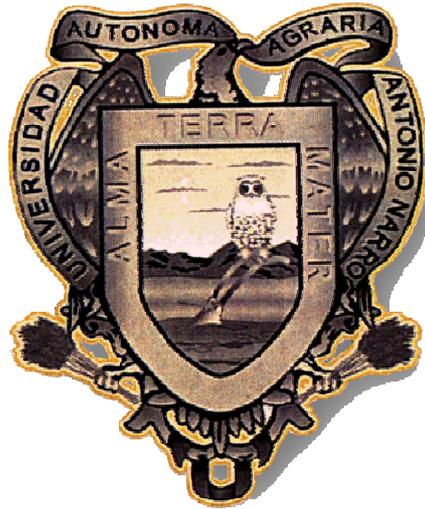


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**Ionización de la semilla de ×Triticosecale Wittm. durante la imbibición para forraje verde hidropónico**

Por:  
Francisco Javier Mendieta Alvarado

**TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título  
de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Diciembre del 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

Ionización de la semilla de ×Triticosecale Wittm. durante la imbibición para forraje verde hidropónico

Por:

**Francisco Javier Mendieta Alvarado**

**TESIS**

Que Somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**Ingeniero Agrónomo Zootecnista**

**Aprobada**

Presidente del jurado



Dr. Juan Ricardo Reynaga Valdés

Sinodal



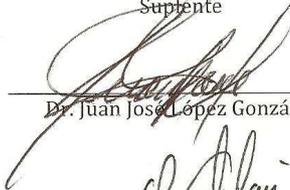
Ing. José Ángel de la Cruz Bretón

Sinodal

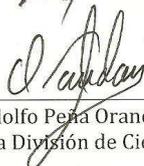


Ing. Alejandro Arredondo Osorio

Suplente



Dr. Juan José López González



Ing. Rodolfo Peña Oranday  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre de 2009

COORDINACIÓN DE  
CIENCIA ANIMAL

# DEDICATORIA

## **A mis abuelos:**

Jovita Alvarado Benavides †

Modesto Alvarado Ruíz †

De todo corazón por inculcarme el amor al campo. Y haberme abrigado con su cariño en mis primeros años, durante su paso por esta vida.

Abuelitos... ¡Cuanto se les extraña!

## **A mis padres:**

Ma. Estela Alvarado Alvarado.

Pedro Mendieta Chaire.

Con insondable amor, admiración, respeto y agradecimiento para quienes me dieron la vida, me inculcaron los valores con que ahora cuento y hacen lo imposible para que mis hermanos y yo tengamos lo necesario para realizarnos como personas. “Maestros no sólo en las aulas de concreto; sino en un recinto grandioso... La vida”.

Papás... ¡En verdad los admiro y quiero mucho!

## **A mis hermanos:**

Ana Laura Mendieta Alvarado.

José Alberto Mendieta Alvarado.

Con profundo cariño para mis colegas de niñez, partícipes de travesuras inocentes y desde que estamos juntos, mis aliados en “La escuela de la vida” donde apenas somos discípulos pero luchamos para ser maestros. Les he aprendido tantas cosas, los admiro y compartimos tan gratos momentos, que no los cambiaría por nada.

Hermanos... ¡Son los mejores!

# AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, el Motor Inmóvil y Ordenador del Universo. Por darme libertad para forjar mi propio destino y hacerme dueño de mis triunfos y desengaños.

A mi **Alma Mater**, por haberme acogido como uno de sus hijos y brindarme los medios necesarios para formarme como profesionista.

Al **Dr. Juan Ricardo Reynaga Valdés**, por su dedicación, paciencia, tiempo y amabilidad en la praxis del presente trabajo de investigación. Sobre todo por ser guía, amigo y ejemplo.

Al **Ing. José Ángel de la Cruz Bretón**, por el aporte de conocimientos, supervisión y dedicación en la elaboración de este trabajo.

Al **Ing. Alejandro Arredondo Osorio**, por la asesoría en el presente estudio, brindarme su confianza, compartirme su conocimiento y experiencia de vida.

Al **Dr. Juan José López González**, por su colaboración y las facilidades prestadas al fin de este trabajo.

A la **Fam. Uribe Charles**, por brindarme su confianza, cariño y hospitalidad, habiéndome hecho sentir parte de ellos y como en casa desde el primer día que los conocí.

A la **Srita. Ramona Luévano Adame**, por ser mi serenidad y apoyo incondicional en los momentos en que el amplio mar del pensamiento se vuelve turbio e incierto. Por dejarme formar parte de su vida y sobre todo por brindarme su amor, paciencia, tiempo y confianza.

A mis grandes amigos: **Carlos, Simón, José Antonio y Juan**. Que siempre están en las buenas y en las malas, hombro con hombro, sin miramientos. Por los días de farra, trabajo, bohemias y demás.

A mis amigos durante mi paso por la fila de "**La Rondalla de Saltillo**": **Ing. Elías, Ing. Jesús, Ing. L. Antonio, Ing. J. Armando, Lic. Armando A., Ing. J. Galileo, Ing. Jorge A., Braulio, Heisler, Darío, Daniel, Leonardo, Luis Alberto y Juan A. Coronado**. Por la oportunidad de compartir momentos gratos y otorgarme su plena confianza en mi etapa como representante de la agrupación.

A mis compañeros de generación y ahora ingenieros: **Saloome, Adrian, Gumaro, Abel, José Luís, Edvino, José Manuel, Alberto, Gumersindo, Arturo Eduardo y Luis Eduardo**, por el apoyo en mis ausencias y los alegres momentos de convivencia.

A mi cuñada **Viviana**, gracias por su amabilidad y a **Valeria**, mi sobrina, gracias por llenar de alegría el hogar de nuestra familia.

A mi **Tío Arturo y familia**, por su afecto y los ánimos ofrecidos para que concluyera mi formación profesional.

A todos aquellos, familiares y personas que directa o indirectamente colaboraron para la realización de este trabajo, en mi formación humana e intelectual.

## RESUMEN

Debido a la constante demanda de alimentos altamente nutritivos y a costos accesibles para los productores de ganado en el país, se ha encontrado viable la inclusión del Forraje Verde Hidropónico (FVH) en la dieta ofrecida al ganado, ya que es un alimento rico en vitaminas, proteína y otros nutrientes, sus costos de producción son muy bajos con relación al forraje producido tradicionalmente en suelo.

El presente trabajo de investigación evaluó la aplicación de cargas eléctricas durante la imbibición de la semilla de Triticale para FVH, reduciendo el periodo de imbibición de 24 horas a 8 horas solamente. El experimento consta de 3 tratamientos, con 10 repeticiones cada uno. El tratamiento 1, tomado como testigo tuvo periodo de imbibición de 24 horas, con riegos durante el proceso de producción con tan solo agua corriente. El tratamiento 2 y 3 tuvieron 8 horas de imbibición con una carga eléctrica de 12 voltios aplicada por medio de cámaras de ionización construidas manualmente y con materiales de bajo costo, siendo el tratamiento 2 regado con solo agua corriente, mientras que el tratamiento 3 fue fertilizado con ácido húmico de lombriz californiana del día 5 al día 10. Se utilizó el paquete NCCS 2000 para el análisis estadístico de las variables, Peso Antes del Riego Por la Mañana (PARM), Peso Después de Riego por la Mañana (PDRM), Peso antes de Riego por la Tarde (PART) y Peso Después de Riego por la Tarde (PDRT). Se encuentra viable la aplicación de cargas eléctricas durante la imbibición de la semilla para FVH, **ser redujo el tiempo de imbibición de 24 a tan sólo 8 horas**, no teniendo efectos negativos a nivel planta, sino mas bien favoreciendo a esta durante el proceso de producción, alcanzando mayor altura y peso los tratamientos que tuvieron aplicación de cargas eléctricas, observando que la diferencia estadística es mínima entre los tratamientos 2 y 3 en cuanto a peso y talla. Encontrando que mediante aplicación e carga eléctrica se pueden obtener los mismos resultados que si se fertilizara con ácidos húmicos de lombriz californiana.

**Palabras clave:** Ionización de la semilla, Forraje Verde Hidropónico, Triticale, xTriticosecale Wittm., Cargas eléctricas, Germinación.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
Justificación .....	2
Objetivos .....	3
Hipótesis .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
<b>Hidroponía</b> .....	<b>4</b>
Sistemas de cultivo hidropónico.....	5
Ventajas de la hidroponía.....	6
Desventajas de la hidroponía .....	6
<b>Forraje Verde Hidropónico</b> .....	<b>7</b>
El forraje verde hidropónico en las zonas áridas.....	8
Características nutricionales del forraje verde hidropónico.....	9
Ventajas del FVH.....	12
Desventajas del FVH .....	14
Proceso de producción del FVH .....	14
Requerimientos para producción de FVH.....	19
<b>Ácido Húmico</b> .....	<b>21</b>
<b>Instalaciones</b> .....	<b>22</b>
<b>Ionización de la semilla</b> .....	<b>23</b>
<b>Descripción de material genético</b> .....	<b>25</b>
Triticale .....	25
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>Material genético</b> .....	<b>27</b>
<b>Estadística</b> .....	<b>27</b>

Materiales utilizados.....	28
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
Prueba de germinación .....	29
Construcción de las cámaras de Ionización.....	29
Densidad de siembra .....	30
Lavado y desinfección de la semilla.....	31
Descripción de los tratamientos .....	32
Riegos .....	33
Proceso de producción.....	35
Cosecha.....	36
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
Prueba de germinación .....	37
Peso y altura promedio del FVH.....	37
Estadística descriptiva.....	37
Pesos de Forraje antes del riego por la mañana (PARM) y antes del riego por la tarde y (PART).....	37
T-Test .....	44
Comparación entre tratamientos .....	44
Correlación .....	45
Matriz de correlación.....	45
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>53</b>
<b>Apéndice A .....</b>	<b>56</b>
A1-Tabla de Estadística Descriptiva Variable PARM (D' Agostino Omnibus) .....	56
A2-Tabla de Estadística Descriptiva Variable PART (D' Agostino Omnibus).....	57
<b>Apéndice B .....</b>	<b>58</b>

B-1 Comparación entre tratamientos variable PARM (T-Test).....	58
B-2 Comparación entre tratamientos variable PART (T-Test) .....	58
B-3 Comparación entre tratamientos variable Altura (T-Test).....	58
<b>Apéndice C .....</b>	<b>59</b>
C-1 Datos obtenidos en campo T1 .....	59
C-2 Datos obtenidos en campo T2 .....	61
C-3 Datos obtenidos en campo T3 .....	63
C-5 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 7.....	65
C-6 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 9.....	65
C-7 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 10 .....	66
C-8 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 12 .....	66
<b>Apéndice D.....</b>	<b>67</b>
Fotografías .....	67

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. COMPARACIÓN DEL FVH CON OTROS FORRAJES CULTIVADOS TRADICIONALMENTE .....	11
CUADRO 2. CONTENIDO NUTRICIONAL DEL FVH .....	11
CUADRO 3. GASTO DE AGUA PARA PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN CONDICIONES DE CAMPO .....	12
CUADRO 4. TRATAMIENTOS .....	33
CUADRO 5. COMPOSICIÓN DEL ÁCIDO HÚMICO .....	34
CUADRO 6. PORCIENTO DE GERMINACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO .....	37
CUADRO 7. PESO Y ALTURA TOTAL POR TRATAMIENTO A LA COSECHA DE EL FVH .....	37
CUADRO 8. MATRIZ DE CORRELACIÓN .....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CURVA GLOBAL PARM .....	38
FIGURA 2. CURVA GLOBAL PART .....	40
FIGURA 3. CURVA TRATAMIENTO 1 .....	41
FIGURA 4. CURVA TRATAMIENTO 2 .....	42
FIGURA 5. CURVA TRATAMIENTO 3 .....	43

# INTRODUCCIÓN

El hombre, como ente racional, en su insaciable apetito de conocimiento y superación; a buscado a lo largo de la historia crear y mejorar técnicas que le permitan producir alimento de mayor calidad, al menor costo posible y con el menor esfuerzo. La constante lucha entre individuos por encontrar e incluir innovaciones prácticas en los procesos ya establecidos de producción a nivel agronómico es una disputa sin fin.

La creciente demanda de productos alimenticios, debido al continuo aumento de la población a nivel mundial, el deterioro del medio ambiente y la poca disponibilidad de agua a impulsado a los estudiosos de las ciencias agronómicas a buscar alternativas más eficientes para obtener alimento ocupando el menor espacio posible sin deteriorar el ambiente por el uso de químicos u otros abonos sintéticos y sobre todo ahorrar agua en la producción.

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) surge como una opción que cubre los requisitos antes mencionados. Se puede obtener en los volúmenes que se requiera en conversiones que van de 1Kg de semilla seca a 4, 8 ó 12Kg de forraje verde; en un espacio reducido, con un costo bajo en relación a los cultivos tradicionales con suelo, se puede producir durante todo el año, tiene un gasto mínimo de agua respecto a la forma tradicional de producir forraje incluso utilizable en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país, pudiendo utilizar pequeñas cantidades de sustancias orgánicas para su fertilización, que son inocuas para el hombre y los animales y no degradan el ambiente. Siendo este una fuente importante de

proteína que ayuda a reducir los costos en concentrados y suplementos alimenticios para el ganado, la relación de superficie sembrada en campo y de 5 a 8 veces más FVH.

Un campo poco explorado y hasta el momento no conocido en su totalidad es la inclusión de la energía eléctrica para maximizar la producción agrícola; habiendo encontrado efectos positivos tales como mayor porcentaje de germinación, mejor asimilación de nutrientes, más precocidad, minimiza los efectos por heladas, restablece el equilibrio entre los aniones y los cationes del suelo, que se pierden por efecto de la fricción del arado cuando se siembra en campo, etc., aplicando esta a ciertos niveles en semillas y plantas.

El proceso de imbibición o remojo de semilla para Forraje Verde Hidropónico generalmente debe (puede) durar de 24 a 48 horas con un oreo y cambio de agua cada 12 horas, según la especie con que se esté trabajando. **La innovación del presente estudio es reducir el tiempo de imbibición a tan solo 8 horas**, aplicando una carga eléctrica de 12 voltios durante este proceso lo cual dará a la semilla mayor capacidad germinativa y durante la producción de la materia verde le facilitará la asimilación de nutrientes a la planta. Generando un ahorro de tiempo, agua y esfuerzo. Proponiendo esta nueva alternativa de producción para el Forraje Verde Hidropónico.

## **Justificación**

El principal problema en la actualidad son los periodos largos de sequía que constituyen para la ganadería en México el inconveniente más fuerte; tanto en zonas áridas como en semiáridas del país, la falta de agua y consecuentemente de forraje es una limitante para

el sector agropecuario. Cada vez se está haciendo más difícil el producir forraje de calidad de la manera convencional. El presente estudio tiene como principio el dar al ganadero otra opción para sostener su producción en temporada de estiaje e incluso durante todo el año, mediante la obtención de Forraje Verde Hidropónico con alto contenido proteico para disminuir gastos en concentrado y suplementos, en un tiempo menor al convencional sin utilizar químicos, abatiendo así la mortalidad de ganado, los costos excesivos y la disminución de su producción en periodos críticos.

## Objetivos

- ♠ Disminuir el tiempo convencional de producción de Forraje Verde Hidropónico.
- ♠ Evaluar el efecto en altura y peso del Forraje Verde Hidropónico (FVH) con la aplicación de electricidad.
- ♠ Evaluar la acción de las cargas eléctricas y el ácido húmico de lombriz roja de californiana (*Eisenia Foetida*) en la producción de FVH, aplicado en el riego para la fertilización del forraje.

## Hipótesis

- ♠ Con la aplicación de cargas eléctricas es posible disminuir el tiempo de imbibición a menos de 24 horas.
- ♠ La electricidad mejorará la altura y peso del forraje verde hidropónico.
- ♠ Es posible encontrar efectos aditivos entre las cargas eléctricas y el ácido húmico.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Hidroponía

El vocablo hidroponía proviene de dos palabras griegas *HYDRO* (ὕδωρ) que significa agua y *PONOS* (πονός) que significa trabajo o labor. Se concibe a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición. (Gilsanz, 2007)

Guzmán (2004), cree que los primeros cultivos hidropónicos de la historia fueron los jardines colgantes de Babilonia, porque se alimentaban del agua que corría por medio de canales. También nos dice que hace más de 1000 años, se practicaba la hidroponía en forma empírica en China, la India y Egipto. La chinampa mexicana es otra forma de aplicación de los principios hidropónicos; los aztecas cultivaban el maíz en barcazas por medio de un entramado de pajas.

Entre 1929 y 1930, el profesor de fisiología vegetal de la Universidad de California, Dr. William Gerike, logró un éxito sin precedentes al instalar unidades de cultivo sin tierra al aire libre con fines comerciales. Él bautiza a esta técnica como hidroponía y es considerado el padre de esta moderna técnica de cultivo. (Guzmán, 2004)

La hidroponía ha sido utilizada en forma comercial desde hace 50 años y se ha adaptado a diferentes situaciones, tanto con cultivos al aire libre como bajo condiciones de

invernadero. Este sistema de producción se usa en México, aunque requiere de mayor difusión. Es importante porque permite cultivar especies para el consumo humano en regiones donde no existe suelo, sobre concreto o en pequeñas superficies protegidas o no protegidas. (SAGARPA, s/f)

La hidroponía es parte de los sistemas de producción llamados “Cultivos sin Suelo”. En estos sistemas el medio de crecimiento y/o soporte de la planta está constituido por sustancias de diverso origen, orgánico o inorgánico, inertes o no inertes es decir con tasa variable de aportes a la nutrición mineral de las plantas. (Burés 1997, citado por Gilsanz, 2007).

### **Sistemas de cultivo hidropónico**

Guzmán (2004), nos habla básicamente de dos sistemas en que se ha practicado la hidroponía o el cultivo sin tierra. El más común, es el que utiliza sustrato sólido para el anclaje de las raíces, el cual se puede colocar en:

- a) camas o bancales.
- b) cultivos verticales en columnas o mangas colgantes.
- c) maceteros o bolsas.
- d) canales o canoas.

En el segundo método, considerado verdaderamente hidropónico, se ubican: raíz flotante, en donde las raíces permanecen sumergidas en una solución nutritiva, la cual

debe oxigenarse con cierta frecuencia, más moderna es la técnica de la película nutritiva (NFT en inglés), donde las raíces son bañadas periódicamente por la solución nutritiva, y la más reciente, la aeroponía, en donde la solución es asperjada a las raíces de las plantas (poco utilizada a nivel comercial, solo experimental). (Guzmán, 2004)

## **Ventajas de la hidroponía**

Las ventajas que describe Gilsanz (2007), en el uso de los sistemas hidropónicos pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- ♣ Menor número de horas de trabajo y más livianas
- ♣ No es necesaria la rotación de cultivos
- ♣ No existe la competencia por nutrientes
- ♣ Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento
- ♣ Mínima pérdida de Agua
- ♣ Mínimo problema con las Malezas
- ♣ Reducción en Aplicación de Agroquímicos
- ♣ El Sistema se ajusta a áreas de producción no tradicionales

## **Desventajas de la hidroponía**

Las principales desventajas citadas por Gilsanz (2007), son:

- ♣ Costo inicial alto
- ♣ Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición
- ♣ Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo
- ♣ Se requiere agua de buena calidad

## Forraje Verde Hidropónico

Entendemos por forraje el producto vegetal utilizado en fresco, desecado o ensilado, para la alimentación del ganado previa recolección de la planta en estado “verde” (es decir, sin terminar su maduración total) mediante operaciones de siega, para consumo inmediato por el ganado en fresco o después de un tratamiento postcosecha de henificación. (Arán, 2003).

El *forraje verde hidropónico (FVH)* es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas viables. El FVH o “*green fodder hydroponics*” es un pienso o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal. (FAO, 2001)

López, *et al* (2009) describen al forraje verde hidropónico (FVH) como una metodología de producción de alimento para el ganado que permite evadir las limitantes naturales encontradas en zonas áridas para el cultivo convencional de forrajes. (López *et al*, 2009)

La producción FVH es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere de grandes extensiones de tierras ni de mucha agua. Tampoco se requiere de largos períodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de solo de 12 a 15 días. (Estrada, 2006)

## **El forraje verde hidropónico en las zonas áridas**

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado que resulta propicia para evadir las principales dificultades encontradas en zonas áridas y semiáridas para la producción convencional de forraje. Las zonas áridas han sido consideradas como terrenos marginales para el desarrollo del sector agropecuario, siendo las razones principales para esta consideración la escasez permanente de lluvia, alta evaporación, y suelos y aguas de riego de baja calidad. No obstante estas limitaciones, la creciente demanda de productos agropecuarios ha ocasionado que tanto la agricultura como la ganadería hayan sido introducidas en ecosistemas frágiles de zonas áridas y semiáridas, los cuales son muy susceptibles a la degradación y en donde es improbable sostener altos rendimientos de manera sostenible para intentar satisfacer las necesidades. (Cassman y Young, citados por López, *et al*, 2009).

En los últimos años, la actividad agropecuaria en estas zonas se ha incrementado notablemente; sin embargo, su expansión ha tenido lugar sin el debido control ecológico y las tecnologías comúnmente utilizadas no son las más apropiadas, provocando problemas de contaminación de suelos y mantos acuíferos (Endo *et al.*, 2000, citado por López *et al*, 2009), agotamiento de agostaderos y la extinción de especies de flora nativa (Martínez-Balboa, 1981, citado por López, 2009).

Un sistema de producción agropecuario sostenible debe mejorar o al menos mantener los recursos naturales sin devaluarlos, y no generar situaciones que disminuyen la actividad ganadera, como por ejemplo la contaminación (Nardone *et al.*, 2004, citado por López *et*

al 2009). Consecuentemente, la búsqueda de metodologías alternativas de producción de forraje en las cuales se considere el ahorro de agua, altos rendimientos por m<sup>2</sup> ocupado, calidad nutricional, flexibilidad en la transferencia y mínimos impactos negativos sobre el medio ambiente es de particular importancia.

Considerando los puntos anteriores, se puede decir que el FVH puede constituirse en una opción alternativa a los métodos convencionales de producción de forraje que contribuya a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas.

No obstante las ventajas que presenta el FVH en comparación con otras metodologías de producción de alimento para el ganado, persisten aun dudas y falta de conocimientos sobre la metodología apropiada y la calidad del alimento producido. (López, *et al*, 2009)

### **Características nutricionales del forraje verde hidropónico**

Los forrajes tiernos en condiciones normales de sembrío en suelos, poseen entre 23% y 25% de contenido proteico referido a sustancia 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 en plantas maduras. 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 coeficiente de digestibilidad disminuye notablemente. (Valdivia, 1997)

La planta tierna tiene un elevado contenido de calcio, fósforo y fierro, 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. (Valdivia, 1997)

Los forrajes tiernos son muy ricos en vitaminas, principalmente 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. (Valdivia, 1997)

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. Este producto tiene una cantidad de enzimas que lo hacen doblemente aprovechable, ya que evita un trabajo en el tracto digestivo del animal, teniendo en cuenta que está predigerido, además estimula el sistema endocrino del animal y aumenta la actividad metabólica. Se observa un aumento de la fertilidad ya que la vitamina C, factor de gran importancia para esta actividad, es de 15.45 mg por cada 100 gr en el FVH y de autodefensa contra las enfermedades. El caroteno aumenta en 100% en el grano germinado. (Valdivia, 1997)

El pH, del FVH está entre 6 y 6.5. Es ligeramente ácido, lo que hace que este sea muy conveniente como alimento.

Comparativamente las raciones hidropónicas o FVH equivalen a las siguientes unidades forrajeras por kg. :

**Cuadro 1. Comparación del FVH con otros forrajes cultivados tradicionalmente**

Alimento	Equivalencia Kg a 1UF
<i>Forraje verde hidropónico</i>	<b>2.50 kg = 1 UF</b>
<i>Brotos de Pradera</i>	<b>6.66 kg = 1 UF</b>
<i>Alfalfa Fresca</i>	7.69 kg = 1 UF
<i>Maíz forrajero</i>	7.62 kg = 1 UF

Fuente: Valdivia, 1997

La asimilación del FVH es superior a las demás raciones conocidas, cada Kg. de pasto hidropónico contiene:

**Cuadro 2. Contenido nutricional del FVH.**

Componente	gr./ 1Kg.
Prótidos	16.20 gr.
Polipéptidos, aminoácidos y aminos	33.54 gr.
Valor proteico	49.74 gr.
Lípidos brutos	19.50 gr.
Almidón	78.90 gr.
Azúcares solubles (Maltosa)	63.30 gr.
Celulosa	20.10 gr.
Fibras brutas	39.60 gr.
Sustancias minerales	16.86 gr.
VALOR ENERGÉTICO (Equivalente a 0.40 UF)	1178/1190 calorías

Fuente: Valdivia, 1997

Las raciones hidropónicas son inmediatamente asimilables, su digestibilidad es de 85% a 90%. La palatabilidad es excelente. Su aspecto, color, sabor, textura le confieren gran

palatabilidad a la vez que aumentan la asimilación de otros alimentos por parte del animal. (Valdivia, 1997)

## **Ventajas del FVH**

### ***Ahorro de agua***

En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al comparar con las condiciones de producción convencional en especies forrajeras, cuyas eficiencias varían entre 270 a 635 litros de agua por kg de materia seca (Cuadro 1). Alternativamente, la producción de 1 kilo de FVH requiere de 2 a 3 litros de agua con un porcentaje de materia seca que oscila, dependiendo de la especie forrajera, entre un 12% a 18% (Sánchez, Zúñiga, Citados por FAO, 2001).

Esto se traduce en un consumo total de 15 a 20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días. (Estrada, 2006)

**Cuadro 3. Gasto de agua para producción de forraje en condiciones de campo.**

<b>Especie</b>	<b>Litros de agua / kg. materia seca (promedio de 5 años)</b>
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: FAO, 2001.

Esta alta eficiencia del FVH en el ahorro de agua explica por qué los principales desarrollos de la hidroponía se observen generalmente en países con ecozonas desérticas, a la vez que vuelve atractiva la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños productores que son afectados por pronunciadas sequías, las cuales llegan a afectar la disponibilidad inclusive, de agua potable para el consumo. (FAO, 2001)

### ***Eficiencia en el tiempo de producción***

La producción de FVH apto para alimentación animal tiene un ciclo de 10 a 12 días. En ciertos casos, por estrategia de manejo interno de los establecimientos, la cosecha se realiza a los 14 o 15 días, a pesar que el óptimo definido por varios estudios científicos, no puede extenderse más allá del día 12.(FAO, 2001)

### ***Eficiencia en el uso del espacio.***

El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil. (FAO, 2001)

En 3 Has. de alfalfa (30 000 m<sup>2</sup>) se producen 180 000 Kg forraje/Año, mientras que para un módulo de 480 bandejas se necesitan alrededor de 60 m<sup>2</sup>, cosechando 48 bandejas diarias con un promedio de 10Kg por bandeja dando un total de 480Kg/día, esperamos una producción anual de 175 200 Kg forraje/Año. (Tarrillo, 1999)

### ***Contenido de vitaminas***

El uso de FVH puede evitar la necesidad de usar vitaminas sintéticas, por ejemplo la vitamina "A" y cualquier otro suplemento nutritivo, ya que todas las vitaminas se encuentran libres y solubles. (Estrada, 2006)

### ***Desequilibrios digestivos***

Al suministrar forraje hidropónico durante toda la dieta alimenticia, se evitan trastornos digestivos causados por los cambios de composición principalmente de fibra y proteína así como procedencia de los alimentos de suplementación animal: además, debemos tener en cuenta que estos animales son biológicamente herbívoros; es decir se alimentan con hiervas y forrajes frescos. (Valdivia, 1997).

### **Desventajas del FVH**

Las principales desventajas identificadas en un sistema de producción de FVH son:

#### ***Costos elevados***

Una desventaja que presenta este sistema sería el elevado costo de implementación. Sin embargo, se ha demostrado que utilizando estructuras de invernáculos hortícolas comunes, se logran excelentes resultados. Alternativamente, productores agropecuarios brasileros han optado por la producción de FVH directamente colocado a piso sobre plástico negro y bajo microtúneles, con singular éxito. La práctica de esta metodología a piso y en túnel es quizás la más económica y accesible. (FAO, 2001)

### **Proceso de producción del FVH**

Esencialmente se utilizan granos de: cebada, avena, maíz, trigo y sorgo como forraje de invierno. 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. (FAO, 2001)

A continuación se describe según el Manual Técnico para Forraje Verde Hidropónico en su segunda parte publicado por la FAO (2001) el proceso de producción del FVH desde la selección de la semilla hasta la cosecha y rendimientos del mismo.

### ***Selección de la semilla***

En términos ideales, se debería 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 deben utilizar las semillas de los 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. (FAO, 2001)

### ***Lavado***

Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1% (“solución de lejía”, preparada diluyendo 10ml. de hipoclorito de sodio por cada litro de agua). 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 procedemos a un enjuague riguroso de las semillas con agua limpia. (FAO, 2001)

### ***Imbibición***

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. El cambiar el agua cada 12 horas facilita y ayuda a una mejor oxigenación de las semillas. (FAO, 2001)

Hidalgo (1985), citado por FAO (2001), establece 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. 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. (FAO, 2001)

### ***Dosis de Siembra***

Las dosis óptimas de semillas a sembrar por metro cuadrado oscilan entre 2,2 kilos a 3,4 kilos considerando que la disposición de las semillas o "siembra" no debe superar los 1,5 cm de altura en la bandeja. (FAO, 2001)

### ***Siembra en las bandejas e Inicio de los riegos.***

Luego de la siembra se coloca por encima de las semillas una capa de papel (diario, revistas) el cual también se moja. Posteriormente tapamos todo con un plástico negro recordando que las semillas deben estar en semi oscuridad en el lapso de tiempo que transcurre desde la siembra hasta su germinación o brotación. Una vez detectada la brotación completa de las semillas retiramos el plástico negro y el papel. (FAO, 2001)

### ***Riego de las bandejas.***

El riego de las bandejas de crecimiento del FVH debe realizarse sólo a través de microaspersores, 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. 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. El agua a usar debe estar convenientemente oxigenada y por lo tanto los mejores resultados se obtienen con la pulverización o aspersión sobre el cultivo o en el caso de usar riego por goteo, poseer un sistema de burbujeo en el estanque que cumpla con la función de oxigenación del agua. (FAO, 2001)

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

Apenas aparecidas las primeras hojas, entre el 4° y 5° día, se comienza el riego con una solución nutritiva. 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. (FAO, 2001)

### ***Cosecha y rendimientos***

El manual de la FAO (2001) recomienda la cosecha entre los días 12 a 14, se realiza la cosecha del FVH. Trabajos de validación de tecnología sobre FVH realizados en Rincón de la Bolsa, Uruguay en 1996 y 1997, han obtenido cosechas de FVH con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 12 a 18 kilos de FVH producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para el desarrollo del mismo.

La cosecha del FVH comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende a las hojas, tallos, el abundante colchón radicular, semillas sin germinar y semillas semi germinadas. (FAO, 2001)

## **Requerimientos para producción de FVH**

Los requerimientos mínimos que necesita la planta para lograr una producción aceptable, son los siguientes: agua, luz, temperatura y humedad relativa. (Samperio, 1997).

### ***Agua***

Según Sánchez (2000), La calidad del agua es de gran importancia para el éxito de la producción, la condición básica que debe presentar el agua para ser usada en sistemas hidropónicos es característica de potabilidad. Su origen puede ser de pozo o de lluvia.

### ***Luz***

La luz es indispensable para el desarrollo de las plántulas, 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 (Samperio, 1997).

### ***Temperatura***

El rango óptimo para la producción se sitúa siempre entre los 18 y 23 °C. La variabilidad de las temperaturas óptimas para la germinación y posterior crecimiento de los granos en FVH es diverso. Es así que los granos de avena, cebada, trigo, entre otros, requieren de temperaturas bajas para germinar (entre los 18 a 21 °C). Sin embargo el maíz, necesita de temperaturas óptimas que varían entre los 25 y 28 °C (Martínez E., 2001, citado por FAO, 2001).

## ***Humedad***

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 sanitarios, 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. (FAO, 2001)

## ***Nutrición***

La nutrición mineral de un cultivo hidropónico debe controlarse según la demanda mediante los oportunos análisis químicos, sobre todo, de la solución drenaje o la extraída del mismo sustrato. Dependiendo del análisis del agua de riego, la especie cultivada y las condiciones climáticas se elabora la solución nutritiva de partida, a partir de entonces será el propio cultivo que dicte las siguientes soluciones nutritivas a preparar. (Cuervo, 2004)

Los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo). Cada uno de estos elementos tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta, así como su

carencia se traducen en síntomas específicos que se reflejan en la estructura de la planta.

(Estrada, 2006)

## Ácido Húmico

Antes de profundizar en el tema de los ácidos húmicos, hay que definir algunos conceptos:

Materia orgánica: compuestos que tienen por base el carbono. Existe materia orgánica no oxidable, oxidable y oxidada. (Proferfol, s/f)

Humus: fracción de la materia orgánica que ejerce en el suelo una serie de acciones físicas, químicas y biológicas que mejoran su fertilidad. (Proferfol, s/f)

Extracto húmico total: El resultante de las últimas fases de transformación de la materia orgánica. Está formado por un número muy elevado de ácidos orgánicos que, según sus características, se agrupan esencialmente en ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. (Proferfol, s/f)

Los ácidos húmicos son una sustancia negra con un alto grado de humificación y estructura compleja, que actúan principalmente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, y que presentan las siguientes características:

- ♠ Disgregan las arcillas en suelos muy pesados y con poca aireación y dan coherencia en suelos arenosos.
- ♠ Aumenta la permeabilidad y la porosidad del suelo.
- ♠ Precipitan en medio ácido.

- ♣ Gran capacidad de retención de agua.
- ♣ Gran acción coloidal (retención de cationes), formando parte del CAH. Esto hace que gran número de elementos bloqueados por el suelo, puedan ser liberados y puestos a disposición de las plantas.
- ♣ Efecto quelatante con Fe, Mn, Cu y Zn.
- ♣ Máxima capacidad de intercambio catiónico.
- ♣ Se obtienen a partir de leonarditas o de turbas negras.(Proferfol)

## **Instalaciones**

La localización de una construcción para producción de FVH no presenta grandes requisitos. Como parte de una buena estrategia, la decisión de iniciar la construcción de instalaciones para FVH debe considerar previamente que la unidad de producción de FVH debe estar ubicada en una zona de producción animal o muy próxima a esta. (FAO, 2001)

### ***Populares***

Consisten en una estructura artesanal compuesta de palos o cañas (bambú o tacuara), revestida de plástico transparente común. El piso es de tierra y las estanterías para la siembra y producción del FVH son construidas con palos, cañas y restos de madera de envases o desechos de aserraderos. (FAO, 2001)

### ***Estructuras en desuso***

Comprende instalaciones industriales en desuso, antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. Estas instalaciones se están volviendo cada vez más comunes en los países de América Latina. (FAO, 2001)

### ***Modernas o de alta tecnología***

Las instalaciones de este tipo pueden ser de construcción de albañilería hecha en el lugar, prefabricadas o importadas directamente como unidades de producción o “fábricas de forraje”. (FAO, 2001)

## **Ionización de la semilla**

La electrización (Ionización) de las semillas, dice Gorria (1908), que tiene por objeto ejercer sobre las mismas efectos fisiológicos favorables a su germinación y al desarrollo subsiguiente de las plantas a que dan origen, no es un estudio moderno, pues ya en el siglo XVIII se hicieron experiencias en 1712 a 1718 por *Jolabert* (que tal vez sea el primero que de esto se haya ocupado), por la acción de la electricidad atmosférica en la germinación, haciendo ensayos en dos especies de semillas. En el siglo XIX los trabajos han sido más concluyentes y notables. *Deletrez d'Oulnez*, de nuevas experiencias en 1893 sobre la influencia de la electricidad en las semillas de remolacha, encontró un efecto muy ventajoso a pesar de la gran sequedad de aquel año; estudiando los efectos de la electricidad en las raíces de plantas madres o pava semillas, observó que tenían gran influencia las corrientes eléctricas a las que las sometió, aumentándose su energía vital y favoreciendo la generación de las semillas, que después produjeron mejores plantas.

El botánico ruso *Spechnew* hizo experiencias muy notables, comprobando que el desarrollo de una planta es más rápido y vigoroso cuando la simiente ha sido electrizada con una corriente de inducción, pero con una corriente continua la cosecha es más abundante, y que de todas maneras la germinación se activa, siendo bastantes para

diferentes semillas de dos á ocho días, que representa la mitad del tiempo ordinario que para ello necesitan. (Gorria, 1908)

Los seres vivos en general se ven afectados por el campo magnético terrestre, que oscila entre 0,4 y 0,6 gauss según la latitud y otros factores geológicos. La aplicación de campos magnéticos estacionarios en semillas y plántulas de tomate supone un adelanto en la germinación y crecimiento de las mismas. En principio, podría suponer una mejora real de la productividad del cultivo, tanto en términos agrarios como monetarios y también puede proporcionar ventajas desde el punto de vista ambiental. Con anterioridad se habían realizado estudios previos en esta línea de investigación con semillas de cereales. De los resultados se deduce que las semillas expuestas muestran, para ambas intensidades (1.250 G y 2.500 G) y todos los tiempos, una velocidad de germinación superior a la de las semillas que no han sido sometidas a la presencia de dichos campos magnéticos. Las plántulas expuestas a campos magnéticos también mostraron un crecimiento más temprano que las no tratadas. (Martínez, et al 2009)

Experimentalmente se ha probado que los tratamientos eléctricos en semillas aumentan la absorción de agua; la semilla dura al ser tratada eléctricamente aumenta hasta un 67% la germinación. (Wheaton, citado por Méndez, 1984)

Méndez (1984), nos aclara que se debe hacer notar que las plantas son seres independientes en muchos modos y que no necesariamente muestran patrones de producción uniformes.

## Descripción de material genético

### **Triticale**

Nombre científico:  $\times$ Triticosecale Wittm.

En 1981, el botanista alemán Wilhelm Rimpau descubrió por casualidad un cruce natural de Trigo y de Centeno cuya descendencia era parcialmente fértil. En los años 20's y 30's, investigadores rusos y suecos intentaron producir semillas fértiles de Triticale, sin obtener éxito. (Cruz, 2009)

El descubrimiento de la colchicina (fármaco que detiene o inhibe la división celular en metafase o en anafase. Es un compuesto que evita el reparto de los cromátidas de un cromosoma durante la mitosis, provocando la poliploidía de la célula filial, ya que aunque no haya separación, sí hay duplicación del material genético. Su efecto se debe a su acción sobre las proteínas citoesqueléticas del huso mitótico), en 1937, fue decisivo en la creación de Triticale fértil, debido a que esta sustancia permite duplicar el número de cromosomas en las células de las plantas. Esto permitió duplicar artificialmente el número de cromosomas de las semillas de Triticale, haciéndolas fértiles. (Cruz, 2009)

### ***Morfología y taxonomía***

El Triticale es un cereal nuevo según Cruz (2009), y es el producto de un cruzamiento entre el trigo (género *Triticum*) y el centeno (género *Secale*). Su nombre se ha formado con la mitad del nombre de cada uno de los géneros de sus progenitores.

El Triticale, creado por fitogenetistas, es el primer cereal hecho por el hombre. En muchos de los ambientes ecológicos menos favorecidos del mundo el Triticale ofrece una doble esperanza: rendimiento, calidad nutritiva y otras características importantes iguales o superiores a las del trigo, buen desarrollo en suelos pobres y resistencia a las enfermedades típicas del centeno. (Cruz, 2009)

### ***Adaptación***

Cruz (2009), afirma que el Triticale ha demostrado que se adapta a suelos ácidos, de pH bajo, en varias regiones del mundo, Así mismo presenta una mayor resistencia a suelos secos y una marcada tolerancia a heladas. En cuanto a enfermedades presenta una mayor resistencia a *Septoria tritici* lo cual es una ventaja en regiones donde existe esta enfermedad.

El primer campo de interés está para el uso como grano de la alimentación porque ha demostrado ser una buena fuente de proteína, de aminoácidos y de vitaminas B. Ha demostrado promesa como plantas forrajeras y como fuente alternativa de proteína en las raciones formuladas para los monogástricos, los rumiantes y las aves de corral. (Cruz, 2009)

# MATERIALES Y MÉTODOS

## Material genético

En la realización del presente trabajo se utilizó semilla de Triticale (×Triticosecale Wittm.) línea 125A, la cual fue proporcionada por programa de cereales de la UAAAN.

## Estadística

Se utilizó el paquete NCSS 2000 para analizar la **estadística descriptiva** con tendencia central y variabilidad; **estadística comparativa** con prueba t-student y **correlación** entre las variables:

### 1. Atributo a medir

Lista de variables:

Peso Antes de Riego por la Mañana (PARM).

Peso Después de Riego por la Mañana (PDRM).

Peso Antes de Riego por la Tarde (PART).

Peso Después de Riego por la Tarde (PDRT).

Altura de planta (Días 7, 9, 10 y 12)

### 2. Estadística descriptiva

a) Medidas de tendencia central: Media, Mediana, Moda.

b) Variabilidad: Desviación estándar, coeficiente de variación.

➤ Global n=30

➤ Tratamientos n=10

### 3. Estadística comparativa

#### a) Pruebas t-Student

-PARM, PART y Altura

## **Materiales utilizados**

- 30kg de semilla de  $\times$ Triticosecale Wittm.
- 30 Charolas de fibra de vidrio (30cm x 90cm) para FVH.
- Estantería de madera tipo panadería.
- 4 metros de tul (tela)
- 2 fumigadores para jardinería.
- Cámaras para ionización de semilla.
  - 2 Botes de plástico con capacidad para 20L.
  - 1 transformador de voltaje (In 127V, Out 12V).
  - 4 laminas de acero inoxidable.
  - 1 metro de varilla con cuerda de acero inoxidable de 3/16.
  - 8 tuercas
  - Resistol 5000
  - 1 metro de tubo de cobre, 3/16pulg.
  - Tijeras de aviación para corte de lámina.
  - 2 bombas de oxígeno para pecera.
- 1 Bote de plástico con capacidad para 20L.
- Ácidos húmicos de lombriz.
- Garrafrones plásticos de 20L.
- Agua corriente
- Libreta y marcador permanente
- Cámara fotográfica digital.
- Probeta
- Báscula con capacidad para 10Kg.
- 1L cloro comercial (Cloralex).
- 1 paquete con 500 toallas desechables para manos (Sanitas)

# **METODOLOGÍA**

## **Prueba de germinación**

Antes de iniciar el trabajo en el invernadero se realizó la prueba de germinación en el laboratorio de fisiología vegetal perteneciente a la UAAAN campus saltillo.

Fueron seleccionadas al azar 100 semillas de *xTriticosecale* Wittm., las cuales se dividieron en 5 grupos de 20 semillas, distribuidas cada grupo en una Caja Petri con papel filtro para ayudar a conservar la humedad dentro de la caja. Después de colocar la semilla dentro de las cajas y humedecer con agua el interior se procedió a colocarlas en la cámara germinadora a una temperatura constante de 26° C.

Se tomaron datos de porcentaje de germinación a las 24 y 48 horas.

Si se obtiene más del 90% de germinación a las 48 Horas se considera viable el uso de esta simiente para el presente proyecto.

## **Construcción de las cámaras de Ionización**

Para la construcción de las 2 cámaras de Ionización se utilizaron los materiales antes mencionados. Llevando a cabo el siguiente proceso de construcción:

Se midió la circunferencia de la base y de la tapa del bote plástico con capacidad para 20L, se marcaron en las láminas dichas circunferencias para realizar el corte de la lamina, una vez cortada la lámina se revisó que las 2 placas circulares bajaran hasta el fondo de cada

uno de los botes respectivamente, rebajando las orillas con un esmeril para lograr que quedaran bien justas en la base y se pegaron con resistol 5000 por la parte interior de cada uno de los botes, las 2 placas superiores se cortaron de tal forma que pudieran bajar dentro del bote 20cm. por debajo de la tapa, se perforaron las laminas superiores haciendo tres orificios en línea con separación de 6cm entre ellos, los cuales también se hicieron en las tapas de los botes. Se corto la varilla de 3/16 en 4 partes de 25cm cada una (dos para cada bote); el tubo de cobre de 3/16 fue cortado en dos partes de 50cm c/u. se insertaron estos en las laminas, quedando el tubo al centro y a los costados de este la varilla de acero inoxidable, se fijaron las laminas a las varillas por medio de tuercas, una debajo de la lamina y otra por arriba quedando la lamina prensada por las mismas para que no tuviera juego. En la tapa del bote fueron incrustadas de igual forma pasando el tubo y la varilla por los tres orificios y fijadas las varillas con tuercas para poder regular la altura de las láminas superiores.

En la base de los botes se realizó una perforación para introducir un conector de banano hembra, soldando con cautín la lámina de la base de la cámara a dicho conector y sellando con silicón perfectamente para evitar fugas de agua. Se dejó secar el resistol 5000 de la base y el silicón por 24Hrs.

## **Densidad de siembra**

Se utilizó sólo una densidad de siembra para todo el proceso de producción de Forraje Verde Hidropónico, siendo de 1Kg de semilla seca por charola, en un total de 30 charolas de fibra de vidrio teniendo éstas como dimensiones 90cm de largo por 30cm de ancho,

con un área de 2700cm<sup>2</sup>. Previamente lavadas y desinfectadas con abundante cloro, y secadas al sol.

## **Lavado y desinfección de la semilla**

Se pesaron 10Kg de semilla de xTriticosecale Wittm., para cada tratamiento, esta se limpió previamente de paja, semillas quebradas y demás impurezas, se colocó la semilla en 2m<sup>2</sup> de tela conocida ordinariamente con el nombre de Tul, para facilitar el manejo de la misma a la hora de la desinfección. En el lavado y desinfección de la semilla se utilizó cloralex, a razón de 10ml de cloro por 1L de agua para guardar la proporción (Hipoclorito de Sodio al 1%), según lo que marca la literatura para este proceso. Se preparó un recipiente plástico con 10 litros de agua corriente para desechar semillas y demás materiales flotantes en el agua, acto seguido se introdujo la semilla, una vez retiradas las semillas que flotaron al igual que la paja y demás se saco, se tiró el agua, se volvió a llenar el recipiente de plástico con 10L de agua corriente, se agregó Cloralex al 1% (100ml) y se sumergió la semilla para la desinfección, permaneció ahí por 3 minutos y se sacó para enjuagarla con agua corriente.

Ya desinfectada la semilla se puso en imbibición por 24 horas para el tratamiento 1 (T<sub>1</sub>), 10Kg de semilla en 10L de agua corriente guardando la proporción recomendada por la FAO (2001) en su manual para FVH, 1Litro de agua por 1Kg de semilla. A las 12 Horas se le dio un oreo de 30 minutos y se cambió el agua para conservar la oxigenación de la semilla. Cuando el Testigo llevaba 16 horas de imbibición la semilla previamente lavada y desinfectada de los tratamientos 2 y 3 (T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>) se colocaron dentro de su respectiva

cámara de ionización con 10L de agua corriente cada una, se pusieron las tapas a las cámaras y se conectaron, un polo a la lámina superior y el polo restante a la lámina inferior de cada una de las cámaras con un regulador de voltaje (In 127V y Out 12V), se les administró oxígeno a las cámaras por medio de dos bombas para oxigenación de pecera. Recibieron 12V de corriente durante 8 horas que duro la imbibición para estos dos tratamientos.

Los tres tratamientos terminaron su proceso de imbibición a la misma hora ( $T_1$  con 24 horas de imbibición y  $T_2$  y  $T_3$  con tan solo 8 horas) la semilla fue colocada en las charolas con la densidad de siembra antes mencionada y estas fueron puestas en la estantería que ya estaba colocada en el invernadero.

## **Descripción de los tratamientos**

El presente estudio constó de 3 Tratamientos, con 10 repeticiones cada uno.

- ♣ El Tratamiento 1 ( $T_1$ ) fue puesto como el testigo, teniendo en su periodo de imbibición (24Hrs) solo agua sin aplicación de carga eléctrica, al colocar las charolas en el estante tipo panadería del invernadero los riegos fueron únicamente con agua corriente.
- ♣ El Tratamiento 2 ( $T_2$ ) tuvo un periodo de imbibición de sólo 8Hrs y fue aplicada carga eléctrica de 12 voltios durante este proceso, el riego para este tratamiento se realizó con agua corriente durante todo el experimento.

- ♣ El Tratamiento 3 (T<sub>3</sub>) tuvo un periodo de imbibición de 8Hrs y le fue aplicada carga eléctrica de 12 voltios durante dicho proceso, el riego se hizo con agua corriente durante los primeros cuatro días a partir de la siembra y a partir del día cinco se le aplicó en el riego ácido húmico a razón de 20ml por litro de agua en el primer y último riego del día.

**Cuadro 4. Tratamientos**

<b>Tratamiento</b>	<b>Electricidad en la imbibición</b>	<b>Riegos</b>
<b>Testigo (T<sub>1</sub>)</b>	<b>0</b>	<b>Sólo Agua</b>
<b>Tratamiento 2 (T<sub>2</sub>)</b>	<b>12v</b>	<b>Solo agua</b>
<b>Tratamiento 3(T<sub>3</sub>)</b>	<b>12v</b>	<b>Agua + Lombri Humus</b>

## **Riegos**

Para tener mejor disponibilidad de agua a la hora de los riegos se utilizaron garrafones de agua como contenedores con capacidad de 20L. de donde se llenaban los fumigadores y posteriormente se procedía a regar los germinados. El testigo y el T<sub>2</sub> fueron regados con agua corriente durante toda la producción. Para el T<sub>3</sub>, los primeros cuatro días sólo agua y a partir del día 5 se adicionaba al riego Lombri-Humus (producido en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) a razón de 20ml por litro de agua según la recomendación en la etiqueta para cereales por medio de riego asperjado.

7cm<sup>3</sup>-----10m<sup>2</sup>

X -----2.70m<sup>2</sup>

1.89 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> en 100ml.

Redondeando 2cm<sup>3</sup> por cada 100ml de agua (20ml por litro).

Haciendo la mezcla en el mismo fumigador auxiliándose de una probeta graduada.

**Cuadro 5. Composición del Ácido Húmico**

Elemento	Proporción
<b>Nitrógeno</b> (N, %)	0.65
<b>Fósforo</b> (P, %)	0.01
<b>Potasio</b> (K, %)	1.21
<b>Calcio</b> (Ca, %)	1.87
<b>Magnesio</b> (Mg, %)	1.06
<b>Sodio</b> (Na, %)	1.51
<b>Ácidos Húmicos</b> (%)	5.01
<b>Ácidos Fúlvicos</b> (%)	1.48
<b>Hierro</b> (Fe, Mg/Kg)	14
<b>Zinc</b> (Zn, Mg/Kg)	2.3
<b>Manganeso</b> (Mn, Mg/Kg)	3.1
<b>Cobre</b> (Cu, Mg/Kg)	3.1
<b>Boro</b> (B, Mg/Kg)	27
<b>Flora Microbiana Benéfica</b> (UFC/ml)	1.1 x 10 <sup>6</sup>

La aplicación de los riegos se realizó de forma manual utilizando dos fumigadores para jardín con capacidad para 5L y 3.8L respectivamente designando el de 3.8L para el T<sub>3</sub>

evitando así que el ácido húmico tuviera efectos en los otros dos tratamientos. La irrigación se proporciono a las 8, 12, 16 y 19 hrs, tomando un criterio de 3 a 4 horas en cada intervalo entre riegos durante los primeros cuatro días y gastando 20L de agua por día. A partir del día 5 la cantidad de agua aumento llegando a utilizar por día hasta 40L distribuidos en 3 riegos a las 8, 13 y 18hrs.

A partir del día 4 se presentó problema de hongos (Fusarium) en el cultivo, como el forraje no sería ofrecido como alimento a ninguna especie, se aplicó durante el riego de la mañana Tecto 60 cuyo ingrediente activo es el tiabendazol, junto con Manzate 200DF teniendo este como ingrediente activo mancozeb, mezclados a razón de 2 y 5gr./Lit. respectivamente. Ambos fungicidas agrícolas ligeramente tóxicos. Tuvieron que ser aplicados hasta finalizar el trabajo.

## **Proceso de producción**

Sé tomo el día de la imbibición como día cero, a partir de la siembra en las charolas se registra el día 1 de producción y así sucesivamente.

El día 3 por la tarde, en el ultimo riego, se comenzó a tomar con una báscula de reloj colgante el Peso Antes de Riego por la Tarde (PART) y una vez regado y que las charolas dejaran de escurrir agua se procedía a tomar el Peso Después de Riego por la Tarde (PDRT). Al día siguiente (día 4) se tomó el Peso Antes de Riego por la Mañana (PARM) habiendo regado y escurridas las charolas se registró el Peso Después de Riego por la Mañana (PDRM). Se repitió este proceso a partir del día tres hasta el día 12 de producción, registrando además Temperatura y Humedad Relativa (HR) del invernadero.

Esto para llevar un control del comportamiento de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones en cuanto a peso.

Para la variable altura, se designaron los días 7, 9, 10 y 12 para tomar los datos. Midiendo con una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice, con tres datos a criterio por charola (alta, media y baja).

## **Cosecha**

Esta se realizó el día 12, teniendo como base el Manual Para Producción de FVH de la FAO (2001), que nos indica el día 12 como el indicado para dicho proceso debido a que es cuando el forraje se encuentra con mayor contenido de proteína y es apto para el consumo de las diferentes especies de animales domésticos.

Se retiró el forraje de las charolas y se desechó, ya que con la aplicación de fungicidas para combatir el hongo no era apto para consumo de ninguna especie animal.

# RESULTADOS

## Prueba de germinación

Cuadro 6. Porcentaje de germinación del material genético.

Repetición	24Hrs.	48Hrs.
1	20	20
2	20	20
3	15	20
4	20	20
5	20	20
% Germinación	95%	100%

## Peso y altura promedio del FVH

Los resultados de cada uno de los tratamientos con sus 10 repeticiones del al día de la cosecha se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Peso y Altura total por tratamiento a la cosecha de el FVH.

Tratamiento	Peso Kg.	Altura Cm.
T <sub>1</sub> (testigo)	22.86	11.7
T <sub>2</sub>	39.47	17.7
T <sub>3</sub>	41.6	18.3

## Estadística descriptiva

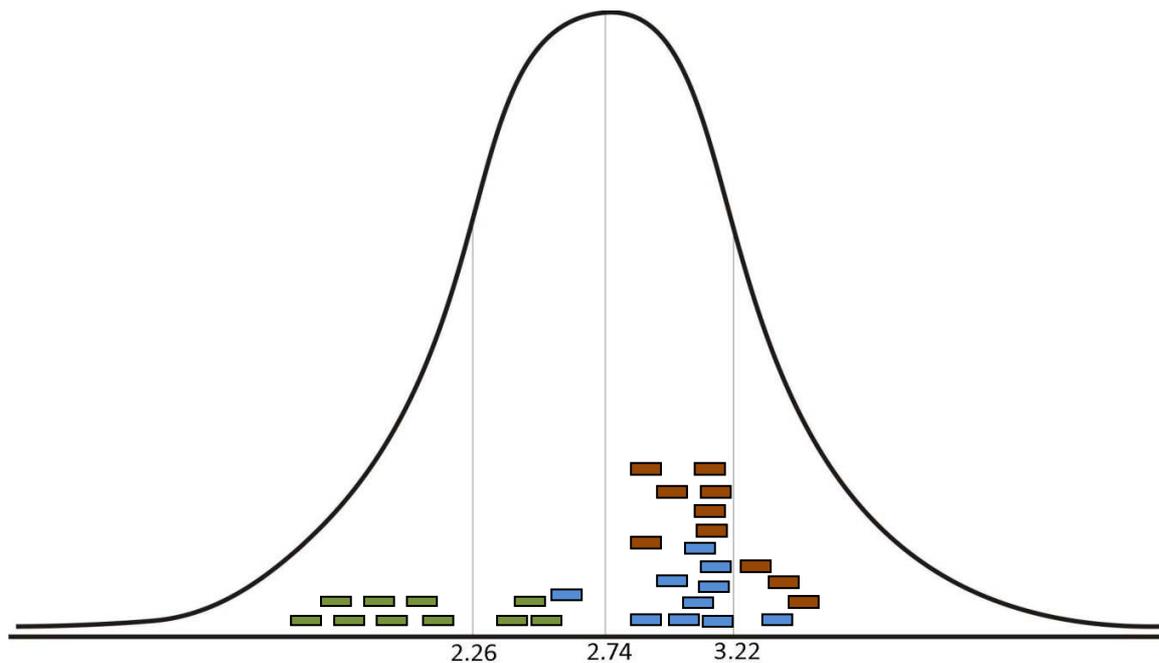
### Pesos de Forraje antes del riego por la mañana (PARM) y antes del riego por la tarde y (PART)

Para determinar estas variables se procedió a realizar un análisis estadístico de manera general de los tratamientos evaluando sus repeticiones, debido a la correlación existente entre PARM (Apéndice A-1) y PART (Apéndice A-2) se utilizaron estas dos variables para

analizar el comportamiento de los tratamientos, se tomó una media general de PARM con su respectiva STDE para realizar la figura N° 1.

Media= 2.74    STDE=0.48

PARM T<sub>1</sub>= ■ ■ ■



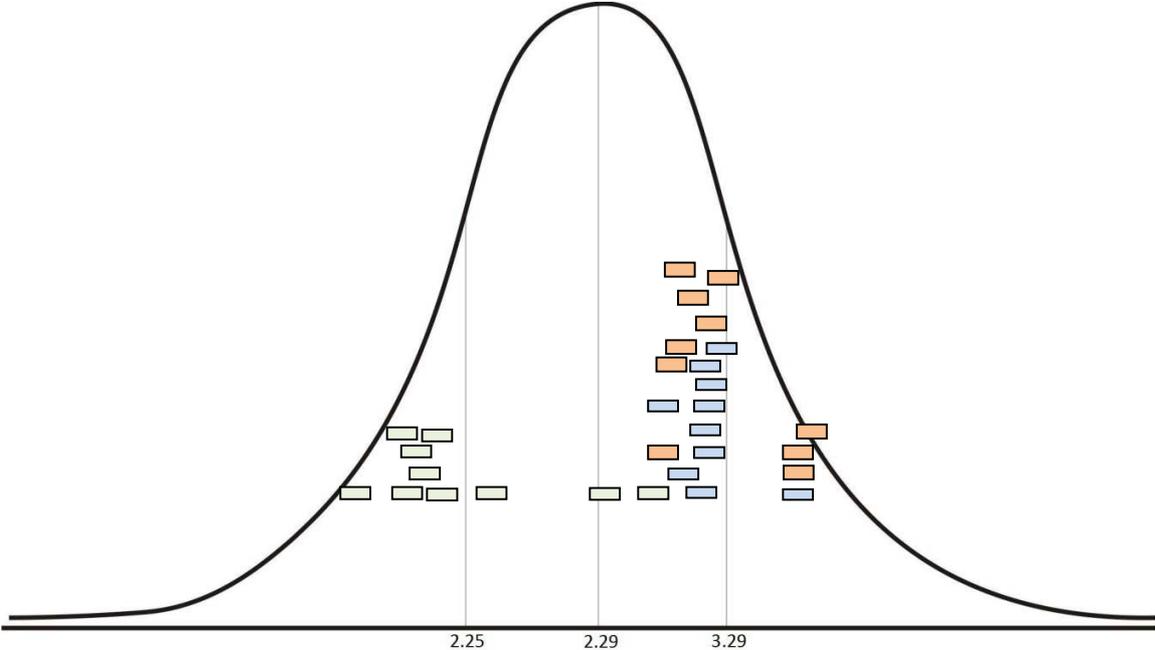
**Figura 1. Curva Global PARM**

Ubicando los valores del T<sub>1</sub> (verde) observamos que 7 de los valores se encuentran por debajo de la normalidad siendo tres los que se localizan dentro de la normalidad manteniéndose por debajo de la media, cabe destacar que este tratamiento fue considerado el testigo dentro de este trabajo, recordemos que tenía sólo riegos con agua corriente y nula aplicación de cargas eléctricas. En cuanto al T<sub>2</sub> (azul) se observa la ubicación de la mayor parte de los valores dentro de la normalidad, tan solo uno está bajo

la media, ocho por arriba de la misma de los cuales 5 están muy cerca de sobre pasar la normalidad mientras hay uno que sobrepasa la normalidad y nos indica que hay potencial para que con mejor manejo los demás se coloquen en su lugar, este tratamiento tuvo en su imbibición aplicación de carga eléctrica y en los riegos sólo agua corriente. El T<sub>3</sub> (marrón) nos percatamos de que 7 de los valores sobrepasan la media sin salirse de la normalidad, pero tienden a ubicarse muy separados de la media, los restantes 3 valores sobrepasan la normalidad siendo uno de estos es mayor al valor del T<sub>2</sub>. Este tratamiento tuvo carga eléctrica en su imbibición y aplicación de Ácido Húmico durante el riego del día 5 al día 10 de producción.

Analizando los datos de la variable PART (Apéndice A-2) encontramos lo siguiente:

Media= 2.77    STDE=0.52    PART T1= ■ T2= ■ ■  
T3=



## **Figura 2. Curva Global PART**

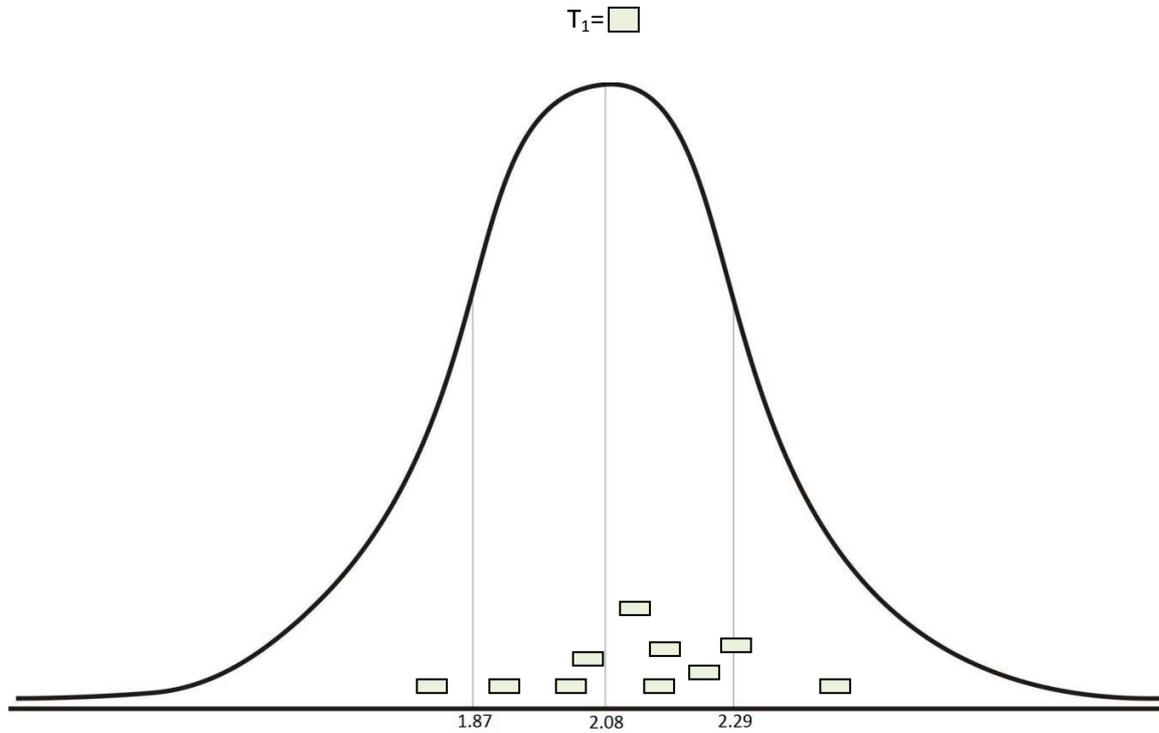
Al revisar la anterior figura correspondiente a PART (Apéndice A-2) encontramos el T1 (gris) ubicando 7 de sus valores por debajo de la normalidad, 3 de ellos dentro de la normalidad uno debajo de la media, uno exactamente en la media y otro que sobrepasa a esta, conservando la tendencia de los PARM antes descritos, y justificando este comportamiento al igual que en PARM. El T2 (azul) tiene un comportamiento muy similar al observado en PARM, observando sus valores en su mayoría dentro de la normalidad, tendiendo a separarse de la media hacia la derecha, logrando tener un dato sobrepasando la normalidad indicando nuevamente la posibilidad de colocar sobre la normalidad a los demás datos mejorando el manejo o el sistema de producción. En cuanto al T3 (anaranjado) los datos se encuentran ubicados agrupados por arriba de la media, tres sobrepasan la normalidad y uno nos indica que estuvo a punto de salir de la normalidad.

La diferencia de los comportamientos de PARM y PART es mínima, debido a que existe una correlación entre estas variables. Y en forma global nos indican que hay evidencia para creer que se puede mejorar el proceso de producción para lograr mejores resultados.

Para continuar el análisis por separado de los tratamientos utilizaremos la variable PART, por ser la cual se tienen mayor número de datos y haber sido el último peso de los tratamientos tomado en el presente estudio.

### ***T<sub>1</sub> PART***

Media= 2.08    STDE=0.21

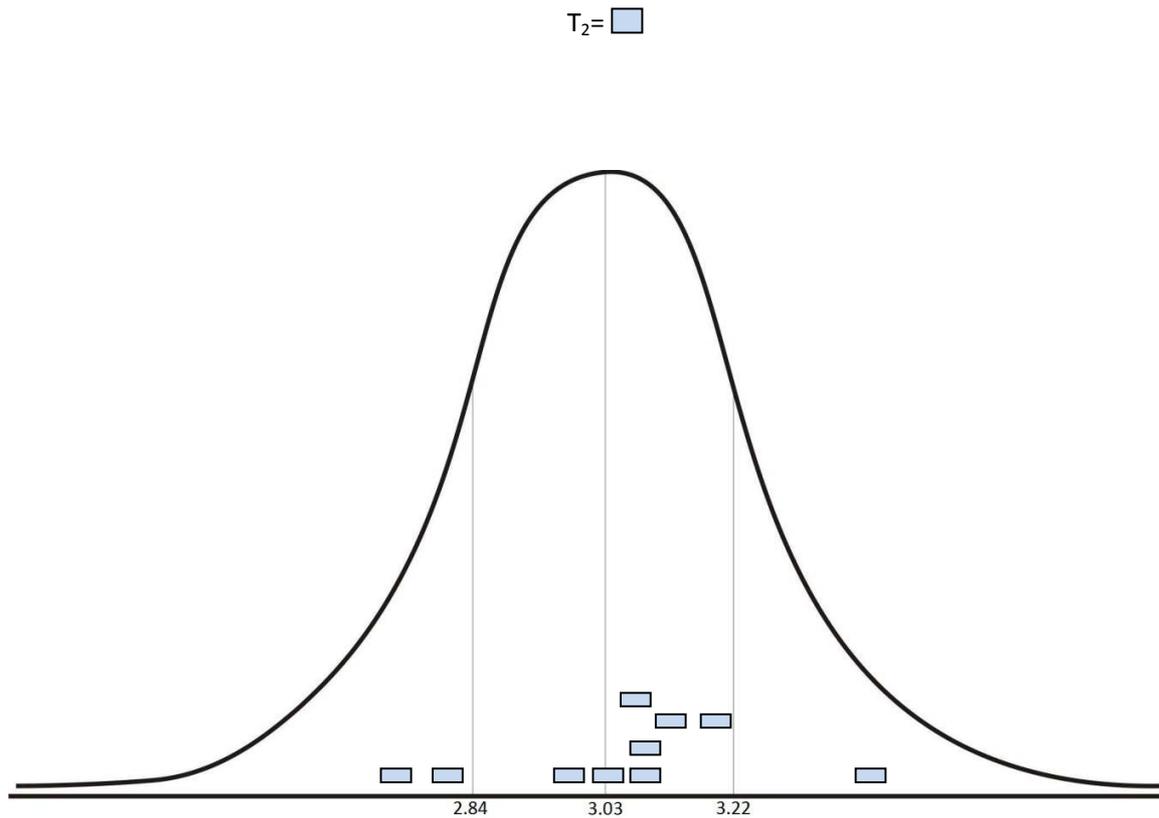


**Figura 3. Curva Tratamiento 1**

El tratamiento con menos peso (Apéndice A-2), en cuyo comportamiento podemos observar un dato por debajo de la normalidad, 7 dentro de la normalidad de los cuales 3 están bajo la media, 5 sobre la media uno de ellos a punto de sobrepasar la normalidad y uno sobrepasando la normalidad. Fue el tratamiento testigo, manteniendo un peso bajo a la cosecha. La dispersión de los datos nos indica que no hay uniformidad y una posible tendencia a superar la normalidad.

***T<sub>2</sub> PART***

Media= 3.03 STDE=0.19



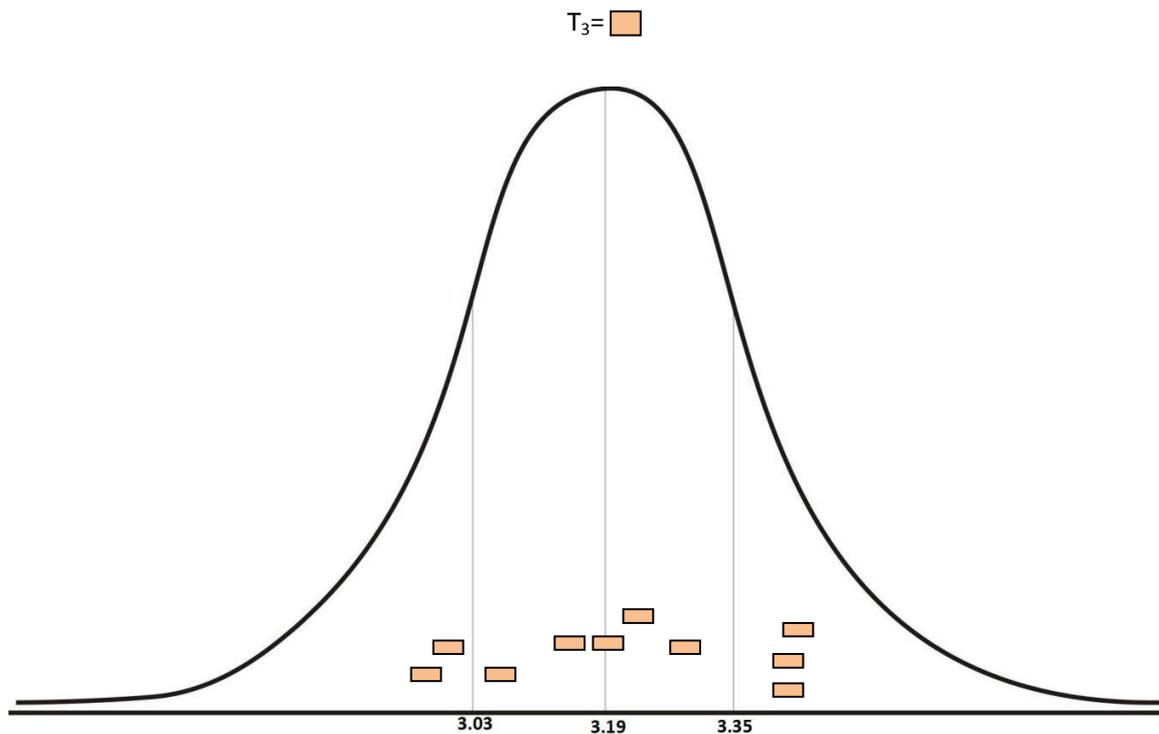
**Figura 4. Curva Tratamiento 2**

El T<sub>2</sub> respecto al análisis estadístico de pesos antes de riego por la tarde (Apéndice A-2). Este tratamiento ubica sus valores en mayoría dentro de la normalidad, con un valor en la media manteniendo uno poco por debajo de la media, dejando dos valores por debajo de la normalidad y uno superando la normalidad. Los pesos que registra este tratamiento son

mayores al  $T_1$ . Este tratamiento a diferencia del  $T_1$  mantiene sus datos agrupados arriba de la media manifestando menos dispersión y tendiendo a poder salir de la normalidad. Y dejando la posibilidad de mejorar la producción con un mejor manejo ya que presenta un valor por encima de la normalidad.

### ***T<sub>3</sub> PART***

Media= 3.19    STDE=0.16



**Figura 5. Curva Tratamiento 3**

La colocación de los datos que podemos visualizar en el  $T_3$  nos indica un tratamiento con gran potencial para superar la normalidad, con pesos mayores al  $T_1$  y un poco superiores

al T2, debido a que se le diferencia del anterior solo por la aplicación de ácido húmico. Cinco datos están dentro de la normalidad, uno en la media dos sobre esta y dos por debajo de la misma, sólo dos datos están por debajo de la normalidad y tres superan la normalidad. También este tratamiento nos deja las suficientes evidencias para creer que se puede mejorar y superar los datos obtenidos (Apéndice A-2).

## **T-Test**

### **Comparación entre tratamientos**

Se encontró en PARM (Apéndice B-1) que el T<sub>2</sub> es mayor a T<sub>1</sub> (testigo) cabiendo este último 1.3 veces en T<sub>2</sub> y se rechaza la posibilidad de que sean iguales. Al comparar al T<sub>1</sub> con T<sub>3</sub> encontramos una superioridad de T<sub>3</sub> cabiendo T<sub>1</sub> 1.4 veces dentro del tratamiento tres, rechazándose la posibilidad nuevamente de que sean iguales. T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> tuvieron similitud y se acepto la igualdad entre estos dos tratamientos.

Para PART (Apéndice B-2) se realizaron las mismas comparaciones arrojando los siguientes resultados:

T<sub>1</sub> menor que T<sub>2</sub>, se rechaza la posibilidad de igualdad entre estos tratamientos, el T<sub>1</sub> cabe 1.4 veces dentro del T<sub>2</sub>. El T<sub>3</sub> en referencia al T<sub>1</sub> se encuentra nuevamente mayor el T<sub>3</sub>, rechazándose la igualdad entre estos dos tratamientos, el T<sub>1</sub> cabe 1,5 veces dentro del T<sub>3</sub>. Finalizando la comparación de esta variable el T<sub>3</sub> con el T<sub>2</sub> se encuentra igualdad entre dichos tratamientos.

Al correr la prueba con la variable altura (Apéndice B-3), se encontró que  $T_1$  es menor que  $T_2$ , cabiendo 1.4 veces el testigo en el  $T_2$ , rechazando la posibilidad de igualdad.  $T_3$  mayor que  $T_1$ , cabiendo el testigo 1.5 veces en el  $T_3$ . El  $T_2$  y  $T_3$  conservan su igualdad señalada al correr las variables PARM y PART, cabiendo una vez el  $T_2$  en el  $T_3$ .

En las tres pruebas con las diferentes variables analizadas encontramos que los tratamientos 2 y 3 superan siempre al testigo en peso y altura, manifestando una diferencia de 0.1 en cuanto a la las veces que cabe el testigo en los dos tratamientos. El  $T_2$  y  $T_3$  estadísticamente son iguales y no tienen diferencias significativas. Esto nos indica que la aplicación de cargas eléctricas en la imbibición de la semilla para FVH aparentemente puede sustituir la fertilización ya que el tratamiento tres tenía carga eléctrica en la imbibición además fertilización con ácido húmico del día cinco al día 10, mientras que el  $T_2$  genera iguales resultados con aplicación de carga eléctrica en la imbibición y riego absolutamente con agua corriente durante todo el proceso.

## Correlación

### Matriz de correlación

Cuadro 8. Matriz de correlación.

	PARM	PDRM	PART
PARM			
PDRM	0.554828		
PART	0.957347	0.523891	
PDRT	0.946907	0.504062	0.979356

Revisando la matriz de correlación identificamos:

La variable PARM se correlaciona positivamente con la variable PART en un 95.7%, y con PDRT tiene correlación positiva de un 94.6%. PDRT guarda una correlación con PART en un 97.93%. La correlación que guardan las variables anteriores de acuerdo a que "r" es mayor a .9 y menor a 1.0 se considera excelente. Mientras la correlación es buena entre PDRM con PART y PDRT así como PARM con PDRM, ya que "r" es mayor a 0.5 pero menor a 0.8.

La correlación entre PARM y PART se debe al aumento significativo de peso que tienen los tratamientos, es decir al ser pesados por la mañana PARM registra el peso generado por el crecimiento de la planta en la tarde y noche, mientras que PART el peso generado por el crecimiento durante el día, así como el aumento de peso por riego, que al ser constante la cantidad de agua administrada el aumento de peso por riego es muy similar. Así mismo la correlación de PARM con PDRT, se manifiestan alzas de peso similares ya que la planta ha sido regada durante el día y el último riego por la tarde no hace variar en forma significativa el peso de las charolas de los diferentes tratamientos. PARM, PDRM, PART y PDRT mantienen tan solo una buena correlación ya que al permanecer la planta por más de 12 horas sin riego el peso baja y al hacer el riego de la mañana eleva el peso considerablemente por la retención de agua en la charola; el crecimiento de la planta durante el día dispara el peso que hace que PART y PDRT estén en el mismo tenor que PDRM.

## DISCUSIÓN

Poniendo como referencia los resultados obtenidos de las variables antes analizadas, podemos darnos cuenta que el T<sub>1</sub> siendo el testigo manifestó menor peso al igual que una menor altura por debajo de los otros dos tratamientos (T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>).

Camacho (2005), en su trabajo sobre aplicación de caldos nutritivos por medio de diluciones homeopáticas inocuas para el hombre y los animales, usando 4 tratamientos, siendo tres los sometidos a fertilización y uno con riego de solo agua utilizando la variedad de Triticale ERONGA 83, ocupando las mismas instalaciones que se utilizaron para el presente estudio, reporta para su tratamiento más bajo en peso una conversión de 1Kg de SS a 2.2Kg de FV, en su tratamiento más alto en peso la conversión fue de 1Kg de SS a 3.14Kg de FV con quince días de producción, en altura de la planta registra su tratamiento más bajo con 6.7cm y más alto con 11.9 al día 12, para el día doce, el día de la cosecha (Día 15) los tratamientos correspondientes a las alturas anteriores alcanzan 9.5cm y 14.8cm respectivamente siendo el de menor y mayor altura, respectivamente .

Estrada (2006), quien trabajó con la misma especie, pero de la variedad ERONGA 83, indica que tres de sus cuatro tratamientos fueron sometidos a riego con fertilización en diferentes potencias de diluciones homeopáticas y con diferentes productos orgánicos, explica que las concentraciones mínimas de nutrientes ofrecidas al FVH mediante el riego generan iguales y mejores resultados a bajo costo que la fertilización con soluciones encontradas en el mercado para aplicar al FVH, su tratamiento más bajo en peso registro una conversión de 1Kg SS a 2.4Kg de FV y el de mejor conversión fue de 1Kg SS a 3.2Kg de

FV cosechando al día 15, cabe destacar que manejó un periodo de remojo de la semilla de 24 horas.

La conversión de SS a FV en el presente estudio utilizando Triticale variedad 125A es de 1Kg de SS a 2.28Kg para el testigo ( $T_1$ ), 1Kg de SS a 3.94 para el  $T_2$  y de 1Kg de SS a 4.16Kg de FV en el  $T_3$  al día 12 que fue la cosecha, siendo prácticamente igual el resultado del peso más bajo y superando en alrededor de 1Kg de FV a Camacho (2005) y Estrada (2006) en el peso del tratamiento más alto. Cabe la posibilidad de que la variedad haya influido notoriamente en la superación de los resultados obtenidos por los autores antes mencionados, las instalaciones fueron las mismas utilizadas por ellos y el proceso de producción del presente fue muy parecido al utilizado por dichos autores, aunque la reducción al periodo de imbibición que ellos manejaron se dio en manera significativa, empleando para este proceso 8 horas contra 24 horas que ellos emplearon.

Como se especifica Martínez (2009), existen antecedentes de que la aplicación de cargas eléctricas a la semilla (ionización de la semilla), adelanta la germinación, ayuda a que la futura planta tenga mayor capacidad de asimilación de nutrientes y aumenta la precocidad de la misma. El autor nos indica un adelanto en la germinación de semillas de tomate, reduciendo el tiempo de germinación y la precocidad de la planta después de ser tratada la semilla con cargas eléctricas y electroimanes, dándole mayor capacidad de asimilar los nutrientes disponibles. La similitud con este autor se encuentra en la reducción del periodo de imbibición. El  $T_1$  tuvo diferencia significativa con el  $T_2$ , ya que aunque los dos fueron regados únicamente con agua se intuye que el  $T_2$  al ser ionizada la

semilla tenía más capacidad de absorber nutrientes disponibles en el agua corriente. La paridad que existe en el T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> es mínima, estadísticamente se reportan iguales los dos tratamientos, el T<sub>3</sub> tuvo fertilización en los riegos, se suponía que con la ionización de la semilla tendría diferencia significativa con el testigo y con el T<sub>2</sub>, lo logró con el testigo pero no así con el T<sub>2</sub>. Se asume entonces que el T<sub>2</sub> pudo asimilar los nutrientes mínimos aportados por el agua de riego con más facilidad que el testigo debido a la ionización de la semilla, concordando con Estrada (2006) quien menciona que se puede producir con una mínima concentración de nutrientes.

Guzmán (2006), realizando estudios sobre la influencia del sombreado en la producción de FVH con Triticale en dos invernaderos con piso de concreto uno con malla sombra y el otro sin malla, los dos con riego tecnificado manejando una densidad de siembra de 300, 500 y 600gr por charola, logra un promedio de 4.7Kg en la densidad de siembra de 600gr. Encontrando mayor altura en las plantas para las cuales utilizó malla sombra. No menciona la variedad de Triticale utilizada en su estudio, pero fue obtenido también en la UAAAN campus saltillo, por lo cual se asume sea de las variedades manejadas con mayor frecuencia por la UAAAN. El presente trabajo se encuentra en cuanto a peso de FV por debajo del realizado por Guzmán intuyendo mejor manejo y eficiencia en los riegos por haberse realizado en un invernadero especialmente para FVH, pero concuerda con el anterior citado debido a que en este se obtuvieron también mayores alturas en los tratamientos 2 y 3 sometidos a sombra por el acomodo en el estante, quedando estos en nivel medio e inferior respectivamente mientras el testigo ocupó la parte superior del estante.

Andrade (2005), evaluando el efecto de la densidad de siembra para Triticale, en invernadero de las mismas condiciones que el utilizado en el presente estudio, con Triticale variedad AN67-68 obtiene una conversión de 1Kg SS a 6.6Kg de FV con densidad de siembra de 1.5Kg en charolas idénticas a las utilizadas en el presente trabajo. Él utiliza también en el periodo de imbibición estimulante de origen natural para el tratamiento de la semilla (Biozyme PP, Polvo Plus) el cual manifiesta funcionó de manera positiva en su trabajo. Andrade supera a lo obtenido en el presente estudio en conversión de SS a FV, siendo en este como ya se había mencionado el resultado más óptimo en conversión de 1Kg SS a 3.94Kg FV. Diferenciando en que el nuevamente utiliza remojo de 24 horas, siendo en el presente trabajo de 8hrs gracias a la aplicación de cargas eléctricas benéficas para la germinación de la semilla. Otro de los factores que influye de manera significativa en los datos obtenidos por el autor antes mencionado es la densidad de siembra, ya que manejó 1.5Kg SS por charola, manifestando que en su estudio identifica esta densidad como la óptima para el cultivo de FVH en las charolas de fibra de vidrio de 30x90cm. Se intuye que habiendo manejado una densidad de siembra en el presente estudio de 1.5Kg en lugar de 1Kg por charola se hubieran obtenido mejores resultados.

Varios son los factores que pudieron influir en los resultados, primero es que el estante donde se pusieron las charolas era de tres niveles, el T<sub>3</sub> estaba en el nivel inferior a unos 40cm del suelo, recibía menos luz que el testigo puesto en el nivel superior y el T<sub>2</sub> en el nivel medio, la temperatura variaba también, recibiendo este una corriente de aire más frío que en los otros niveles. Otro factor fue la aparición de hongo en el cultivo, que aunque se trato de controlar estuvo presente desde el día 4 hasta la cosecha el día 12, se

combatió con fungicidas (Manzate y Tecto) ya que el FV cosechado no sería usado como alimento.

Sin embargo, se corrobora que **se reduce de 24 a tan solo 8 horas la imbibición de semilla de xTriticosecale Wittm.** para FVH por un método práctico y a un costo bajo. Obteniendo resultados aceptables y un tanto superiores a trabajos anteriores con la misma especie e igual proceso de producción.

Proponiendo estudios posteriores con diferentes especies y diversos niveles de carga eléctrica en la imbibición, con mayor tecnificación en la producción y diferentes niveles de siembra para evaluar altura, peso FV y sería interesante ver los resultados a nivel nutricional con la aplicación de cargas eléctricas.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este experimento se llegó a las siguientes conclusiones:

- ♠ Es viable la aplicación de cargas eléctricas (Ionización) en la imbibición de la semilla para producir FVH, reduciendo en  $\times$ Triticosecale Wittm. este periodo de 24hrs a tan solo 8hrs.
- ♠ La semilla Ionizada en la Imbibición ( $T_2$ ) presentó mayor capacidad para absorber del agua sin fertilizante los nutrientes que en ella se contenían.
- ♠ La semilla tratada con cargas eléctricas durante su imbibición y aplicando fertilización con el ácido húmico de lombriz roja californiana ( $T_3$ ) no tubo diferencia significativa con el  $T_2$  que no contenía fertilización, por lo tanto se asume que las cargas eléctricas llegan a suplir la fertilización.
- ♠ La nueva propuesta que hace este estudio **NO** genera costos excesivos de producción.
- ♠ Hay que tener especial cuidado en la desinfección de la semilla y sobre todo procurar que el lugar destinado para la producción de FVH tenga piso de concreto y el área de producción sea desinfectada perfectamente.
- ♠ Es necesario probar esta técnica (ionización) en diferentes especies destinadas a la producción de FVH con diferentes niveles de voltaje.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, C. A. 2005. Efectos de la Densidad de Siembra en la Producción de Forraje Verde Hidropónico en Cebada, Trigo y Triticale. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Arán, M. 2003. El Cultivo de la Alfalfa: Aspectos Ambientales. Jóvenes Agricultores de Aragón. España.
- Camacho, M.F. 2005. Evaluación de Mezclas de Solución Nutritiva (Soluciones nutritivas orgánicas) En la Producción de Forraje Verde Hidropónico (*X triticosecale W.*). Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Cruz, C. S. 2009. Triticale, una alternativa real de producción forrajera de calidad en el ciclo otoño – invierno. Consultor Privado “Campo y Ganado Asistencia Especializada”. Xalapa, Veracruz, México.
- Cuervo, P. E. 2004. Evaluación de Producción y Calidad de Forraje Verde Hidropónico en Maíz, Cebada, y Trigo Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. Méx.
- Estrada, V. A. 2006. Evaluación de Mezclas de Solución Nutritiva (Soluciones nutritivas orgánicas) En la Producción de Forraje Verde Hidropónico (*X triticosecale Wittmack*). Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- FAO. 2001. Forraje Verde Hidropónico. Manual Técnico I Parte. Mejoramiento de la Disponibilidad de Alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Gilsanz, C. J. 2007. Hidroponía. INIA. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología. Montevideo – Uruguay.
- Gorria, H. 1908. Aplicaciones de la Electricidad a la Agricultura. Revista de obras públicas. Madrid, Esp. Tomo I (1724):484-488

- Guzmán, D. G. A. 2004. Hidroponía en casa: una actividad familiar. MAG. San José, C. R.
- Guzmán, R. Y. 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 Condiciones de Luz. Tesis. Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- López, A. R., M. A. Bernardo, R. Q. Guadalupe. 2009. El Forraje verde hidropónico: una alternativa de producción de alimento para el ganado en las zonas áridas. *Interciencia. Méx.* 34:121
- Martínez, E. M. V., Carbonell, M. Flórez, J. M. Amaya, R. Maqueda. 2009. Germination Of Tomato Seeds (*Lycopersicon Esculentum* L.) Under Magnetic Field. *International Agrophysics.* 23 (1): 45-49
- Méndez, V. J. A. 1984. Aplicación de la Estadística y la Física en el Estudio de varios efectos de la Energía Eléctrica Sobre el Medio Hidropónico y Desarrollo del Maíz. Tesis. Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Samperio, R. G. 1997. Hidroponía Básica. Editorial Diana. S. A. de C. México D. F. pp. 32-36.
- Sánchez, A. 2000. Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 7. Lima, Perú.
- Tarrillo, O. H. 1999. Utilización de FVH, en Terneros en Lactación. Tesis. UALM-UTC. Lima, Perú.
- Valdivia B. E. 1997. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Conferencia Internacional en Hidroponía Comercial. Del 6 al 8 de Agosto de 1997. UNA La Molina. Lima, Perú.

## SITIOS WEB

Cruz, 2009:<http://www.proferfol.com/pdf/acidos%20humicos.pdf>

INIA: [http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad\\_509.pdf](http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/ad/ad_509.pdf))

SAGARPA: <http://www.sagarpa.gob.mx/v1/desarrollorural/publicaciones/fichas/listafichas/T-10--1.pdf>

## Apéndice A

**A1-Tabla de Estadística Descriptiva Variable PARM (D' Agostino Omnibus)**

T <sub>1</sub>											
Repetición	Count	Media	STDE	Min	Max	Rango	Mediana	Moda	C. Var.	C. Disp.	Ok
1	9	1.67	0.19	1.24	1.86	0.62	1.74	1.79	0.11	0.18	R
2	9	1.91	0.23	1.4	2.1	0.7	2	-	0.12	7.36	R
3	9	2.16	0.17	1.85	2.35	0.5	2.2	2.2	0.11	5.93	A
4	9	2.45	0.3	1.82	2.87	1.05	2.47	2.37	0.12	8.64	A
5	9	2.32	0.25	1.8	2.65	0.85	2.4	2.4	0.11	7	A
6	9	2.11	0.26	1.7	2.45	0.75	2.12	-	0.12	9.41	A
7	9	2.01	0.31	1.5	2.45	0.95	2	2	0.15	0.11	A
8	9	2.11	0.18	1.8	2.35	0.55	2.15	-	8.87	5.68	A
9	9	2.35	0.23	1.87	2.62	0.75	2.37	2.37	0.1	6.66	A
10	9	2.16	0.28	1.57	2.45	0.87	2.22	2.22	0.13	8.36	A
T <sub>2</sub>											
Repetición	Count	Media	STDE	Min	Max	Rango	Mediana	Moda	C. Var.	C. Disp.	Ok
1	9	2.82	0.69	1.65	3.67	2.02	2.9	-	0.24	0.18	A
2	9	3.35	0.89	1.9	4.52	2.62	3.37	-	0.26	0.21	A
3	9	2.91	0.77	1.8	4	2.2	2.9	-	0.26	0.21	A
4	9	2.99	0.71	1.9	4	2.1	2.97	-	0.24	0.19	A
5	9	3	0.72	1.85	3.97	2.12	3.05	-	0.23	0.18	A
6	9	3.04	0.71	1.95	4.02	2.07	2.97	-	0.23	0.19	A
7	9	2.86	0.7	1.95	3.97	2.02	2.85	-	0.24	0.19	A
8	9	3.03	0.76	1.85	4.12	2.27	2.9	-	0.25	0.2	A
9	9	3.18	0.75	1.95	4.22	2.27	3.2	-	0.23	0.18	A
10	9	2.65	0.66	1.6	3.55	1.95	2.7	-	0.24	0.19	A
T <sub>3</sub>											
Repetición	Count	Media	STDE	Min	Max	Rango	Mediana	Moda	C. Var.	C. Disp.	Ok
1	9	3.4	0.86	1.9	4.47	2.57	3.6	-	0.25	0.18	A
2	9	3.36	0.83	1.95	4.42	2.47	3.42	-	0.24	0.19	A
3	9	3.28	0.87	1.85	4.55	2.7	3.2	-	0.26	0.21	A
4	9	3.13	0.78	1.85	4.22	2.37	3.1	-	0.25	0.19	A
5	9	3.1	0.79	1.82	4.22	2.4	3.1	-	0.25	0.2	A
6	9	3.15	0.82	1.65	4.25	2.6	3.22	-	0.26	0.19	A
7	9	2.76	0.75	1.55	3.82	2.27	2.75	-	0.27	0.21	A
8	9	3	0.71	1.85	4.07	2.22	3.02	-	0.23	0.17	A
9	9	3.15	0.74	1.95	4.2	2.25	3.17	-	0.23	0.18	A
10	9	2.98	0.7	1.9	3.95	2.05	3.1	-	0.23	0.18	A

## A2-Tabla de Estadística Descriptiva Variable PART (D' Agostino Omnibus)

T <sub>1</sub>											
Repetición	Count	Media	STDE	Min	Max	Rango	Mediana	Moda	C. Var.	C. Disp.	Ok
1	10	1.63	0.18	1.24	1.84	0.6	1.67	1.69	0.11	7.15	A
2	10	1.89	0.24	1.4	2.12	0.72	1.98	2	0.13	8.05	A
3	10	2.12	0.14	1.85	2.3	0.45	2.15	-	7.01	4.75	A
4	10	2.39	0.27	1.82	2.7	0.87	2.42	2.42	0.11	7.31	A
5	10	2.27	0.21	1.8	2.5	0.7	2.32	-	9.56	6.25	A
6	10	2.13	0.29	1.72	2.77	1.05	2.18	-	0.13	0.1	A
7	10	1.99	0.31	1.32	2.35	1.02	2.06	-	0.15	0.1	A
8	10	2.06	0.16	1.8	2.22	0.42	2.13	2.15	7.75	5.26	A
9	10	2.29	0.2	1.87	2.47	0.6	2.37	2.37	8.9	5.36	A
10	10	2.09	0.35	1.4	2.35	0.95	2.22	2.22	0.17	9.43	R
T <sub>2</sub>											
Repetición	Count	Media	STDE	Min	Max	Rango	Mediana	Moda	C. Var.	C. Disp.	Ok
1	10	2.82	0.65	1.65	3.5	1.85	2.98	3.17	0.25	0.17	A
2	10	3.37	0.86	1.9	4.4	2.5	3.45	-	0.25	0.2	A
3	10	2.94	0.74	1.8	3.95	2.15	3.01	-	0.25	0.2	A
4	10	3.03	0.69	1.95	3.95	2	3.11	-	0.22	0.18	A
5	10	3.06	0.69	1.9	3.95	2.05	3.06	-	0.22	0.17	A
6	10	3.06	0.7	1.95	3.9	1.95	3.12	2.95	0.22	0.18	A
7	10	3.11	0.75	1.95	4.1	2.15	3.17	2.95	0.24	0.19	A
8	10	3.08	0.75	1.85	4.1	2.25	3.12	2.85	0.24	0.2	A
9	10	3.2	0.75	1.9	4.17	2.27	3.35	-	0.23	0.18	A
10	10	2.66	0.63	1.6	3.45	1.85	2.66	-	0.23	0.18	A
T <sub>3</sub>											
Repetición	Count	Media	STDE	Min	Max	Rango	Mediana	Moda	C. Var.	C. Disp.	Ok
1	10	3.37	0.9	1.8	4.35	2.55	3.61	-	0.26	0.19	A
2	10	3.37	0.86	2	4.35	2.35	3.53	-	0.25	0.19	A
3	10	3.38	0.85	1.95	4.52	2.57	3.42	3.2	0.25	0.2	A
4	10	3.19	0.79	1.9	4.17	2.27	3.31	-	0.24	0.19	A
5	10	3.17	0.75	1.92	4.12	2.2	3.28	-	0.23	0.18	A
6	10	3.21	0.8	1.85	4.25	2.4	3.32	-	0.25	0.19	A
7	10	2.84	0.73	1.6	3.8	2.2	2.88	-	0.25	0.2	A
8	10	3.1	0.72	1.95	4.07	2.12	3.18	-	0.23	0.18	A
9	10	3.22	0.69	2	4.1	2.1	3.35	3.55	0.21	0.17	A
10	10	3.06	0.69	1.95	3.85	1.9	3.21	-	0.2	0.16	A

## Apéndice B

### B-1 Comparación entre tratamientos variable PARM (T-Test)

PARM					
Tratamiento	Count	Media	STDE	Probabilidad	Decisión
T <sub>1</sub>	90	2.13	0.31	0.000000	R
T <sub>2</sub>	90	2.98	0.72		
T <sub>1</sub>	90	2.13	0.31	0.000000	R
T <sub>3</sub>	90	3.13	0.77		
T <sub>2</sub>	90	2.98	0.72	0.098188	A
T <sub>3</sub>	90	3.13	0.77		

### B-2 Comparación entre tratamientos variable PART (T-Test)

PART					
Tratamiento	Count	Media	STDE	Probabilidad	Decisión
T <sub>1</sub>	100	2.09	0.31	0.000000	R
T <sub>2</sub>	100	3.03	0.71		
T <sub>1</sub>	100	2.09	0.31	0.000000	R
T <sub>3</sub>	100	3.19	0.76		
T <sub>2</sub>	100	3.03	0.71	0.067199	A
T <sub>3</sub>	100	3.19	0.76		

### B-3 Comparación entre tratamientos variable Altura (T-Test)

ALTURA					
Tratamiento	Count	Media	STDE	Probabilidad	Decisión
T <sub>1</sub>	40	8.6	0.31	0.000002	R
T <sub>2</sub>	40	12.54	0.72		
T <sub>1</sub>	40	8.6	0.31	0.000000	R
T <sub>3</sub>	40	13.02	0.77		
T <sub>2</sub>	40	12.54	0.72	0.307566	A
T <sub>3</sub>	40	13.02	0.77		

## Apéndice C

### C-1 Datos obtenidos en campo T1

Rep.	Pesos Tratamiento 1							
	Día 3 Tarde		Día 4 Mañana		Día 4 Tarde			
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	1.24	1.39	1.24	1.39	1.39	1.565		
2	1.4	1.5	1.4	1.5	1.5	1.75		
3	1.85	1.9	1.85	1.9	1.9	2.05		
4	1.825	1.95	1.825	1.975	2.025	2.225		
5	1.8	1.85	1.8	1.9	2	2.1		
6	1.725	1.775	1.7	1.775	2.775	2.825		
7	1.325	1.575	1.5	1.6	1.65	1.65		
8	1.8	1.85	1.8	1.9	1.8	1.9		
9	1.875	1.975	1.875	1.975	1.975	2.175		
10	1.45	1.675	1.575	1.725	1.4	1.925		
	Día 5 Mañana		Día 5 tarde		Día 6 Mañana		Día 6 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	1.49	1.74	1.615	1.84	1.79	1.94	1.79	1.84
2	1.65	1.925	1.825	2.05	2	2.175	2.05	2.075
3	1.95	2.225	2.1	2.3	2.25	2.375	2.2	2.225
4	2.175	2.425	2.425	2.65	2.575	2.775	2.425	2.475
5	2.05	2.275	2.25	2.475	2.4	2.6	2.3	2.4
6	1.75	1.975	1.875	2.15	2.075	2.275	1.875	3.125
7	1.6	1.85	1.8	2.1	1.95	2.15	2.025	2.15
8	1.825	2.05	1.95	2.25	2.175	2.35	2.15	2.2
9	2.075	2.325	2.325	2.575	2.475	2.625	2.375	2.475
10	1.85	2.075	2.1	2.325	2.225	2.4	2.225	2.3
	Día 7 Mañana		Día 7 Tarde		Día 8 Mañana		Día 8 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	1.715	1.84	1.69	1.765	1.74	1.94	1.84	2.015
2	1.95	2.1	2	2.05	2.05	2.2	2.125	2.275
3	2.05	2.2	2.125	2.25	2.2	2.45	2.3	2.5
4	2.375	2.425	2.375	2.525	2.475	2.825	2.7	2.8
5	2.3	2.4	2.3	2.375	2.4	2.55	2.45	2.6
6	2.05	2.15	2.075	2.225	2.125	2.375	2.3	2.45
7	2	2.125	2.05	2.1	2	2.275	2.225	2.35
8	2.15	2.2	2.15	2.175	2.125	2.3	2.225	2.35
9	2.375	2.425	2.375	2.425	2.35	2.525	2.45	2.6
10	2.2	2.275	2.225	2.275	2.175	2.425	2.35	2.45

	Día 9 Mañana		Día 9 Tarde		Día 10 Mañana		Día 10 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	1.79	1.99	1.665	1.74	1.665	1.89	1.64	1.94
2	2.05	2.3	1.975	2.05	1.975	2.05	2.075	2.15
3	2.3	2.5	2.2	2.3	2.2	2.35	2.15	2.375
4	2.575	2.925	2.5	2.575	2.45	2.725	2.425	2.85
5	2.4	2.625	2.35	2.4	2.35	2.65	2.35	2.7
6	2.3	2.525	2.25	2.275	2.225	2.35	2.125	2.475
7	2.175	2.55	2.175	2.225	2.15	2.3	2.075	2.425
8	2.175	2.425	2.125	2.2	2.15	2.325	2.1	2.4
9	2.425	2.775	2.4	2.45	2.375	2.55	2.3	2.6
10	2.3	2.625	2.225	2.3	2.275	2.475	2.275	2.525
	Día 11 Mañana		Día 11 Tarde		Día 12 Mañana		Día 12 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	1.79	2.04	1.69	2.04	1.865	2.115	1.74	2.09
2	2.1	2.25	1.95	2.25	2.1	2.4	2	2.3
3	2.325	2.45	2.15	2.425	2.35	2.65	2.3	2.6
4	2.725	3.025	2.575	3.025	2.875	3.125	2.65	3.025
5	2.575	2.85	2.45	2.725	2.65	3.05	2.5	2.9
6	2.4	2.6	2.275	2.525	2.45	2.675	2.3	2.625
7	2.35	2.65	2.275	2.55	2.45	2.85	2.35	2.625
8	2.3	2.5	2.15	2.45	2.35	2.55	2.225	2.55
9	2.575	2.325	2.425	2.725	2.625	3.45	2.475	2.875
10	2.45	2.675	2.325	2.775	2.45	2.725	2.325	3.775

### C-2 Datos obtenidos en campo T2

Rep.	Pesos Tratamiento 2							
	Día 3 Tarde		Día 4 Mañana		Día 4 Tarde			
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO		
1	1.65	1.75	1.65	1.85	1.9	2.1		
2	1.9	2	1.9	2	2.25	2.475		
3	1.8	1.9	1.8	1.65	1.925	2		
4	1.95	2	1.9	1.95	2.1	2.25		
5	1.9	1.95	1.85	2	2.175	2.3		
6	1.95	2	1.95	1.45	2.05	2.3		
7	1.95	2	1.95	1.65	2.1	2.275		
8	1.85	1.95	1.85	1.9	2.15	2.3		
9	1.9	2.075	1.95	2.2	2.25	2.425		
10	1.6	1.675	1.6	1.35	1.825	1.95		
	Día 5 Mañana		Día 5 tarde		Día 6 Mañana		Día 6 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	2.025	2.25	2.45	2.6	2.45	2.8	2.8	2.805
2	2.375	2.65	2.8	3	2.875	3.15	3.175	3.175
3	1.95	2.25	2.4	2.6	2.5	2.725	2.725	2.8
4	2.125	2.35	2.475	2.6	2.6	2.875	2.85	2.925
5	2.2	2.4	2.5	2.675	2.55	2.9	2.95	3.025
6	2.2	2.4	2.55	2.75	2.625	2.9	2.95	3
7	2.2	2.475	2.525	2.75	2.65	2.9	2.95	3
8	2.2	2.4	2.525	2.65	2.625	2.125	2.85	2.95
9	2.3	2.625	2.65	2.875	2.85	3.1	3	3.1
10	1.85	2.2	2.2	2.5	2.375	2.675	2.55	2.675
	Día 7 Mañana		Día 7 Tarde		Día 8 Mañana		Día 8 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	2.7	2.9	2.75	3	2.9	3.3	3.175	3.4
2	3.025	3.3	3.2	3.45	3.375	3.9	3.7	3.975
3	2.6	2.85	2.75	3	2.9	3.5	3.3	3.5
4	2.8	3	2.9	3.1	2.975	3.475	3.325	3.5
5	2.85	3.05	2.975	3.15	3.05	3.375	3.325	3.5
6	2.9	2.975	2.95	3.05	2.975	3.4	3.3	3.55
7	2.85	3	2.95	3.15	3.075	3.5	3.4	3.6
8	2.8	3	2.85	3.025	2.9	3.5	3.4	3.55
9	2.95	3.25	3.15	3.25	3.2	3.7	3.55	3.75
10	2.45	2.7	2.6	2.775	2.7	3.125	3	3.2

	Día 9 Mañana		Día 9 Tarde		Día 10 Mañana		Día 10 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	3.125	3.7	3.175	3.3	3.3	3.675	3.4	3.8
2	3.7	4.3	3.9	4.15	4.075	4.4	4.15	4.6
3	3.25	3.6	3.275	3.475	3.425	3.85	3.6	4
4	3.275	3.7	3.35	3.45	3.4	3.85	3.625	4.1
5	3.3	3.675	3.375	3.45	3.45	3.9	3.65	4.05
6	3.275	3.775	3.45	3.6	3.575	3.95	3.725	4.05
7	3.325	3.825	3.5	3.725	3.65	3.975	3.75	4.15
8	3.35	3.55	3.475	3.575	3.45	3.9	3.7	4.275
9	3.5	3.975	3.625	3.7	3.625	4.05	3.8	4.3
10	2.925	3.15	2.95	3.1	2.975	3.45	3.2	3.6
	Día 11 Mañana		Día 11 Tarde		Día 12 Mañana		Día 12 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	3.6	3.85	3.45	4.25	3.675	3.9	3.5	3.95
2	4.35	4.675	4.275	4.825	4.525	4.9	4.4	5
3	3.8	4.2	3.75	4.2	4	4.4	3.95	4.5
4	3.85	4.15	3.8	4.175	4	4.375	3.95	4.4
5	3.85	4.15	3.8	4.175	3.975	4.3	3.95	4.275
6	3.9	4.2	3.8	4.2	4.025	4.25	3.9	4.3
7	3.975	4.3	3.95	4.325	2.15	4.475	4.1	4.525
8	4	4.3	3.9	4.325	4.125	4.35	4.1	4.575
9	4.05	4.35	4	4.4	4.225	4.6	4.17	4.6
10	3.45	3.7	3.3	3.65	3.55	3.81	3.45	3.85

### C-3 Datos obtenidos en campo T3

Rep.	Pesos Tratamiento 3							
	Día 3 Tarde		Día 4 Mañana		Día 4 Tarde			
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO		
1		2	2.05	1.9	2.1	1.8	2.5	
2		2	2.1	1.95	2.175	2	2.45	
3		1.95	2	1.85	2.1	2.3	2.4	
4		1.9	1.95	1.85	2.05	2.075	2.35	
5		1.925	1.975	1.825	1.975	2.2	2.325	
6		1.85	1.95	1.65	2.05	2.075	2.4	
7		1.6	1.65	1.55	1.75	1.95	2.05	
8		1.95	2	1.85	2	2.1	2.25	
9		2	2.05	1.95	2.05	2.475	2.35	
10		1.95	2	1.9	1.95	2.4	2.2	
	Día 5 Mañana		Día 5 tarde		Día 6 Mañana		Día 6 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	2.375	2.65	2.875	3.1	3	3.3	3.3	3.35
2	2.4	2.7	2.825	3.05	2.95	3.25	3.3	3.35
3	2.325	2.7	2.8	3.05	2.9	3.15	3.2	3.25
4	2.275	2.6	2.65	2.9	2.775	3.025	3	3.025
5	2.2	2.575	2.625	2.8	2.675	2.925	2.975	3.075
6	2.3	2.575	2.7	3	2.825	3.025	3.1	3.15
7	1.925	2.2	2.325	2.5	2.4	2.6	2.65	2.7
8	2.2	2.475	2.55	2.775	2.7	2.9	2.95	3.05
9	2.3	2.7	2.625	2.8	2.75	2.95	3	3.125
10	2.1	2.4	2.475	2.7	2.625	2.825	2.75	2.875
	Día 7 Mañana		Día 7 Tarde		Día 8 Mañana		Día 8 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	3.225	3.5	3.375	3.8	3.6	3.975	3.85	3.975
2	3.175	3.4	3.3	3.6	3.425	3.9	3.775	3.95
3	3.05	3.25	3.2	3.325	3.2	3.75	3.65	3.85
4	2.875	3.15	3.1	3.2	3.1	3.65	3.525	3.75
5	2.875	3.175	3.1	3.225	3.1	3.575	3.475	3.675
6	3	3.225	3.15	3.325	3.225	3.65	3.5	3.675
7	2.525	2.85	2.675	2.85	2.75	2.775	3.1	3.25
8	2.875	3.15	3.05	3.2	3.1	3.5	3.325	3.575
9	2.95	3.225	3.15	3.3	3.175	3.7	3.55	3.7
10	2.725	3.125	3.05	3.225	3.1	3.6	3.425	3.575

	Día 9 Mañana		Día 9 Tarde		Día 10 Mañana		Día 10 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	3.7	4.2	3.875	4.15	4.05	1.1	4.075	4.5
2	3.7	4.25	3.9	4.025	3.95	1	4.1	4.6
3	3.55	4.15	3.8	3.95	3.825	1	4.125	4.65
4	3.4	3.95	3.6	3.75	3.625	1.05	3.85	4.35
5	3.4	3.875	3.525	3.7	3.575	1.025	3.85	4.275
6	3.45	1	3.65	3.725	3.65	1.05	3.875	4.3
7	3.025	3.5	3.2	3.3	3.2	1.25	3.45	3.85
8	3.3	3.825	3.525	3.625	3.025	1.15	3.7	4.125
9	3.45	3.9	3.55	3.625	3.575	0.85	3.8	4.25
10	3.325	3.7	3.375	3.475	3.4	0.95	3.575	3.775
	Día 11 Mañana		Día 11 Tarde		Día 12 Mañana		Día 12 Tarde	
	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO	A.RIEGO	D.RIEGO
1	4.3	4.7	4.25	4.7	4.475	4.8	4.35	4.85
2	4.275	4.6	4.225	4.7	4.425	4.85	4.35	4.775
3	4.3	4.675	4.3	4.8	4.55	4.95	4.525	5
4	4.05	4.4	4.05	4.45	4.225	4.45	4.175	4.65
5	4.025	4.325	3.975	4.4	4.225	4.525	4.125	4.525
6	4.05	4.375	4	4.45	4.25	4.6	4.25	4.7
7	3.65	3.925	3.65	4.05	3.825	4.1	3.8	4.125
8	3.9	4.375	3.85	4.225	4.075	4.4	4.075	4.425
9	4	4.3	3.95	4.425	4.2	4.4	4.1	4.5
10	3.75	4.1	3.75	4.15	3.95	4.35	3.85	4.35

**C-5 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 7**

<b>ALTURA DE PLANTA DÍA 7</b>											
<b>T1</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	5.5	8.7	3.5	7.0	6.3	1.7	4.5	4.5	6.5	6.0	<b>4.6</b>
	7.5	6.2	4.0	3.2	4.0	3.4	6.2	3.0	3.5	8.5	
	4.5	3.0	2.5	2.5	3.0	4.5	3.0	3.0	3.0	5.5	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>5.8</b>	<b>6.0</b>	<b>3.3</b>	<b>4.2</b>	<b>4.4</b>	<b>3.2</b>	<b>4.6</b>	<b>3.5</b>	<b>4.3</b>	<b>6.7</b>	
<b>T2</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	6.0	10.5	7.7	7.0	9.0	8.5	8.0	5.0	5.0	6.5	<b>7.3</b>
	10.0	8.5	7.0	11.0	7.5	4.0	7.0	5.0	7.5	7.8	
	4.0	7.5	5.0	5.5	6.0	7.5	5.5	11.0	10.0	8.5	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>6.7</b>	<b>8.8</b>	<b>6.6</b>	<b>7.8</b>	<b>7.5</b>	<b>6.7</b>	<b>6.8</b>	<b>7.0</b>	<b>7.5</b>	<b>7.6</b>	
<b>T3</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	9.5	7.5	7.5	7.5	8.5	10.0	8.0	7.0	10.0	6.0	<b>7.4</b>
	5.5	5.0	10.0	6.0	5.5	6.5	4.5	8.0	8.5	5.5	
	6.0	6.5	9.5	8.5	9.0	7.0	5.5	8.0	7.5	8.5	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>7.0</b>	<b>6.3</b>	<b>9.0</b>	<b>7.3</b>	<b>7.7</b>	<b>7.8</b>	<b>6.0</b>	<b>7.7</b>	<b>8.7</b>	<b>6.7</b>	

**C-6 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 9**

<b>ALTURA DE PLANTA DÍA 9</b>											
<b>T1</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	9.4	11.0	7.4	10.3	8.6	7.2	9.0	6.5	9.0	10.8	<b>7.6</b>
	9.3	6.9	7.5	4.5	7.5	5.3	5.5	7.8	8.0	7.5	
	7.0	8.5	8.0	6.0	9.0	6.1	6.0	5.5	5.6	8.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>8.6</b>	<b>8.8</b>	<b>7.6</b>	<b>6.9</b>	<b>8.4</b>	<b>6.2</b>	<b>6.8</b>	<b>6.6</b>	<b>7.5</b>	<b>8.8</b>	
<b>T2</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	9.7	11.9	10.0	14.5	12.6	11.2	11.3	14.2	12.2	12.0	<b>10.5</b>
	12.0	9.5	9.0	9.5	10.0	10.4	8.0	8.5	9.5	9.0	
	8.0	12.0	10.0	10.5	10.5	10.6	9.5	9.5	10.5	9.3	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>9.9</b>	<b>11.1</b>	<b>9.7</b>	<b>11.5</b>	<b>11.0</b>	<b>10.7</b>	<b>9.6</b>	<b>10.7</b>	<b>10.7</b>	<b>10.1</b>	
<b>T3</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	12.0	13.0	10.0	12.6	12.2	12.0	11.0	12.7	15.0	10.0	<b>10.9</b>
	10.0	11.0	9.5	9.0	10.0	9.0	10.5	10.0	11.0	13.0	
	9.7	11.5	11.0	11.0	11.0	9.3	8.9	10.0	9.5	11.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>10.6</b>	<b>11.8</b>	<b>10.2</b>	<b>10.9</b>	<b>11.1</b>	<b>10.1</b>	<b>10.1</b>	<b>10.9</b>	<b>11.8</b>	<b>11.3</b>	

**C-7 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 10**

<b>ALTURA DE PLANTA DÍA 10</b>											
<b>T1</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	10.0	10.5	9.5	10.0	9.0	13.0	12.0	9.0	11.0	9.0	<b>10.5</b>
	11.5	11.5	10.0	12.0	14.0	11.0	10.0	10.0	9.0	11.0	
	9.0	8.7	11.5	11.0	11.0	9.0	9.5	8.0	10.0	13.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>10.2</b>	<b>10.2</b>	<b>10.3</b>	<b>11.0</b>	<b>11.3</b>	<b>11.0</b>	<b>10.5</b>	<b>9.0</b>	<b>10.0</b>	<b>11.0</b>	
<b>T2</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	15.0	14.5	15.1	16.5	14.0	16.5	18.0	15.0	13.5	14.5	<b>14.7</b>
	14.0	15.0	13.5	12.0	12.5	15.5	15.0	14.0	16.0	15.0	
	13.0	16.0	14.0	14.5	15.0	13.7	11.0	16.0	15.7	16.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>14.0</b>	<b>15.2</b>	<b>14.2</b>	<b>14.3</b>	<b>13.8</b>	<b>15.2</b>	<b>14.7</b>	<b>15.0</b>	<b>15.1</b>	<b>15.2</b>	
<b>T3</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	15.0	13.0	15.0	16.0	15.0	15.0	14.0	17.5	17.0	14.0	<b>15.5</b>
	17.0	15.0	17.0	16.5	15.0	15.5	17.0	15.0	14.0	16.0	
	18.0	16.0	16.0	17.0	17.0	16.0	15.0	14.0	13.0	13.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>16.7</b>	<b>14.7</b>	<b>16.0</b>	<b>16.5</b>	<b>15.5</b>	<b>15.5</b>	<b>15.3</b>	<b>15.5</b>	<b>14.7</b>	<b>14.3</b>	

**C-8 Datos obtenidos en campo Altura de plantas día 12**

<b>ALTURA DE PLANTA DÍA 12</b>											
<b>T1</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	12.0	11.5	8.0	13.0	14.0	12.0	10.0	12.0	10.0	13.0	<b>11.7</b>
	10.0	12.0	9.0	12.0	13.0	10.0	12.0	13.0	12.0	14.0	
	9.0	10.0	11.0	13.5	15.0	9.0	13.0	14.0	14.0	11.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>10.3</b>	<b>11.2</b>	<b>9.3</b>	<b>12.8</b>	<b>14.0</b>	<b>10.3</b>	<b>11.7</b>	<b>13.0</b>	<b>12.0</b>	<b>12.7</b>	
<b>T2</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	15.0	18.0	16.0	18.0	17.0	16.5	19.0	18.5	20.0	15.0	<b>17.7</b>
	17.0	17.0	18.0	19.0	18.0	18.0	18.5	19.5	18.0	17.0	
	16.5	19.0	19.0	17.5	20.0	17.0	17.7	16.5	17.0	18.0	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>16.2</b>	<b>18.0</b>	<b>17.7</b>	<b>18.2</b>	<b>18.3</b>	<b>17.2</b>	<b>18.4</b>	<b>18.2</b>	<b>18.3</b>	<b>16.7</b>	
<b>T3</b>											
<b>REPETICIÓN</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>MEDIA (TOTAL)</b>
<b>ALTURA (cm)</b>	19.0	17.0	16.0	16.0	16.0	18.0	16.0	21.0	20.0	17.0	<b>18.3</b>
	17.0	20.0	18.0	17.5	17.0	19.0	18.0	18.0	19.0	19.0	
	20.0	16.0	19.0	18.0	18.0	19.7	19.0	16.0	18.5	20.5	
<b>MEDIA (REP)</b>	<b>18.7</b>	<b>17.7</b>	<b>17.7</b>	<b>17.2</b>	<b>18.9</b>	<b>18.9</b>	<b>17.7</b>	<b>18.3</b>	<b>19.2</b>	<b>18.8</b>	

## Apéndice D

### Fotografías



Invernadero #2



Estante, Charolas y Báscula.



Pesado de la semilla previo a la siembra



Siembra



Orden de los tratamientos: T<sub>1</sub> arriba, T<sub>2</sub> en medio, T<sub>3</sub> abajo.



Riego, Día 2



Germinación de los tres tratamientos al día 2 (se observan muy parejos), Izq. a der. T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>



Pesado de las charolas.



Charolas tapadas del día 1 al 4 para conservar humedad



T1 arriba, abajo T2 y T3 de izquierda a derecha. Vista de los tratamientos al día 5.



Arriba: Día 7 se aumenta el hongo en el FVH. ( de izquierda a derecha, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub>)



Arriba: Vista de los tres tratamientos en el día 8.



Tratamientos en el día 11.



**Serio problema de hongo, día 12.**



**Ultimo peso al día 12 (Cosecha)**



**Forraje al día 12**



**Germinadoras y tapa de las germinadoras.**



Detalle de una de las dos germinadoras, en funcionamiento. En la tapa observamos al centro el tubo de cobre que permite la oxigenación del agua, al lado del mismo las varillas de acero inoxidable para permitir el movimiento de la placa interna superior de acuerdo al nivel del contenido, la corriente conectada a una varilla arriba y abajo al conector hembra tipo banano.



**Las dos germinadoras del  $T_1$  y  $T_2$  respectivamente, funcionando.**