- Cultivo hidropónico: Es utilizado para referirnos al cultivo en agua (acuicultura) o en sustratos sólidos más o menos inertes y porosos a través de los cuales se hace circular la disolución nutritiva.

3.- Cultivo hidropónico en su concepción más amplia: Engloba todo el sistema de cultivo en el que las plantas completan su ciclo vegetativo sin la necesidad de emplear el suelo.

Clasificación de la Hidroponia

No existe ninguna diferencia en el funcionamiento de las plantas que crecen en un cultivo hidropónico y aquellas que lo hacen en la tierra. La planta desde que comienza la germinación de la semilla, debe desarrollar sus diversos órganos (tallo, hojas, flores, frutos) para efectuar las variadas funciones de nutrición, respiración, transpiración y florecimiento.

En la tierra tanto los componentes orgánicos (humus) como inorgánicos deberán ser transformados en sales disponibles, tales como calcio, magnesio, nitrógeno, potasio, fósforo, hierro, azufre, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno, cobalto y cloro, estas sales deberán disolverse con agua presente en el suelo para poder ser absorbidas por las raíces de la planta.

Historia y Origen

La posibilidad de cultivar plantas sin tierra, fue admitida en el pasado por los hombres de ciencia dedicados a la botánica pura. En 1699, Woodward logro hacer crecer “hierbabuena” en agua solamente (Huterwal, 1983).

Se entiende por cultivo sin tierra el método que consiste en proveer a las plantas, los alimentos que necesita para su crecimiento, no por intermedio de su habitáculo natural, la tierra sino por intermedio de una solución sintética de agua y de las sales minerales diversas.

La hidroponia permite vigilar cuidadosamente el grado de acidez o alcalinidad que conviene a las plantas, según las necesidades de cada especie. Ciertas plantas requieren, en efecto, un medio nutritivo francamente ácido, mientras que otras se desarrollan mejor en un medio alcalino.

El cultivo hidropónico ha beneficiado la mejor obtención de las plantas forrajeras. De aquí que con esta técnica aplicada ingeniosamente en Bélgica se obtiene en toda estación forraje fresco ya que debido a las condiciones climáticas que imperan en dicha región no permitirían la producción intensivamente (Huterwal, 1983).

Jan Van Helmont en 1600, creyó haber probado que las plantas obtenían sus nutrimentos del agua. Su experimento consistió en colocar una plantita de sauce de poco más de 2 kg de peso en un tubo que contenía aproximadamente 80 kg de suelo seco, el cual fue cubierto para evitar cualquier aporte externo de polvo. Por cinco años, solo se le añadió agua de lluvia. Al final del experimento la planta aumento 54 kg mientras que el suelo perdió 60 gramos de peso, lo cual Van Helmont considero significativo (citado por Sánchez y Escalante, 1988).

Woodward en 1699, constató en su libro "Some Thoughts and Experiments Concerning Vegetation," que la adición de pequeñas cantidades de suelo a diferentes tipos de agua mejoraba el crecimiento de las plantas. El concluyo diciendo que es la tierra y no el agua la materia que constituye a los vegetales" (citado por Sánchez y Escalante, 1988).

Hamel, en 1758, continuó con la idea del cultivo en agua poniendo a germinar semillas de diversas plantas entre dos esponjas húmedas, colocando las pequeñas plántulas en botellas llenas con agua filtrada en una solución de baja concentración, de modo que las raíces estuvieran dentro de la solución nutritiva, finalmente llegó a la conclusión de que las plantas no solamente tomaban agua, sino también otros elementos disueltos (citado por Almanza, 1984).

Sacks 1860 y Knops en 1861-1865, fijaron las bases para el surgimiento de la hidroponia. Descubren que además del bióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, las plantas requieren de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y hierro. Publican las primeras fórmulas de soluciones nutritivas (citado por Sánchez y Escalante, 1988).

D. Wm. F Gericke 1929, fue el primero en desarrollar exitosamente un sistema práctico “comercial” de cultivo hidropónico “cultivo en agua”; con el trabajo de Gericke se inventó la palabra “Hidroponia” al realizar cultivos sin tierra en “grande” (citado por Sánchez y Escalante, 1988).

En 1938 la hidroponia entro en el campo de la horticultura, después de la segunda guerra mundial, el desarrollo de la hidroponia se incrementó, tanto a nivel comercial, como en programas de investigación. Recientemente, la mayoría de los investigadores trabajan principalmente en dos aspectos: primero, buscar sistemas hidropónicos más baratos y fáciles de manejar por la gente, no preparada en fisiología vegetal, química y sistemas hidropónicos complejos, y segundo, en estudios que abarquen diversos aspectos de nutrición vegetal.

Últimamente, la hidroponia se ha desarrollado muy rápido en España debido principalmente a la falta de suelo y también a los problemas originados por la presencia de enfermedades de tipo vascular y la acumulación de las

sales. Es decir, surgió como un método alternativo de producción en los cultivos de hortalizas (Gárquez, 1997).

López, 1976, menciona que los cultivos hidropónicos se caracterizan por no depender del suelo para su desarrollo, por lo cual se ha tenido que reemplazar las funciones que tiene el suelo, o sea la de proveer agua y nutrientes requeridos por el cultivo. En todos los sistemas de hidroponía el problema de la nutrición se ha resuelto en forma similar; los nutrientes son expuestos en soluciones en las cantidades y proporciones requeridas por las diferentes plantas. Esta solución es puesta en contacto en las raíces de las plantas, las cuales pueden estar sostenidas de diferentes formas, utilizando diversos materiales inertes químicamente (citado por Zamora, 1998).

En México hace algunos siglos nuestros antepasados ya utilizaban esta técnica para conseguir sus alimentos con el uso de las “chinampas”, parecidas a las actuales de Xochimilco en el lago que rodeaba Tenochtitlan. La chinampa prácticamente era una balsa sobre el lago, en la que sembraban todo tipo de plantas alimenticias, cuyas raíces se sumergían en las aguas para adquirir los nutrimentos requeridos.

Asimismo, experimentos realizados en Inglaterra hace 300 años demostraron que las plantas podían crecer sobre el agua, a la que sólo se le agregaban algunos minerales que requerían las plantas (Reyes, 1985).

En la actualidad se considera a la hidroponia como una rama de la agronomía que está en expansión. La hidroponia es una ciencia joven, que se ha podido adaptar a diversas situaciones, desde los cultivos en aire e invernadero; es un medio excelente para hacer crecer verdura fresca no solamente en los países que tengan poca tierra cultivable, sino también en aquellos que presentan problemas para producir (Resh, 1997).

Importancia de la Hidroponia

Varios autores consideran que dicha importancia se basa en la gran flexibilidad del sistema, es decir, por la posibilidad de aplicarlo con éxito, bajo muy distintas condiciones “ecológicas, económicas y sociales” (Sánchez y Escalante, 1988).

La hidroponia es una técnica de producción de cultivos sin suelo, que ha tenido importancia a través de los años como una alternativa de producción, en la agricultura moderna a nivel mundial y también en México. Sus estructuras y métodos han sufrido cambios muy importantes desde la aparición de los plásticos. Los países desarrollados ven en ella una alternativa económica para automatizar y programar su agricultura intensiva. Actualmente se emplea con mucha frecuencia en los países en vías de desarrollo, por lo que la hidroponia se puede ofrecer como una opción para:

- Producir económicamente cultivos de alto valor, en localidades con limitantes de suelo o agua.
- Aumentar la génesis de divisas a través de la exportación de cultivos de alto valor producidos en más cantidad y calidad.
- Propiciar una mayor ocupación de mano de obra no calificada en el campo.
- Mejorar los ingresos de las familias campesinas de escasos recursos.

El sistema hidropónico que se requiere en México es diferente al de los países desarrollados. Aquí no se busca la automatización, sino la facilidad de manejo, la posibilidad de hacerla económicamente factible para nuestras condiciones (tanto en su instalación como en su operación) y de usar materiales y equipo fácilmente accesibles en el país.

La teoría y la práctica de la hidroponía están basadas en principios científicos comprendidos dentro de varias disciplinas, tales como la física, la química y la fisiología vegetal; así como también dentro del campo de la agronomía aplicada.

La racional conducción de la hidroponía implica el conocimiento no sólo de los procesos fisiológicos relativos a la absorción mineral, sino también de otros aspectos como la respiración, la fotosíntesis y la transpiración. Es considerada como un sistema de producción agrícola apto para la siembra de

hortalizas, plantas ornamentales, medicinales, almácigos, forrajes, producción de algas y semillas certificadas en lugares donde estos productos son caros y escasos, pudiendo ser posible la obtención de varias cosechas al año.

La producción de forraje para las zonas áridas y semiáridas es uno de los principales problemas en México, ya que se ven afectadas por las condiciones climáticas, por lo cual producir forraje empleando la técnica hidropónica contribuirá para obtener forraje fresco, más nutritivo, a un bajo precio y menor tiempo que producirlo en el suelo. La producción se puede continuar durante todo el año, para satisfacer las necesidades de los productores pecuarios (López, 1988).

Ventajas y Desventajas de la Hidroponia

La hidroponia es considerada como un sistema de producción agrícola. Presenta sus ventajas y desventajas, tanto desde el punto de vista técnico como el económico (Sánchez y Escalante, 1988).

Ventajas

- Balance ideal de aire, agua y nutrientes, ya que es posible mantener tanto el aire como el agua dentro del rango óptimo requerido por los cultivos; los nutrimentos se proporcionan junto con el agua para ser asimilados en forma de solución balanceada.

- Humedad uniforme y controlada.
- Excelente drenaje, que da como resultado una excelente aireación para las raíces.
- Permite una mayor densidad de población.
- Se corrige fácil y rápidamente la deficiencia o el exceso de un nutrimento.
- Perfecto control del pH, que es uno de los factores que influye en la asimilación de nutrimentos en el rendimiento de las plantas.
- Más altos rendimientos por unidad de superficie.
- Mayor calidad del producto, ya que el control sobre la nutrición y la aireación, permite que los productos sean más uniformes en tamaño, peso, color y de más alta calidad.
- Se producen varias cosechas al año.
- Uniformidad en los cultivos, las plantas florecen y maduran a un mismo tiempo
- Se requiere mucho menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento que en el suelo, por lo que es importante desde el punto de vista económico por requerir de menor cantidad de terreno.
- Reducción de los costos de producción en la compra de fertilizantes, insecticidas, funguicidas, ya que no se requiere de barbechos, escardas y se ahorra tiempo y dinero.

Desventajas

- Requiere para su manejo a escala comercial de conocimiento técnico combinado con la comprensión de los principios de fisiología vegetal y de la química inorgánica.
- A escala comercial el gasto inicial es relativamente alto, ya que por lo general se tienen que construir camas y depósitos de concreto u otro material perdurable y a veces hasta invernaderos.
- Se requieren cuidados con los detalles; los fracasos a nivel comercial se han debido al descuido como el de no mezclar correctamente la solución nutritiva ó usar tubería ó depósitos galvanizados, lo que ocasiona toxicidad por zinc.
- Se necesita conocer y manejar la especie que se cultive en el sistema.

Comparación de los Cultivos Con Suelo y Sin Suelo.

El incremento de las cosechas con el cultivo hidropónico es de cuatro a diez veces más, con relación a los cultivos convencionales con suelo. En algunos casos, el suelo puede carecer de nutrientes o tener una estructura pobre, mientras el cultivo sin suelo sería en este caso muy beneficioso. La presencia de insectos y enfermedades en el suelo reducen considerablemente la producción de forma natural (Resh, 1997).

CUADRO 2.1 Desventajas del cultivo sin suelo frente al tradicional en suelo arable.

Prácticas de cultivo	Con Suelo	Sin suelo
Esterilización del medio de cultivo	Vapor, fumigantes químicos; trabajo intensivo; proceso muy largo de dos a tres semanas.	Vapor, fumigantes químicos con algunos de los sistemas; se usa HLC o hipoclorito cálcico; el tiempo preciso para la esterilización es muy corto.
Nutrición vegetal	Es variable; a veces los nutrientes no son utilizados por las plantas debido al pH o a la mala estructura del terreno, condición inestable; dificultad para el muestreo y ajuste.	Control complejo, relativamente estable, homogénea para todas las plantas, control de pH; fácil toma de muestra y ajuste.
Número de plantas	Limitado por la nutrición que puede proporcionar el suelo y por la disponibilidad de luz.	Limitado solamente por la luz, es posible mayor densidad de plantación, lo cual dará un resultado de mayor cosecha por unidad de superficie.
Control de malas hierbas y labores	Siempre existen, hay que efectuar laboreo.	No existe, no hay laboreo.
Enfermedades y parásitos del suelo	Gran número de enfermedades del suelo, nemátodos, insectos que pueden dañar las cosechas.	No hay enfermedades, insectos, ni animales en el medio de cultivo.

Agua	Las plantas están sujetas a menudo a trastornos debido a una pobre relación agua-suelo, baja capacidad de retención, alta evaporación en la superficie del suelo.	No existe estrés hídrico; hay un alto grado de eficiencia en el uso del agua; con un uso apropiado se pueden reducir las pérdidas de evaporación.
Fertilizantes	Se aplica al voleo sobre el suelo, utilizando grandes cantidades sin ser uniforme su distribución y teniendo grandes pérdidas por lavado.	Se utilizan pequeñas cantidades; están distribuidas uniformemente, con pocas pérdidas por lavado.
Transplante	Es preciso preparar el suelo, es difícil controlar la temperatura del suelo, así como los organismos patógenos.	No se necesita la preparación del suelo para el transplante; la temperatura del medio puede mantenerse en un rango óptimo; no existen patógenos.
Cosecha	Rendimiento de trigo es de 272 kg.	Rendimiento de trigo es de 1861 kg.

Clasificación de los Métodos de Cultivo en Hidroponia

Existe una gran cantidad de métodos diferentes para realizar un cultivo en hidroponia. Varios autores coinciden en agruparlos convencionalmente en cuatro categorías (Sánchez y Escalante, 1988).

Cultivo en solución nutritiva: También se le han dado los nombres de cultivo en agua y de acuacultura. Consiste en el crecimiento de los cultivos con sus

raíces sumergidas parcialmente ó totalmente en una solución que contenga todos los elementos nutritivos necesarios (incluyendo oxígeno disuelto).

Cultivo en agregado: Comprende a todos aquellos métodos que utilizan como sustrato arena ó agregados que poseen propiedades semejantes (perlita, vermiculita, aserrín).

Cultivo en grava: Esta categoría comprende, además de los tipos de grava comunes, a otros sustratos semejantes de más de 2 mm de diámetro.

Douglas (1976) menciona además otra categoría que denomina como técnicas misceláneas (citado por Canul, 1997).

Técnicas misceláneas: Comprende un grupo de métodos de cultivo un poco diferentes a los comprendidos en las categorías anteriores; se puede mencionar, el riego automático de macetas en el cultivo de forraje en hidroponia y la técnica de la película nutritiva.

En general, se puede afirmar que no hay un método que sea el mejor bajo cualquier circunstancia. La elección de uno en particular depende de un conjunto de condiciones, entre las que destacan el clima, la localidad, el mercado, limitaciones económicas, disponibilidad de sustratos y de mano de obra.

Métodos de Cultivo en Hidroponía

Estructura del sistema hidropónico

Noruega, en 1993, menciona que cualquier método de cultivo en hidroponía consta de los componentes; plantas, solución nutritiva, contenedores, sustrato, sistema de riego y drenaje.

Plantas: En hidroponía se puede cultivar cualquier vegetal, en la práctica comercial sólo se manejan cultivos de alto valor, principalmente flores y otras ornamentales, hortalizas y plantas medicinales. Los cereales se cultivan sólo como germinados para la producción superintensiva de forraje verde.

Solución nutritiva: Es la disolución de diversos fertilizantes o nutrimentos en el agua, con la que se riega las plantas y cuya función es proporcionar los nutrimentos requeridos por ellas en las soluciones adecuadas.

Contenedores: Son recipientes de distinto tamaño, forma y material, que contienen el sustrato en que se cultivan las plantas.

Sustrato: Su función es la de sustituir al suelo agrícola proporcionando a las plantas las condiciones adecuadas y condiciones edáficas para su desarrollo.

Sistema de riego: El riego en hidroponía puede ser por inundación o vertido, subirrigación, aspersión, goteo, atomización a las raíces (aeroponía).

Proceso de Producción

No se deben utilizar semillas tratadas con funguicidas. La humedad de la semilla debe ser del 12% y debe tener un reposo para que cumplan los requisitos de madurez fisiológica (Valdivia, 1996).

Lavado: Se inunda en un tanque o recipiente con el fin de retirar todo el material que flote como lanas, basuras, granos partidos y cualquier otro tipo de impurezas.

Pregerminación: Consiste en activar la semilla, es decir, romper el estado de latencia en que se encuentran. El factor que determina la pregerminación es la temperatura.

Para realizar la pregerminación, la semilla se humedece durante 24 horas con agua; una vez cumplido este tiempo se drena el agua para que la semilla pueda respirar y se deje reposar durante 48 horas.

Recipientes: La siembra se hace sobre las bandejas que pueden ser de lámina galvanizada ó fibra de vidrio ó lo que se disponga. La siembra se realiza de forma cuidadosa para evitar daños a la semilla.

Densidad de Siembra: En la revista de Cultivos Hidropónicos (Coljap y Ver, sin año), mencionan que la densidad óptima de semilla es de 1.7 kg en 0.7 m², esto varia de acuerdo a la especie que se germine (citado por Canul, 1997).

Según Kresnoshchenko y Enns, 1980, recomiendan densidades de 2 a 3 kg en 1 m² y Resh, 1992, reporta una densidad de siembra de 3.7 kg por m², (citado por Canul, 1997).

La mejor densidad de siembra para Trigo y Cebada se reporta de 5.2 kg en 1 m² y 3.9 kg por 1 m², respectivamente (Rojas, 1996).

Germinación: La germinación comprende el conjunto de cambios y de transformaciones que experimenta la semilla en determinadas condiciones de humedad y temperatura.

La germinación se puede llevar a cabo mediante la hidratación de la semilla en tanques o recipientes inundados de agua durante 24 horas.

Investigaciones realizadas indican que las semillas poseen sustancias que inhiben la germinación y que durante el remojo quedan disueltas en el agua pudiendo ser extraídas; entonces conviene cambiar el agua repetidas veces, varían entre 24 y 48 horas que es cuando los granos han alcanzado estructuras radicales notorias, formando de tres a cuatro raicillas; el proceso de germinación ha terminado cuando los cotiledones han salido del tegumento de la semilla.

Riego: A partir del momento de la siembra se debe suministrar la solución nutritiva. El riego se puede aplicar bajo el concepto de que el grano ó la parte

aérea debe permanecer húmeda evitando encharcamiento en las bandejas, se puede hacer aplicaciones de ocho riegos diarios, es decir, uno cada hora a partir de las 8 a.m hasta las 4 p.m, realizando ciclos de riegos de un minuto cada vez.

Crecimiento: En el proceso de crecimiento intervienen varios factores:

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

En esta etapa actúan los factores citados, los cuales deben mantener las condiciones óptimas. La aplicación de la solución nutritiva se hace con una frecuencia de 5 a 8 riegos diarios. Las bandejas se exponen directamente a la luz; el invernadero aporta una buena luminosidad, facilitando el proceso de fotosíntesis y la síntesis de algunas vitaminas como el caroteno; con buena luminosidad se favorecen las cualidades nutritivas del forraje y se mejoran las condiciones de sabor.

En este estado la planta tanto en su parte aérea como en su zona radicular, está en un crecimiento acelerado; posee poco contenido de fibra y un

alto contenido de proteína, por lo que grandes cantidades de aminoácidos están libres.

Cosecha: Esta se hace cuando la planta ha alcanzado una altura promedio de 25 centímetros. Este desarrollo demora entre 9 y 15 días, dependiendo de la temperatura, las condiciones ambientales, el invernadero y la frecuencia del riego.

Requerimientos de la Planta

Los requerimientos mínimos que necesita la planta para lograr una producción aceptable, son los siguientes: agua, luz, temperatura y humedad (Samperio, 1992).

Agua: La calidad del agua es de gran importancia en los cultivos hidropónicos; antes de utilizar cualquier tipo de agua es necesario efectuar un análisis de esta. La dureza del agua es una medida del contenido de ion carbonato (HCO_3) y conforme aumenta esta, el pH se incrementa y ciertos iones como el hierro quedan bloqueados reflejándose en el estado físico de la planta.

Luz: La luz es un factor indispensable para el buen desarrollo de las plantas, pues es la energía que necesita para realizar la fotosíntesis, por medio de la cual logra llevar a cabo sus diferentes etapas de desarrollo, desde su crecimiento hasta su producción.

La luz tiene muchos otros efectos sobre la planta, que influyen sobre la germinación de las semillas, su crecimiento vegetativo, floración y morfología. Las exigencias de la luz difieren según la especie de la planta.

Temperatura: Es otro de los factores de gran importancia para tener una óptima producción de forraje verde hidropónico, la temperatura debe oscilar entre los 22°C a 25°C.

Las plantas resisten los cambios de temperatura sólo si son mínimos, si estos son bruscos, pueden dañarse seriamente. Se consideran alteraciones bruscas de temperatura cuando se presenta de 8°C a 10°C de diferencia con respecto a su temperatura habitual.

Humedad: Es un factor muy importante en la producción de forraje verde hidropónico, se debe mantener una humedad de 65 a 70 %. Un control óptimo de la humedad evita la aparición de muchas enfermedades (Lomerí, 2000).

Características Nutricionales de los Forrajes Verdes Hidropónicos

Según Valdivia (1997).

- Los forrajes tiernos en condiciones normales de sombrero en suelos, poseen entre 23 % y 25 % de contenido proteico referido a materia seca. Dicho valor es notablemente más elevado que el nivel de proteínas de las mismas plantas en épocas de mayor desarrollo (floración y maduración), donde baja su contenido proteico. La proteína contenida en forrajes tiernos, es de mayor digestibilidad que la de plantas maduras.

- Los forrajes tiernos contienen poca fibra bruta, respecto a una planta adulta, y está representada por celulosa pura, sustancia altamente digerible. En los forrajes maduros, junto con el progresivo aumento del contenido de la celulosa, se verifica el proceso de lignificación de su estructura orgánica, por esta razón su porcentaje de digestibilidad disminuye notablemente.
- La planta tierna tiene un elevado contenido de calcio, fósforo y hierro, minerales que sufren importantes variaciones a medida que crece la planta y por influencia del medio ambiente y suelo; tal fenómeno es muy acentuado en zonas áridas y desérticas.
- Los forrajes tiernos son muy ricos en vitaminas, principalmente en carotenos (250-350) mg/kg de materia seca y vitaminas liposolubles (A y E), por lo que los alimentos basados en forrajes tiernos o recién germinados proporcionan a los animales todos los minerales y vitaminas necesarias para su subsistencia.
- En el forraje verde hidropónico, todas las vitaminas se presentan libres y solubles y por lo tanto, asimilables directamente. La vitamina E se encuentra en estado completamente asimilable y en libre circulación por toda la planta joven.

Descripción Botánica de las Especies Utilizadas

Cebada (*Hordeum vulgare* L.)

En México, el cultivo de cebada tiene una gran importancia económica y social, debido a su gran demanda en las industrias malteras y forrajeras. La industria forrajera consume actualmente alrededor de 167 mil toneladas de cebada en grano y en verde, las cuales dan margen a que otros cereales que eran utilizados para la alimentación del ganado, se aprovechen para abastecer la creciente demanda de alimentos.

La cebada es el cereal cultivado más antiguo en el mundo. Vavilov estableció dos regiones de origen: una en el Centro de Etiopía y África del Norte, de donde proceden muchas variedades cubiertas con barbas largas, mientras que del otro centro; China, Japón y el Tibet, proceden las variedades desnudas, con barbas cortas o sin barbas.

La cebada se encuentra ahora distribuída por todo el mundo, y es un excelente grano como cereal, con tolerancia a la salinidad y cambios moderados del clima.

Suberbie, 1967 (citado por Cervantes, 1978) menciona que el cultivo de esta gramínea se inició en México después de la conquista, y la primera región donde se sembró fue en los Valles Altos. Existen variedades de cebada de

primavera e invierno. En México se cultivan a nivel comercial variedades de primavera, con un ciclo vegetativo que fluctúa entre los 90 y 130 días.

La cebada tiene un hábito de crecimiento anual, con tendencia a convertirse en perenne bajo condiciones muy especiales, desarrolla un denso sistema de raíces adventicias al tiempo de amacollar, el tallo es de 60 cm a un metro de altura, la inflorescencia es una espiga cilíndrica, es una planta sexual, monoica, hermafrodita y perfecta.

Se ha observado que este cultivo se adapta a muy diversos tipos de clima, ya que se cultiva desde una altura de 0 a 3500 msnm. La temperatura mínima es de 3 a 4°C y la óptima de 20°C y la máxima de 28 a 30°C.

El género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies. Se encuentra tanto especies diploides como tetraploides. Las especies cultivadas son diploides: *H. vulgare*, *H. distichum* y *H. irregulare*. (Cervantes; 1978).

Clasificación Taxonómica

Reino.....Vegetal
División.....Tracheophyta
Clase.....Angiospermae
Orden.....Graminales
Familia.....Gramineae
Género.....*Hordeum*
Especie.....*vulgare*

CUADRO 2.2 Análisis bromatológico de una planta completa de cebada.

Cantidad de la semilla sembrada por bandeja (gr.)	Análisis químico	Porcentajes
1000,00	Proteína total	20.23
	Materia seca	17.77
	Solución de proteína	77.49
	Fibra detergente neutro	51.79
	Digestibilidad en vivo	63.58

CUADRO 2.3 Análisis bromatológico de Cebada, parte fresca, no madura.

Nombre del alimento o análisis		Promedio		C.V %
		Sin Secar	Desechado	
Materia seca	%	23.1	100.0	17
Cenizas	%	3.3	14.2	25
Fibra bruta	%	3.8	16.5	13
Extracto etéreo	%	1.0	4.5	24
Extracto libre N	%	8.4	36.5	
Prot (N*6'25)	%	6.5	28.3	15
Vacuno	prot dig %	5.0	21.9	
Ovino	prot dig %	4.6	20.1	
Celulosa	%	4.4	19.0	
Lignina	%	.4	1.8	
Energía				
Vacuno	kcal ED/kg	733	3175	
Ovino	kcal ED/kg	632	2734	
Vacuno	kcal EM/kg	602	2604	
Ovino	kcal EM/kg	518	2242	
Vacuno	TDN %	17	72	
Ovino	TDN %	14	62	
Calcio	%	.17	.74	29
Fósforo	%	.13	.56	16
Potasio	%	.71	3.06	32
Caroteno	mg/kg	127.3	551.2	22
Vit A	UI/gr	212.2	918.8	

Fuente: Nutrición Animal Aplicada. El uso de los alimentos en la formulación de raciones para el ganado (Crampton y Harris, 1974).

Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Es la especie que ocupa el primer lugar en la producción y superficie entre los cuatro cereales a nivel mundial (trigo, arroz, maíz y cebada) en la alimentación humana y animal, debido a que está ampliamente distribuido en muchas partes del mundo, quizá por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países, por otro lado es una especie tolerante a bajas temperaturas en sus primeras fases de desarrollo, su mayor producción tiende a concentrarse en ciertas áreas, principalmente en aquellos países de clima templado y frío.

En la actualidad el trigo ocupa aproximadamente el 20% de la tierra cultivada a nivel mundial. La mayor parte se siembra en el Hemisferio Norte con el 80% del área en Norte América, Europa y la Ex-Unión Soviética.

Los españoles introdujeron a México el cultivo de trigo a principios de la década de 1520, poco después de su llegada y se ha mantenido como un cereal para la elaboración de pan.

La importancia que tiene el trigo en México de acuerdo con el área de producción, ocupa el cuarto lugar, se siembra en casi todos los estados de la República Mexicana y se adapta a tierras pobres en nutrientes, como tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas; bajo estas condiciones se

pueden considerar seis zonas importantes en la producción de trigo; Zona Noreste del país, abarca Sonora, Sinaloa y Baja California; la Zona del Bajío, que incluye Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán y parte de San Luis Potosí; la región de la Laguna, que incluye parte de Coahuila y Durango, Zona Norte, que comprende Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, y Tamaulipas; Zona Centro, Aguascalientes, Zacatecas, Durango y el Valle de Toluca.

El trigo es una planta anual, de raíz fibrosa, es una caña herbácea cilíndrica, hueca o con médula que termina con una espiga; las hojas nacen al nivel de los nudos del tallo, son envainantes y con limbo, plano por lo general; en la base del limbo se desarrollan una lígula y dos aurículas; el fruto es un grano ó cariósipide cuyo pericarpio está soldado a la almendra, formado por el albumen y el embrión ó germen.

El trigo se cultiva desde el nivel del mar hasta altitudes por arriba de los 3000 m., sin embargo, se adapta mejor a las zonas templadas con ambientes áridos o semiáridos.

El origen genético del trigo es de gran interés, es un ejemplo clásico de cómo pueden combinarse en la naturaleza una serie de especies poliploides íntimamente relacionadas entre sí. Las especies de *Triticum* y sus parientes más cercanos se pueden dividir en grupos diploides, tetraploides y hexaploides, con números cromosómicos de $2n = 14$, 28 y 42 , respectivamente.

Clasificación Taxonómica

Reino.....Vegetal
División.....Tracheophyta
Clase.....Angiospermae
Orden.....Graminales
Familia.....Gramineae
Genero.....*Triticum*
Especie.....*aestivum*

CUADRO 2.4 Análisis Fisicoquímico de Muestras de Trigo a Diferentes Edades de Crecimiento.

MUESTRA DE TRIGO (CRECIMIENTO)	% HUMEDAD	% DE PROTEÍNA BASE HUMEDA	% DE PROTEÍNA BASE SECA
10 días	86.82	2.53	20.33
12 días	88.12	2.4	20.22
14 días	92.07	1.86	22.9
16 días	90.7	2.24	24.08

Fuente: AgroCultura. Forraje Verde Hidropónico, marzo-abril 2000.

CUADRO 2.5 Análisis bromatológico de Trigo, parte aérea fresca (McDowell, 1974).

Nombre del alimento o análisis	Promedio		C.V %
	Sin Secar	Desecado	
Materia seca %		100.0	
Materia Organica %		90.4	
Cenizas %		9.6	12
Fibra bruta %		29.6	7
Extracto etéreo %		2.2	24
Extracto libre N %		48.7	6
Prot (N*6'25) %		9.7	23
Vacuno prot dig %		6.1	
Ovino prot dig %		5.6	
Equinos Prot dig %		5.8	
Conejos Prot dig %		6.2	
Energía			
Vacuno kcal ED/kg		2.57	
Ovino kcal ED/kg		2.62	
Vacuno kcal EM/kg		2.10	
Ovino kcal EM/kg		2.15	
Vacuno kcal EN _m /kg		1.24	
Vac kcal EN/kg		0.54	
Vac Lact kcal NE/kg		1.29	
Vacuno TDN %		58.2	
Ovino TDN %		59.5	

Triticale (*X Triticosecale WITTMACK*)

El triticale, es un cultivo relativamente reciente, es el producto de una cruce entre los géneros *Triticum* (al cual pertenece el trigo) y *Secale* (a cual pertenece el centeno), Su nombre se formó con la mitad de cada uno de los géneros progenitores. Creado por fitogenetistas, más que por el proceso natural de evolución, el triticale lleva la distinción de ser el primer cereal hecho por el hombre (Reséndiz; 1987).

Flores (1983) y Skovmand, (1984), mencionan que el triticale muestra considerables promesas como cultivo forrajero, teniendo varias ventajas, ya que prospera en suelos arenosos, a bajas temperaturas y altas elevaciones con moderadas o altas lluvias (citado por García, 1988).

El potencial del triticale como un forraje suplementario de invierno, muestra ser alto, así como el contenido de proteínas. Por tener un rápido crecimiento y alto rendimiento, el triticale permite un mayor número de pastoreos al año.

El triticale puede ser un sustituto parcial del trigo, maíz, sorgo, cebada, y centeno.

Clasificación Taxonómica

Reino.....Vegetal
División..... Tracheophyta
Clase..... Angiospermae
Orden..... Graminales
Familia..... Gramineae
Genero..... X
Especie..... "Triticosecale"

CUADRO 2.6 Valor Comparativo del Forraje Verde Hidropónico.

	F.V.H	CONCENTRADO	HENO	PAJA
Energía (Kcal/kg)MS	3.216	3	1.68	1.392
Proteína en cebada (%)	25	30	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80	47	39
Kcal digestible en kg	488	2.16	400	466
kg. Proteína digestible Ton	46.5	216	35.75	12.8

Fuente: AgroCultura. Forraje Verde Hidropónico, marzo-abril 2000.

Mcal = 1.000 * Kcal

MS = Materia Seca

F.V.H = Forraje Verde Hidropónico

CUADRO 2.7 Análisis Químico Comparativo Entre la Semilla y el Forraje Verde Hidropónico.

	SEMILLA	F.V.H
Proteínas (%)	11.39	16.8
Extracto etéreo (%)	3.76	4.41
Minerales (%)	2.87	3.31
Calcio (%)	0.056	0.202
Fósforo (%)	0.32	0.43
Caroteno (ppm)	0	33.136
Vitamina E (ppm)	1.6	414
Riboflavina (ppm)	175	1.891
Tiamina (ppm)	280	1.091
Niacina (ppm)	680	8.818

Fuente: AgroCultura. Forraje Verde Hidropónico, marzo-abril 2000

F.V.H = Forraje Verde Hidropónico.

CUADRO 2.8 Valor Nutritivo de Diferentes Alimentos.

	MATERIA SECA	PROTEINA CRUDA	EM
Cebada	0.9	12.5	12.3
Alfalfa	0.8	17.6	9.3
Forraje Hidropónico	0.15	20.8	17.6

Fuente: AgroCultura. Forraje Verde Hidropónico, marzo- abril 2000.

EM = Energía Metabolizable

Pruebas de Germinación

El objetivo de las pruebas de germinación, es obtener información con respecto a la capacidad de la semilla para producir plántulas normales. Además, estas pruebas permiten hacer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie.

Los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que es posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de la semilla de una determinada especie.

La prueba de germinación se lleva a cabo con la fracción de la muestra considerada como semilla pura. De la semilla pura previamente homogeneizada, se toman cuatrocientas semillas al azar en repeticiones de 100, 50 o 25 semillas, para evitar que se amontonen y se contaminen de microorganismos que pueden alterar los resultados (Moreno, 1984).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del Área de Estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el período de julio y agosto del 2002 en el área de Ecología y Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro,” en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Ubicada en los 25° 22” de latitud Norte y 101° 00” de longitud Oeste con una altitud de 1742 msnm.

Material Genético

Para el presente trabajo se utilizaron tres especies de cereales forrajeros: Cebada, línea CAN-435-94; Trigo, línea AN 67-68 y Triticale, línea AN-53 las cuales fueron proporcionadas por el Programa de Cereales de la UAAAN.

Metodología

Inicialmente se realizaron fueron pruebas de germinación a cada una de las especies utilizadas. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

Para las pruebas de germinación se utilizaron 400 semillas, con cuatro repeticiones de cien semillas cada una, se humedeció el papel sustrato en agua, colocando dos toallas (sanitas) una encima de otra, se pusieron las semillas en una columna de 10 por una hilera de 10 y posteriormente se enrolló en forma de taco y se identificaron. Las repeticiones se prepararon del mismo modo y se pasaron a una cámara germinadora a temperatura constante de 25°C, se realizaron los conteos, el número de días variaron según la especie; para Cebada y Triticale fue a los 7 días, mientras que en Trigo a los 8.

El siguiente paso fue desinfectar las charolas, lo cual consistió en sumergirlas en un barril de 200 litros de agua con hipoclorito de sodio durante 30 minutos para evitar que se presentara algún problema de contaminación por hongos.

CUADRO 3.1 Porcentaje de germinación de las especies utilizadas.

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

Densidad de Siembra

Se utilizaron tres densidades de siembra; 1.25 kg, 1.50 kg y 1.75 kg, para cada una de las especies utilizadas, en charolas de 0.90 m de largo por 0.30 m de ancho, con una área de 0.27 m².

Descripción del Producto Utilizado

Biozyme PP (Polvo Plus)

Es un estimulante de origen natural para tratamiento de la semilla. Su efecto sobre la semilla es de acelerar los procesos metabólicos de transformación de los materiales energéticos de reserva promoviendo una rápida y uniforme germinación, así como un mejor desarrollo del sistema radicular.

CUADRO 3.2 Composición de ingredientes del producto Biozyme PP.

Ingredientes Activos	
Extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas	27.5%
Giberelinas	28.5 ppm
Ácido indolacético	12.25 ppm
Zeatina	47.8 ppm
Caldo de extracto (equivalente a 272.44 g/kg.)	27.24 %
Materia orgánica del extracto (equivalente a 2.5 g/kg.)	0.26 %
Ingredientes Inertes	
Diluyentes y acondicionadores	72.5 %
Total	100.0%

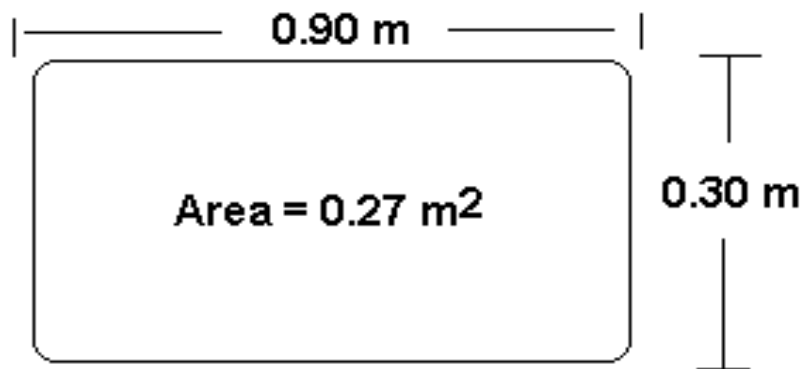
Descripción de la dosis aplicada

El producto utilizado fue aplicado de acuerdo a las diferentes densidades de siembra.

CUADRO 3.3 Dosis del producto utilizado para la densidad de siembra a 1.25, 1.50 y 1.75 kg.

Producto	Dosis	Aplicación
Biozyme PP	0.31 gr./1.25 kg. de semilla 0.38 gr./1.50 kg. de semilla 0.44 gr./1.75 kg. de semilla	Directa a la semilla

FIGURA 4.1 Diseño y Dimensiones de la Charola



CUADRO 3.4 Distribución del material genético en campo

T ₂ V ₂ D ₁ R ₃ # CHAROLA 39	T ₂ V ₁ D ₃ R ₃ # CHAROLA 36	T ₂ V ₂ D ₃ R ₃ # CHAROLA 45	T ₁ V ₁ D ₁ R ₁ # CHAROLA 1	T ₂ V ₁ D ₃ R ₂ # CHAROLA 35
T ₁ V ₁ D ₂ R ₃ # CHAROLA 6	T ₂ V ₂ D ₁ R ₂ # CHAROLA 38	T ₁ V ₁ D ₁ R ₃ # CHAROLA 3	T ₁ V ₃ D ₃ R ₁ # CHAROLA 25	T ₂ V ₁ D ₁ R ₂ # CHAROLA 29
T ₁ V ₁ D ₃ R ₃ # CHAROLA 9	T ₂ V ₁ D ₁ R ₃ # CHAROLA 30	T ₂ V ₁ D ₁ R ₁ # CHAROLA 28	T ₁ V ₁ D ₃ R ₁ # CHAROLA 7	T ₁ V ₁ D ₁ R ₂ # CHAROLA 2
T ₂ V ₁ D ₂ R ₁ # CHAROLA 31	T ₁ V ₁ D ₂ R ₂ # CHAROLA 5	T ₁ V ₂ D ₁ R ₁ # CHAROLA 10	T ₁ V ₂ D ₂ R ₂ # CHAROLA 14	T ₂ V ₂ D ₁ R ₁ # CHAROLA 37
T ₂ V ₂ D ₃ R ₁ # CHAROLA 43	T ₁ V ₂ D ₃ R ₃ # CHAROLA 18	T ₁ V ₂ D ₁ R ₃ # CHAROLA 12	T ₁ V ₂ D ₃ R ₂ # CHAROLA 17	T ₁ V ₃ D ₃ R ₃ # CHAROLA 27
T ₁ V ₃ D ₂ R ₁ # CHAROLA 22	T ₁ V ₁ D ₃ R ₂ # CHAROLA 8	T ₂ V ₃ D ₂ R ₃ # CHAROLA 51	T ₁ V ₁ D ₂ R ₁ # CHAROLA 4	T ₂ V ₃ D ₁ R ₃ # CHAROLA 48
T ₁ V ₂ D ₁ R ₂ # CHAROLA 11	T ₁ V ₂ D ₃ R ₁ # CHAROLA 16	T ₂ V ₃ D ₂ R ₁ # CHAROLA 49	T ₁ V ₃ D ₃ R ₂ # CHAROLA 26	T ₂ V ₃ D ₂ R ₂ # CHAROLA 50
T ₂ V ₃ D ₃ R ₁ # CHAROLA 52	T ₂ V ₃ D ₁ R ₁ # CHAROLA 46	T ₁ V ₃ D ₁ R ₂ # CHAROLA 20	T ₂ V ₂ D ₂ R ₁ # CHAROLA 40	T ₂ V ₃ D ₁ R ₂ # CHAROLA 47
T ₂ V ₁ D ₂ R ₂ # CHAROLA 41	T ₂ V ₁ D ₂ R ₃ # CHAROLA 33	T ₂ V ₂ D ₂ R ₃ # CHAROLA 42	T ₁ V ₂ D ₂ R ₃ # CHAROLA 15	T ₁ V ₃ D ₁ R ₁ # CHAROLA 19
T ₁ V ₃ D ₂ R ₂ # CHAROLA 23	T ₁ V ₃ D ₁ R ₃ # CHAROLA 21	T ₁ V ₂ D ₂ R ₁ # CHAROLA 13	T ₂ V ₃ D ₃ R ₂ # CHAROLA 53	T ₂ V ₁ D ₃ R ₁ # CHAROLA 34
T ₁ V ₃ D ₂ R ₃ # CHAROLA 24	T ₂ V ₂ D ₃ R ₂ # CHAROLA 44	T ₂ V ₃ D ₃ R ₃ # CHAROLA 54	T ₂ V ₁ D ₂ R ₂ # CHAROLA 32	

TRATAMIENTO: T₁ = BIOZYME PP, T₂ = TESTIGO
DENSIDAD Kg: D₁ = 1.25; D₂ = 1.50 Y D₃ = 1.75

VARIEDAD: V₁ = CEBADA; V₂ = TRIGO Y V₃ = TRITICALE
REPETICIÓN: R₁; R₂ Y R₃

Diseño Estadístico

El análisis de este trabajo de investigación se realizó mediante un diseño factorial de bloques al azar utilizando dos tratamientos, tres variedades, tres densidades y tres repeticiones para cada uno de los tratamientos.

Variables Evaluadas

Peso Fresco

Para esta variable se consideró el peso final que obtuvo cada charola en kg.

Peso Seco

El peso seco se obtuvo después de la cosecha, posteriormente las charolas se llevaron a un asoleadero con el fin de deshidratar el forraje y por último se colocaron por separado en bolsas de papel estraza para luego colocarlas en la estufa para el secado con una temperatura de 70°C durante 24 horas.

Altura del Forraje

La altura del forraje se tomó a partir del sexto día hasta la cosecha, se consideraron cinco muestras por charola y se midió desde la base del tallo hasta el ápice del forraje con una regla graduada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso Fresco

En el cuadro 4.1 se presentan los valores del ANVA para la variable peso fresco. Analizando los resultados se observa que para las repeticiones, factor A (tratamientos) y la interacción (A*B) se encontró significancia estadística; para los factores B (variedades) y factor C (densidades) se encontró alta significancia estadística, por lo tanto se resume que: tanto repeticiones, tratamientos (Agua vs Biozyme PP) y la interacción tratamientos por especie, tuvieron un comportamiento diferencial a un nivel de probabilidad del 0.05 por ciento; en tanto que especies y densidades fueron diferentes con una probabilidad del 0.01 por ciento, mientras que las interacciones tratamientos por densidades y especies por densidades así como la triple interacción no exhibieron diferencias estadísticas.

CUADRO 4.1 Análisis de varianza para la variable peso fresco utilizando Biozyme PP y agua.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	3.276367	1.638184	1.6127	0.213 *
FACTOR A	1	4.944824	4.944824	4.8678	0.032 *
FACTOR B	2	12.735107	6.367554	6.2684	0.005 **
FACTOR C	2	43.297119	21.648560	21.3113	0.000 **
A X B	2	8.636475	4.318237	4.2510	0.022 *
A X C	2	1.076660	0.538330	0.5299	0.599 NS
B X C	4	1.389160	0.347290	0.3419	0.848 NS
A X B X C	4	5.173096	1.293274	1.2731	0.299 NS
ERROR	34	34.538086	1.015826		
TOTAL	53	115.066895			

C.V. = 11.8745%

NS = No significativo
 * = Significativo
 ** = Altamente significativo
 Factor A = Tratamientos
 Factor B = Variedades
 Factor C = Densidades

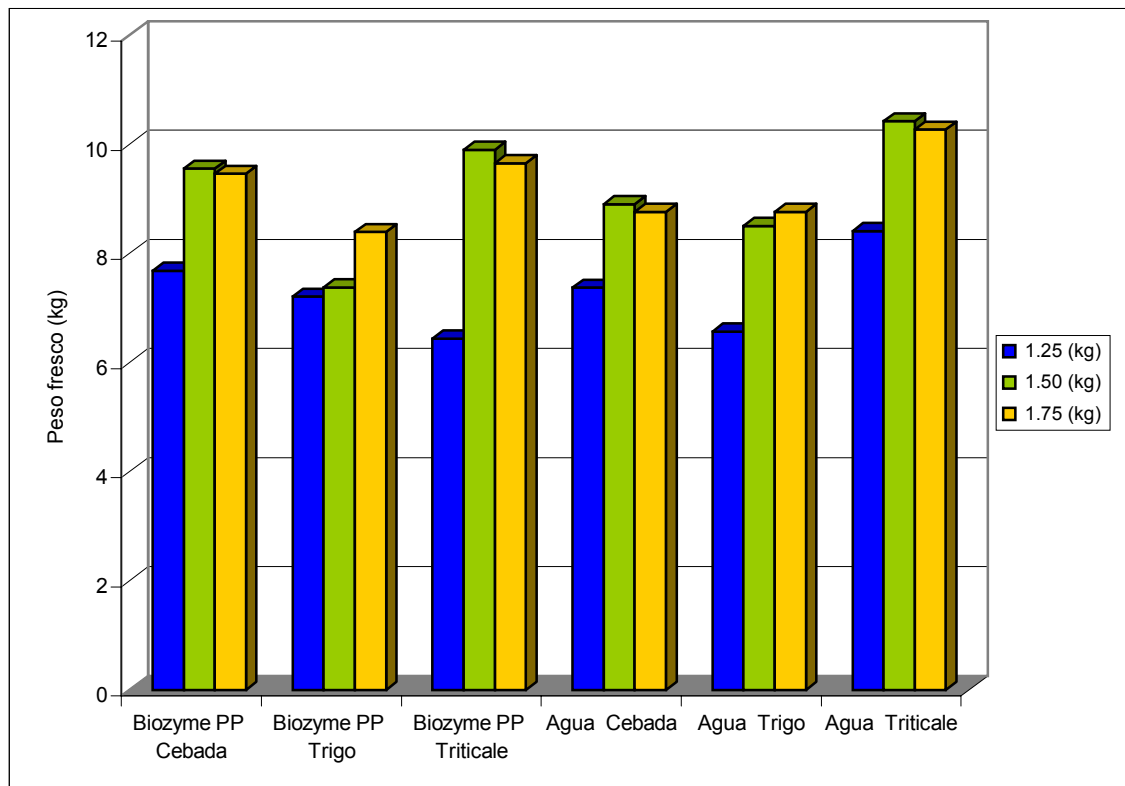
En el cuadro 4.2 y la gráfica 4.1 se muestra las medias de la interacción A*B*C para la variable peso fresco, que independientemente de no ser significativa, la combinación de mejor tratamiento, variedad y densidad fue la aplicación de agua a Triticale con una densidad de 1.50kg, siguiéndole la densidad de 1.75 kg y quedando al último la densidad de 1.25 kg. El segundo lugar fue para la aplicación de Biozyme PP a Triticale con una densidad de 1.50 kg, siguiéndole la densidad de 1.75 kg y por último la densidad de 1.25 kg. En tercer lugar correspondió a la aplicación de Biozyme PP a Cebada con una densidad de 1.50 kg, seguida de 1.75 kg y la inferior fue la de 1.25 kg, en cuarto

lugar con resultados similares fue la aplicación de agua a Cebada y agua a Trigo y finalmente la aplicación de Biozyme PP a Trigo.

CUADRO 4.2 Tabla de medias de la interacción A*B*C para la variable peso fresco.

Factores A * B	Factor C		
	D ₁ = 1.25 (kg)	D ₂ = 1.50 (kg)	D ₃ = 1.75 (kg)
Biozyme PP * Cebada	7.68	9.55	9.46
Biozyme PP * Trigo	7.21	7.38	8.39
Biozyme PP * Triticale	6.44	9.9	9.65
Agua * Cebada	7.37	8.9	8.76
Agua * Trigo	6.57	8.5	8.76
Agua * Triticale	8.41	10.42	10.27

Factor A (Tratamientos) T₁ = Biozyme PP T₂ = Agua
 Factor B (Variedades) V₁ = Cebada V₂ = Trigo V₃ = Triticale
 Factor C (Densidades) D₁ = 1.25 kg D₂ = 1.50 kg D₃ = 1.75 kg



GRÁFICA 4.1 Comparación de las tres densidades de siembra para la variable peso fresco (kg) de acuerdo a cada tratamiento y variedad.

Peso Seco

Para esta variable en el cuadro 4.3 se presentan los resultados obtenidos del ANVA en el cual se muestra que en los factores B (variedades) y factor C (densidad) se encontró alta significancia estadística; por lo tanto se deduce que, tanto las especies como las densidades fueron diferentes; el resto de las fuentes de variación no mostraron diferencia significativa, incluyendo las interacciones.

CUADRO 4.3 Análisis de varianza para la variable peso seco utilizando Biozyme PP y agua.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	0.003105	0.001553	0.3207	0.732 NS
FACTOR A	1	0.000336	0.000336	0.0693	0.790 NS
FACTOR B	2	0.061642	0.030821	6.3658	0.005 **
FACTOR C	2	0.173040	0.086520	17.8700	0.000 **
A X B	2	0.005861	0.002931	0.6053	0.556 NS
A X C	2	0.000229	0.000114	0.0236	0.977 NS
B X C	4	0.007715	0.001929	0.3984	0.810 NS
A X B X C	4	0.030493	0.007623	1.5745	0.203 NS
ERROR	34	0.164616	0.004842		
TOTAL	53	0.447037			

C.V. = 12.3561%

NS = No significativo
** = Altamente significativo
Factor A = Tratamientos
Factor B = Variedades
Factor C = Densidades

Independientemente de la no significancia registrada en el ANVA, en el cuadro 4.4 y la gráfica 4.2, se muestran las medias de la interacción A*B*C para la variable peso seco donde el mejor tratamiento, variedad y densidad fue la aplicación de agua a Cebada con una densidad de 1.75 kg y con resultados similares las densidades 1.5 y 1.25 kg, el segundo lugar fue la aplicación de Biozyme PP a Trigo con una densidad de 1.75 kg seguida de la densidad 1.50 y 1.25 kg, el tercer lugar con resultados similares entre densidades fue la aplicación de Biozyme PP a Triticale y agua a Triticale no mostrando diferencia significativa entre ellos, el cuarto lugar fue la aplicación de Biozyme PP a Cebada con rendimientos similares entre las densidades 1.50 y 1.75 kg quedando al último la de 1.25 kg, el tratamiento con menor producción fué la aplicación de agua a Trigo comparándolo con la aplicación de agua a Cebada.

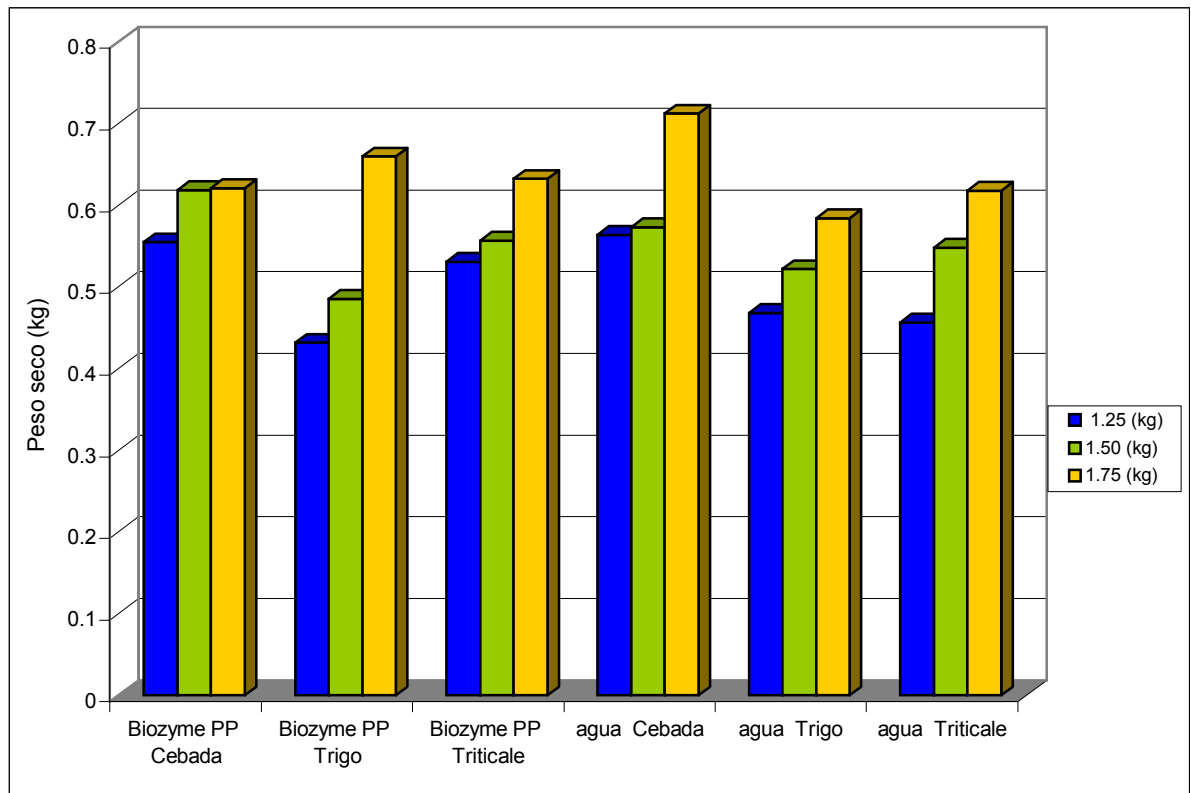
CUADRO 4.4 Tabla de medias de la interacción A*B*C para la variable peso seco.

Factores A * B	Factor C		
	D ₁ = 1.25 (kg)	D ₂ = 1.50 (kg)	D ₃ = 1.75 (kg)
Biozyme PP * Cebada	0.5548	0.6185	0.621
Biozyme PP * Trigo	0.4316	0.4856	0.6599
Biozyme PP * Triticale	0.5307	0.5565	0.6322
Agua * Cebada	0.5636	0.5733	0.7123
Agua * Trigo	0.4682	0.5217	0.5841
Agua * Triticale	0.4566	0.5481	0.6178

Factor A (Tratamientos):
T₁ = Biozyme PP
T₂ = Agua

Factor B (Variedades):
V₁ = Cebada
V₂ = Trigo
V₃ = Triticale

Factor C (Densidades):
D₁ = 1.25 kg
D₂ = 1.50 kg
D₃ = 1.75 kg



GRÁFICA 4.2

Comparación de las tres densidades para la variable peso seco (kg) de acuerdo a cada tratamiento y variedad.

Altura del Forraje

En el cuadro 4.5 se presentan los resultados del análisis de varianza (ANVA) para la variable altura del forraje verde hidropónico, en el cual se muestra que sólo para el factor B (variedades) se encontró alta significancia estadística, lo cual indica que el comportamiento de las especies utilizadas en dicho experimento respondieron diferentemente, para el resto de las fuentes de variación, éstas no mostraron diferencias estadísticas significativas, por lo tanto su comportamiento fue similar.

CUADRO 4.5 Análisis de varianza para la variable altura del forraje utilizando Biozyme PP y agua.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
BLOQUES	2	0.160645	0.080322	0.0774	0.925 NS
FACTOR A	1	1.074219	1.074219	1.0354	0.317 NS
FACTOR B	2	94.256836	47.128418	45.4232	0.000 **
FACTOR C	2	2.213867	1.106934	1.0669	0.356 NS
A X B	2	1.470215	0.735107	0.7085	0.504 NS
A X C	2	1.663574	0.831787	0.8017	0.539 NS
B X C	4	0.990723	0.247681	0.2387	0.913 NS
A X B X C	4	2.594727	0.648682	0.6252	0.651 NS
ERROR	34	35.276367	1.037540		
TOTAL	53	139.701172			

C.V. = 11.1513%

NS = No significativo
** = Altamente significativo
Factor A = Tratamientos
Factor B = Variedades
Factor C = Densidades

Independientemente de la no significancia encontrada en el ANVA, el cuadro 4.6 y la gráfica 4.3 muestran los resultados de la prueba de comparación de medias de la interacción A*B*C para la variable altura del forraje; el mejor tratamiento fue la aplicación de Biozyme PP a Cebada con una densidad de 1.25 kg, siguiéndole la densidad 1.50 kg y quedando al último la densidad 1.75 kg, el segundo lugar fue la aplicación de agua a Cebada con una densidad de 1.50 kg, siguiéndole 1.75 kg y 1.25 kg finalmente, el tercer lugar fue la aplicación de agua a Triticale con una densidad de 1.50 kg siguiéndole la densidad 1.75 kg y finalmente 1.25 kg, el cuarto lugar fue la aplicación de Biozyme PP a Triticale con resultados similares en ambas densidades, en el quinto lugar con resultados parecidos fue la aplicación de Biozyme PP o agua a Trigo a diferentes densidades siendo inferior al resto de las combinaciones.

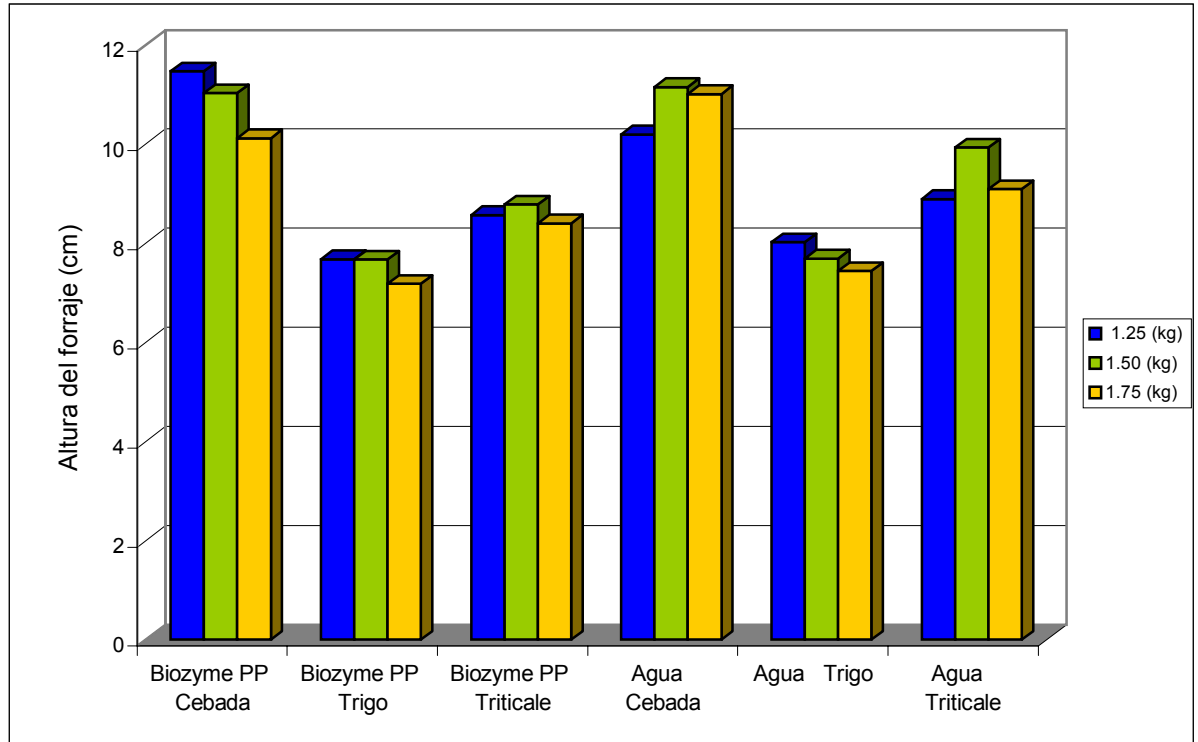
CUADRO 4.6 Tabla de medias de la interacción A*B*C para la variable altura del forraje.

Factores A	B	factor C		
		D ₁ =1.25 (kg)	1.50 (kg)	1.75 (kg)
Biozyme PP	Cebada	11.47	11.03	10.12
Biozyme PP	Trigo	7.68	7.67	7.18
Biozyme PP	Triticale	8.57	8.78	8.4
Agua	Cebada	10.2	11.15	11.01
Agua	Trigo	8.02	7.69	7.44
Agua	Triticale	8.89	9.93	9.09

Factor A (Tratamientos): T₁ = Biozyme PP
T₂ = Agua

Factor B (Variedades): V₁ = Cebada
V₂ = Trigo
V₃ = Triticale

Factor C (Densidades): D₁ = 1.25 kg
D₂ = 1.50 kg
D₃ = 1.75 kg



GRÁFICA 4.3

Comparación de las tres densidades utilizadas para la variable altura del forraje (cm) de acuerdo a cada tratamiento y variedad.

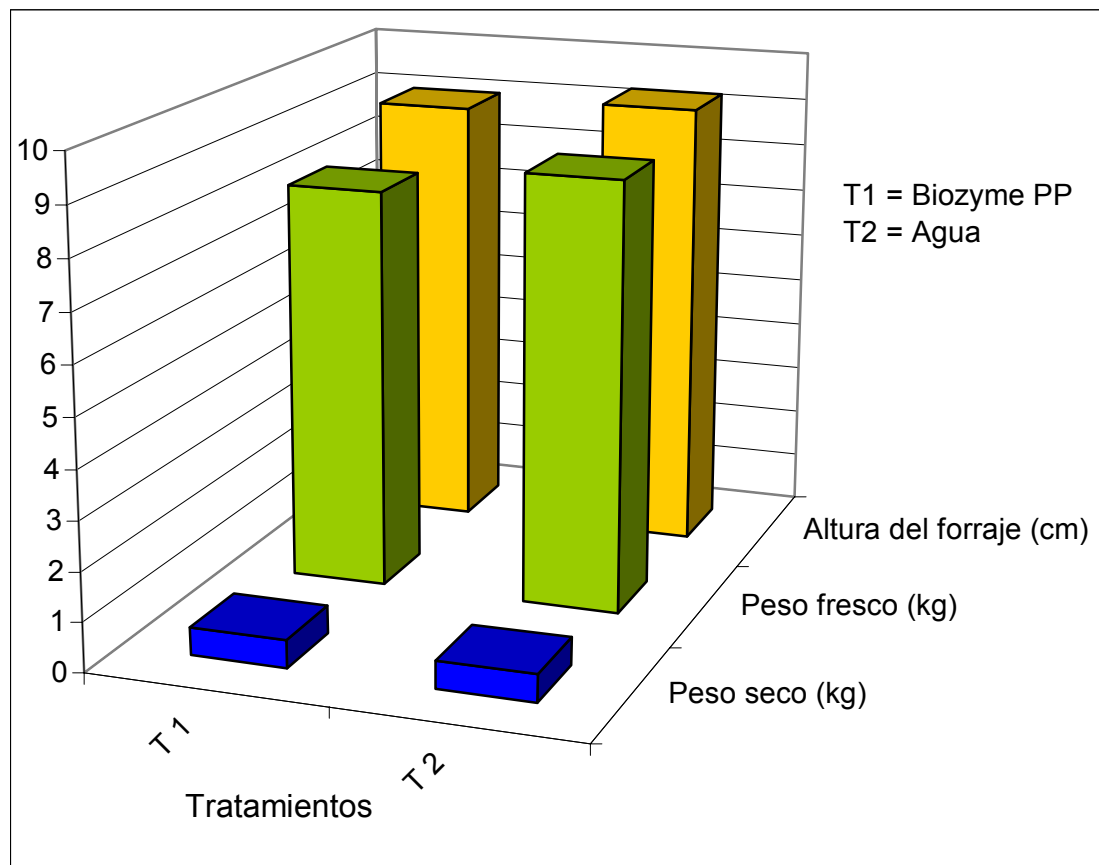
Concentrado Entre Tratamientos (factor A)

Como se observa en el (cuadro 4. A) la aplicación de Biozyme PP o agua para la variable peso fresco a un nivel de significancia de 0.05 muestra que el tratamiento dos (agua) fue estadísticamente superior a Biozyme PP en aproximadamente un 8%; peso seco y altura del forraje no mostraron diferencia estadística significativa, lo cual indica que con una probabilidad del 95%, es posible utilizar indistintamente agua que Biozyme PP para la expresión de dichas variables. Dichos resultados pueden claramente corroborarse con la gráfica 4 A.

CUADRO 4. A Comparación de medias (factor A) la aplicación de Biozyme PP y agua, para las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje.

	T ₁ = Biozyme PP	T ₂ = Agua
Peso seco (kg)	0.5659 ^a	0.5606 ^a
Peso fresco (kg)	8.1851 ^b	8.7903 ^a
Altura del forraje (kg)	8.9931 ^a	9.2754 ^a

Nivel de significancia = 0.05



GRÁFICA 4. A Comparación de los tratamientos utilizados en las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje.

Concentrado Entre Variedades (factor B)

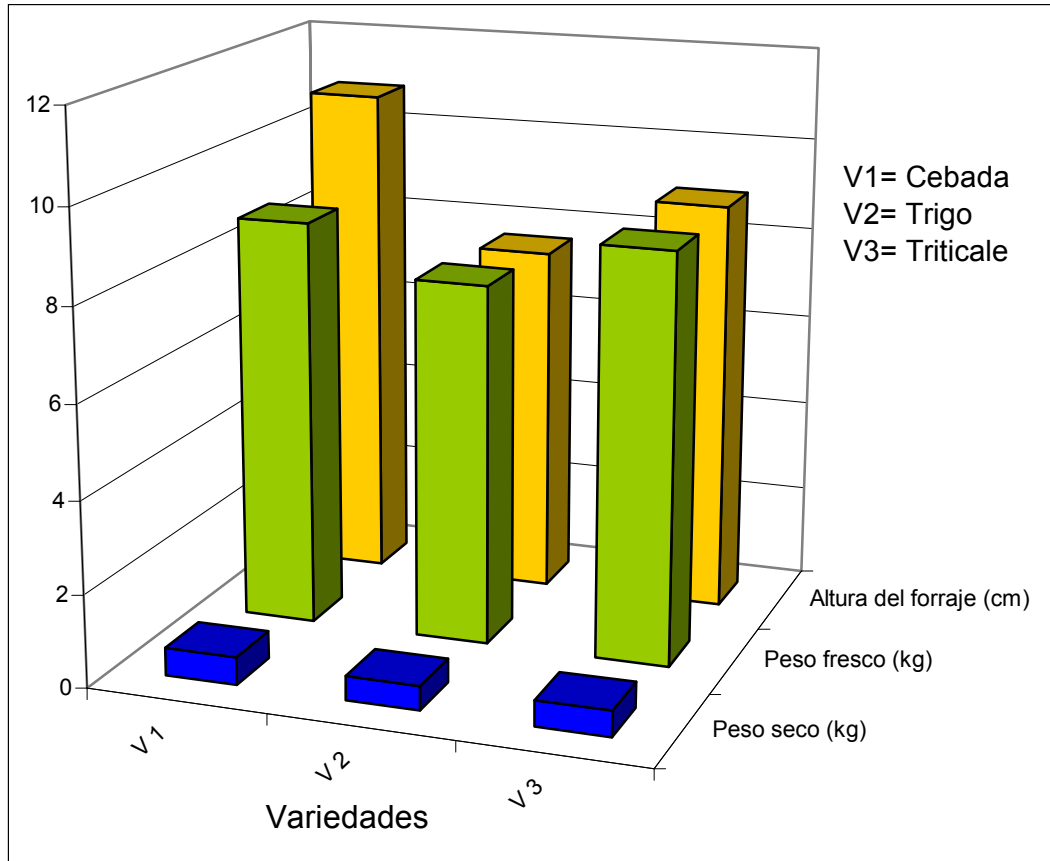
El cuadro 4. B y la gráfica 4. B muestran las medias del factor B (Cebada, Trigo y Triticale) para las variables evaluadas, en donde se aprecia que: el mejor comportamiento lo exhibió en lo referente a peso seco y peso fresco, aunque estadísticamente igual que triticale, incluso este último fue numéricamente superior en peso fresco. Por lo que al trigo se refiere, este ocupó el tercero y último lugar en un segundo grupo de significancia estadística junto con triticale en lo relativo a peso seco. Para la variable altura del forraje se formaron igual número de grupos de significancia que especies (a b y c) para Cebada, Triticale y Trigo respectivamente.

CUADRO 4. B Comparación de medias del factor B para las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje.

	V 1	V 2	V 3
Peso seco (kg)	0.6072 ^a	0.5251 ^b	0.5569 ^{ab}
Peso fresco (kg)	8.8111 ^a	7.8013 ^b	8.8508 ^a
Altura del forraje (cm)	10.8374 ^a	7.6173 ^c	8.948 ^b

Nivel de significancia = 0.01
DMS = Peso seco 0.063
DMS = Peso fresco 0.916
DMS = Altura del Forraje 0.925

V1 = Cebada
V2 = Trigo
V3 = Triticale



GRÁFICA 4. B Comparación de las variedades utilizadas para las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje.

Concentrado entre las Densidades (factor C)

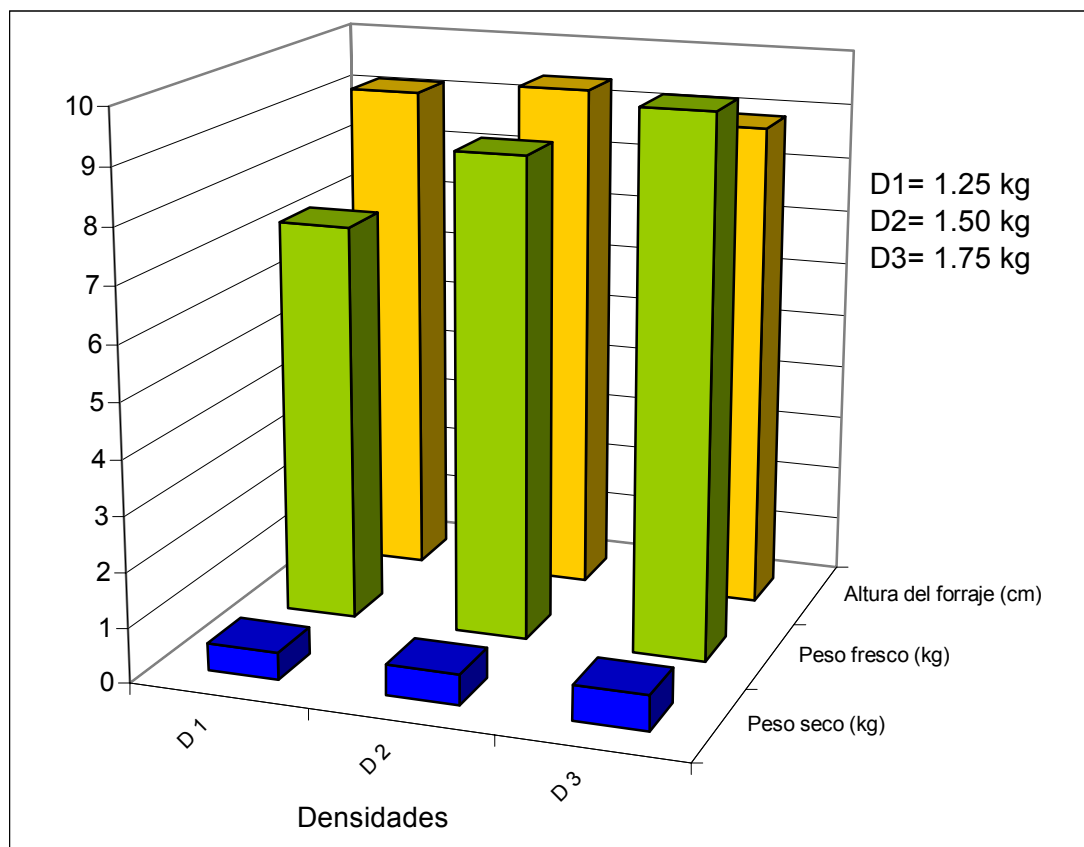
En el cuadro 4. C y la gráfica 4. C se presenta la comparación de medias del factor C (densidades 1.25, 1.50 y 1.75 kg) para las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje, donde la mejor densidad fue la número tres para peso seco de 0.6378 kg peso fresco 9.740 kg y una altura de 8.8829 cm siguiéndole la densidad número dos para peso seco 0.5506 kg peso fresco 8.7786 y una altura de 9.3788 quedando al último la densidad número uno con un peso seco 0.5009 kg peso fresco de 7.275 kg y una altura de 9.1411 cm. Para la variable altura del forraje la mejor densidad fue la número dos con 9.3788 cm siguiéndole la densidad uno con 9.1411 cm y finalmente al último la densidad tres con 8.8829 cm.

CUADRO 4. C Comparación de medias del factor C para las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje.

	D 1	D 2	D 3
Peso seco (kg)	0.5009 ^b	0.5506 ^b	0.6378 ^a
Peso fresco (kg)	7.275 ^b	8.7786 ^a	9.7409 ^a
Altura del forraje(cm)	9.1411 ^a	9.3788 ^a	8.8829 ^a

Nivel de Significancia = 0.01
DMS = Peso seco 0.063
DMS = Peso fresco 0.916
DMS = altura del forraje 0.573

D1 = 1.25 kg
D2 = 1.50 kg
D3 = 1.75 kg



GRÁFICA 4. C Comparación de las densidades utilizadas para las variables peso seco, peso fresco y altura del forraje.

CONCLUSIONES

- En este experimento se observó que los objetivos e hipótesis se cumplieron, ya que hubo diferencia entre especies y densidades de siembra para la producción de forraje verde hidropónico.
- De acuerdo con los resultados se puede concluir que con la aplicación de agua a Triticale a una densidad de 1.50 kg se obtuvo un mejor peso fresco.
- Con la aplicación de agua a Cebada a una densidad de 1.75 kg se obtuvo un mejor peso seco.
- La aplicación de Biozyme PP a Cebada a una densidad de 1.25 kg resultó en una mayor altura del forraje.
- La aplicación de Biozyme PP o agua responden similarmente para la variables evaluadas.

- La mejor especie en este experimento fue Cebada seguida muy de cerca por Triticale y finalmente para las variables peso fresco, peso seco y altura del forraje.
- 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.

LITERATURA CITADA

- AgroCultura, 2000. Forraje Verde Hidropónico. Marzo-Abril. Edición No 63. p 18
- Almanza, G. R. J. 1984. Producción Intensiva de Forraje Verde Por Medio de Sistemas Hidropónicos en Camara de Crecimiento. Memoria Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Canovas, F. 1993. Principios Básicos de la Hidroponia. Aspectos Comunes y Diferenciales de los Cultivos con y sin Suelo. Curso Superior de Especialización. Instituto de Estudios Almerienses.
- Canul, C. V. V. 1997. Evaluación de Métodos de Desinfección de Semilla y de Duración del Ciclo de Cultivo de Forraje Verde Hidropónico. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Cervantes, S. T. 1978. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Analisis de los Recursos Genéticos Disponibles a México. Chapingo, México.
- Crampton, E. W. y Harris, L. E. 1974. Nutrición Animal Aplicada. El Uso de los Alimentos en la Formula de Raciones para el Ganado. 2ª Edición. Editorial Acriba. Zaragoza España.
- García, P. I. 1988. Evaluación de Cinco Cultivos Forrajeros con la Técnica Hidropónica y la Aplicación de Biozyme Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis U.A.A.A.N, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Gárquez, R. 1997. Conceptos Básicos de los Cultivos sin Suelo. Productores de Hortalizas. Año 6 (8): p.18. Willoughby, Ohio.

- Huterwal, O. G. 1983. Hidroponia. Cultivos de Plantas Sin Tierra. Editorial Albatros, Buenos Aires República Argentina.
- Lomerí, Z. H. 2000. Forraje Verde Hidropónico. AgroCultura. Edición No. 63 p. 15.
- López, F. J. F. 1998. Evaluación de Seis Especies Forrajeras Bajo la Técnica Hidropónica. Tesis Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- McDowell, R. L. 1974. Latin American Tables of feed Composition. University of Florida. Gainesville, Florida.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 1^{ra} Edición. México D.F.
- Noruega, V. 1993. Sistema de Solución Perdida y Recirculante. Descripción, Análisis y Valoración en Cultivos Sin Suelo. Curso Superior de Especialización. Coeditado por el Instituto de Estudios Almerienses y la F.I.A.P.A.
- Rojas, E. S. I. 1996. Aportaciones a la Generación de un Paquete Tecnológico para la Producción de Forraje en Hidroponia. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México D.F.
- Reséndiz, G. J. L. 1987. Comportamiento de Triticales (*X Triticosecale Wittmack*) Completos y Substituidos en Dos Ambientes del Norte de México. Instituto de Ciencia y Cultura, A.C. Incorporado a la U.A.A.A.N. Saltillo. Coahuila, México.

Resh, Ph. D. M. H. 1997. Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Producción. 4ª Edición. Ediciones Mundi – Prensa.

Reyes, A. 1985. Hidroponia. Información Científica y Tecnológica. Vol. 7. Num. 102. p.61.

Samperio, R. G. 1992. Hidroponia Básica. Editorial Diana. S.A de C. México D.F.

Sánchez del C. F. y Escalante, R. R. E. 1988. Un Sistema de Producción de Plantas. Hidroponia Principios y Métodos de Cultivo. Universidad Autónoma Chapingo. 3ª Edición.

SEP, 1991. Cultivos Forrajeros. 2ª Edición. Editorial Trillas

Valdivia, B. E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. 25-29 Marzo. Lima Perú.

_____ 1997. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Conferencia Internacional en Hidroponia Comercial. 6-8 Agosto. UNA LA MOLINA. Lima Perú.

Zamora, C. B. 1998. Importancia de la Técnica Hidropónica en Algunos Cultivos Hortícolas Bajo Condiciones de Invernadero. Memoria Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.