



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES DE PLÁSTICO EN SUBSTITUCIÓN DE CHAROLAS CONVENCIONALES UTILIZADAS EN LA OBTENCIÓN DE FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

TESIS QUE PRESENTA

PMVZ. EDUARDO ROMO REBOLLAR.

ASESORES

MC. VÍCTOR MANUEL SÁNCHEZ PARRA

MC. HUGO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ

COASESOR

MC. RUY ORTIZ RODRÍGUEZ

Morelia, Michoacán, II/10



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EVALUACIÓN DE DIFERENTES MATERIALES DE PLÁSTICO EN
SUBSTITUCIÓN DE CHAROLAS CONVENCIONALES
UTILIZADAS EN LA OBTENCIÓN DE FORRAJE VERDE
HIDROPÓNICO**

TESIS QUE PRESENTA

PMVZ. EDUARDO ROMO REBOLLAR.

PARA OBTENER EL TITULO DE MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Morelia, Michoacán, 11/09

Agradecimientos

Primeramente le agradezco a Dios por dejarme vivir y darme la oportunidad de salir adelante en mis estudios, a mis padres quienes me infundieron la ética y el rigor que guían mi transitar por la vida, por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación, y por confiar en mí en mi largo caminar por la vida.

A mis queridos asesores de Tesis, MC. Víctor Manuel Sánchez parra, MC. Ruy Ortiz Rodríguez por sus enseñanzas, asesoramiento científico y estímulo para seguir creciendo intelectualmente, por su predisposición permanente e incondicional en aclarar mis dudas y por sus substanciales sugerencias durante la redacción de mi Tesis, y por su incondicional amistad que me han brindado por este largo camino del conocimiento.

Y por ultimo Gracias a todos mis amigos que han estado conmigo y me han brindado su amistad incondicional y su eterna paciencia en mis momentos de mal día, y Sabiendo que jamás encontraré la forma de agradecer su constante apoyo y confianza, sólo espero que comprendan que mis ideales, esfuerzos y logros han sido también suyos e inspirados en mis padres, mis maestros y mis amigos.

Gracias por todas sus enseñanzas.....

ÍNDICE

	Pag.
Resumen	1
1. Introducción	2
2. Antecedentes	4
3. Planteamiento de problema	10
4. Hipótesis	11
5. Objetivos	11
6. Materiales y Métodos	12
6.1 Materiales	12
6.2 Métodos	13
7. Resultados y Discusión	17
8. Conclusiones	25
9. Bibliografía	27

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Pag.
Tabla 1. Medias de mínimos cuadrados para biomasa*substrato, material*substrato y porcentaje de tratamientos contaminados por hongos (<i>Fusarium</i>, <i>Radimyces</i> y <i>Oxisporum</i>)	20
Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para tratamientos contaminados por hongos (<i>Fusarium</i>, <i>Radimyces</i> y <i>Oxisporum</i>) y biomasa de acuerdo al desinfectante	21
Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para biomasa de acuerdo al material y al desinfectante	22
Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para porcentaje de tratamientos contaminados por hongos (<i>Fusarium</i>, <i>Radimyces</i> y <i>Oxisporum</i>) de acuerdo a material y a la acción del desinfectante	22
Figura 1. Crecimiento del FVH de sorgo durante los 16 días posteriores a la germinación	18

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar los diferentes tipos de materiales, sustratos y desinfectantes, tales como láminas de polietileno rígido (LP), plástico negro (PN) o costales de plástico (CP) para embasar alimento, en sustitución de las charolas convencionales para germinado. Evaluando además, el sustrato pata de sorgo (PS) y PS+estiércol de cerdo (PS+EC), hipoclorito de cloro (Cl) y solución electrolizada súper oxidada (H_2O_3). Todo esto en base a la obtención de biomasa del germinado de sorgo y crecimiento de la planta en un periodo de 16 días. Para el logro del objetivo se utilizaron: LP de 40x40 cm ($n=18$), PN de 40x40 cm ($n=18$) y CP 40x40 cm ($n=18$) y capacidad de 700 grs de sorgo(S)/lámina; 39kg de grano de sorgo, 20 kg de PS y 8 kg de estiércol de cerdo seco (EC); 300ml de H_2O_3 /tratamiento; Cl 10 ml/litro de agua/tratamiento. Con los 39 kg de semilla de sorgo (S) se realizaron 3 grupos con 6 tratamientos y tres repeticiones/tratamiento. Cada grupo estuvo representado por el material (LP, PN y CP), los cuales tuvieron los mismos tratamientos. Las variables medidas fueron, crecimiento del forraje (del 4° al 16° día), evaluación de biomasa de FVH, contenido de proteína (PC) y materia seca (MS), relación peso de semilla-peso de biomasa. Con toda esta información se construyó una base de datos para su análisis estadístico mediante la metodología de Efectos Fijos y Modelos Mixtos y las diferencias entre las medias se obtuvieron mediante el procedimiento Lsmeans. Se encontró que el mayor rendimiento de FVH ($p<0.05$) se observó en LP, en comparación con CP y PN. Se determinó que por cada tratamiento afectado por hongo, la biomasa disminuyó (β_1) en 532 grs. El rendimiento de FVH fue de 57.3% (3.613 kg/.700 kg de semilla); porcentaje menor al obtenido en condiciones de invernadero. El costo/kg de FVH en LP fue de \$ 0.55 pesos^{m/n}. En lo referente al desinfectante, se encontró que la biomasa/desinfectante fue diferente ($p<0.01$) con Cl, H_2O_3 y SD; $3.513 \pm .026$, $3.492 \pm .026$ y $3.409 \pm .026$ kg, respectivamente. Con respecto a la calidad del FVH (PC y MS), se encontró que el promedio general de proteína de la biomasa de FVH ($16.1 \pm .03\%$) fue afectado por el material ($p < 0.01$) y la covariable MS ($p<0.05$). De acuerdo a los resultados se pudo establecer que tanto la lámina de polietileno rígido, como el hipoclorito de cloro son tecnologías de bajo costo y de fácil obtención en el mercado para los productores de escasos recursos económicos.

1. INTRODUCCIÓN.

Las características de los sistemas familiares y semi-intensivos de producción animal permiten establecer que los principales problemas en estos sistemas son la alimentación y el ineficiente uso de prácticas zootécnicas para el control y manipulación de los eventos biológicos del rebaño. En respuesta a los altos costos de la alimentación de los animales domésticos, utilizados para la producción de carne y leche, se han evaluado nuevas técnicas de alimentación a bajo costo y con alto valor nutricional como lo es el uso de hidroponía; tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida del crecimiento inicial de las plantas mediante la germinación a partir de semillas viables y por su lapso de tiempo no mayor a los 16 días.

Además, el uso de hidroponía o la producción del forraje verde hidropónico (FVH) tiene la ventaja de poder obtenerse en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica. Ya que el proceso se puede realizar en cualquier material que permita contener la semilla como son: tubos rígidos de PVC o metálicos en desuso o de desecho, viejas estanterías de comercios, entre otros. Por ello, el FVH podría resolver el problema del alto costo de la alimentación, la cual representa un 70% de los costos de producción animal.

No obstante, aun y cuando la importancia del FVH estriba en un bajo costo de producción, los productores de escasos recursos podrían tener problemas para la incorporación de esta tecnología por el alto costo económico de un invernadero, el cual es superior en el país en comparación a otros países como Japón. Por otro lado, existen otros factores que pueden limitar la calidad y cantidad de FVH; tal como el uso de sustratos -entre los cuales se encuentran los esquilmos-, mismos que origina el crecimiento y reproducción de hongos los cuales evitan el crecimiento y desarrollo de la plántula. Por ello, se requieren de probar una serie alternativas tecnológicas con el objetivo de encontrar aquella que ofrezca una forma fácil y económica para los productores de escasos recursos, como sería el caso de láminas de plástico de polietileno (LP), plástico negro (PN) o costales de plástico (CP) para embasar alimento, en sustitución de las charolas convencionales para germinado. Evaluando además, el sustrato para la germinación y nutrición del germinado -pata de sorgo, estiércol de cerdo, el uso de hipoclorito de cloro y solución electrolizada súper oxidada en el control de bacterias y hongos presentes en el sustrato. Por lo que el objetivo de esta investigación fue comparar los diferentes tipos de materiales, sustratos y desinfectantes -antes mencionados- en base a la obtención de biomasa del germinado de sorgo y crecimiento de la planta en un periodo de 16 días y determinar el material más económico y eficaz para obtener FVH de sorgo.

Los resultados encontrados determinan que la biomasa de FVH fue de 3.613 ± 0.048 , 3.409 ± 0.046 y 3.392 ± 0.043 kg, en LP, CP y PN, respectivamente. El mayor

rendimiento ($p < 0.05$) se observó en LP, en comparación con CP y PN, mismos que fueron estadísticamente ($p > 0.05$) iguales. Por lo que el rendimiento en LP fue de 57.3%, en comparación con lo obtenido en invernadero. El costo/kg de FVH en lámina de polietileno rígido (LP) fue de \$ 0.55 pesos^{mn}. Tanto la lámina de polietileno rígido, como el hipoclorito de cloro son tecnologías de bajo costo y de fácil obtención en el mercado para los productores de escasos recursos económicos. Así, el FVH de sorgo obtenido en LP podría disminuir el problema del alto costo de la alimentación en los sistemas de producción animal de las zonas rurales marginadas del país.

2. Antecedentes.

Las características de los sistemas familiares y semi-intensivos de producción animal permiten establecer que los principales problemas en estos sistemas son la alimentación y el ineficiente uso de prácticas zootécnicas para el control y manipulación de los eventos biológicos del rebaño. Aunado a ello, el problema del alto costo de la alimentación y la baja producción no permiten la solvencia económica y el crecimiento de dichos sistemas (Román, 1991).

La falta de prácticas zootécnicas apropiadas determina que los productores no utilicen de manera eficiente los recursos forrajeros disponibles (Nava et al, 2005). Por ello y en respuesta a los altos costos de la alimentación de los animales

domésticos utilizados para la producción de carne y leche, se han evaluado nuevas técnicas de alimentación a bajo costo y alto valor nutricional; siendo una alternativa viable, el uso de hidroponía (Resh,2001) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida del crecimiento inicial de las plantas mediante la germinación a partir de semillas viables y por su lapso de tiempo no mayor a los 12 o 16 días (Bautista y Nava, 2002).

La producción del forraje verde hidropónico (FVH) se puede obtener en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica. Pues es solo una de las derivaciones que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía, el proceso se puede realizar en cualquier material que permita contener la semilla como son: tubos rígidos de PVC o metálicos en desuso o de desecho, viejas estanterías de comercios, (Bautista y Nava, 2002). Así, el FVH podría resolver el problema del alto costo de la alimentación animal, la cual representa un 70% de los costos de producción animal (Román, 1991). No obstante, aun y cuando la importancia del FVH estriba en un bajo costo de producción, los productores de escasos recursos podrían tener problemas para la incorporación de esta tecnología por el alto costo económico de un invernadero, el cual es superior en el país en comparación a otros países como Japón (Infocampo, 2009).

Es un hecho que existen tecnologías de bajo impacto económico para productores de zonas rurales marginadas o de escasos recursos económicos

(Bautista y Nava, 2002). Por lo que se puede planificar la producción de FVH usando plástico a nivel de tierra o se pueden construir con maderas de descarte o aquella proveniente de los pallets de importación (Elmejorguía, 2009); las únicas condiciones para la obtención de FVH son: un sitio que esté protegido de los vientos, contar con disponibilidad de agua de riego de calidad para abastecer las necesidades del cultivo y energía eléctrica (FAO 2001.); lo que posibilita que la instalación pueda ser una estructura artesanal (FAO, 2005).

Las ventajas del FVH como alimento de ganado vacuno, caprino, ovino, porcino, equino, aves y conejos (Bautista y Nava, 2002) está en función de cualidades tales como: aspecto, color, sabor y textura; confiriéndole una gran palatabilidad y contenido nutritivo: proteína (19.4%), energía neta digestible (75%), grasa (3.15%), digestibilidad (90%). En investigaciones con FVH como suplemento en la alimentación de vacas lecheras ha mostrado un aumento en la producción de leche y de grasa en un 10.8 y 13.4%, respectivamente (Arano, 1998). Además, se ha establecido que se puede obtener de 1 kg de sorgo, 9 kg de forraje verde hidropónico y una rápida recuperación de la inversión en la infraestructura e insumos para la obtención del FVH (Elmejorguía, 2009). Características estas, que hacen del FVH una alternativa real en la alimentación de cualquier especie domestica, dedicada a la producción. (Glosam, 2003, Estrada y Romero, 2003).

El proceso de obtención de biomasa vegetal a partir del FVH puede incluir un suelo artificial para el sostenimiento del germinado, tal como la pata de sorgo y estiércol de cerdo; sustratos que puede suministrar nutrientes a la planta (Elmejorguía, 2009). Por ello, el germinado de sorgo puede ser sembrado en cualquier material (plástico, metal, cartón), con una inclinación de 2 cm para evitar el ahogamiento de la semilla y así obtener un crecimiento de 25 cm de altura de la planta, a una edad máxima de 16 días (FAO, 2005). No obstante, existen factores que pueden limitar la calidad y cantidad de FVH; pues se ha establecido que el uso de sustratos tales como los esquilmos, origina el crecimiento y reproducción de hongos los cuales evitan el crecimiento y desarrollo de la plántula. (Cultivos Hidropónicos, 1992).

La importancia de la pata de sorgo en el proceso de la obtención del FVH radica en dos funciones esenciales: a) anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y, b) retención de agua y nutrientes que las plantas necesitan (Carballo, 2008). Aunado a ello, los componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire y de la solución nutritiva; considerando que estos deben permitir la presencia de 15 a 35% de aire y de 20 a 60% de retención de agua en relación con el volumen total. En general, es útil mezclar sustratos que complementen lo de otros, teniendo en cuenta retención de humedad, porcentaje de aireación, estabilidad física y química del sustrato y que sean inertes, de bajo costo y disponibilidad (Carballo, 2008).

Para lograr que en los substratos o incluso en la semilla no se presenten problemas de bacterias y hongos -los cuales retrasan el crecimiento o destruyen las plántulas- se puede utilizar la solución electrolizada súper oxidada (H_2O_3). De acuerdo a normas internacionales, esta solución (H_2O_3) es bactericida y fungicida bajo condiciones extremas y aún en presencia de material orgánico; puede erradicar *Mycobacterium bovis* en cinco minutos; *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella choleraesuis*, *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina; *Trichophyton mentagrophytes* en 10 minutos y *Enterococcus faecalis* resistente a vancomicina en 15 minutos. En cuanto a su acción esporicida: la H_2O_3 disminuyó el nivel de esporas de *Bacillus atrophaeus* en > 6.5 en 15 minutos. Por tanto se ha usado en el combate de hongos; la solución es estable por más de un año, no es tóxica, biodegradable, de rápida acción; y realiza desinfección de alto nivel (esporicida) en 15 minutos (Faceun, 2009).

Otro método de desinfección tanto de la semilla, como del substrato, es la utilización de la solución de hipoclorito de cloro al 1% (solución de lejía, 10 ml de hipoclorito de cloro/litro de agua); con el objetivo de eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos, y dejarlas limpias. El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH, el tiempo que se deja a las semillas en la solución de hipoclorito o

“lejía”, no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos (FAO, 2001).

También se puede utilizar cal viva granulada (1 kg por cada metro cuadrado por 10 cm de profundidad). Este método se utiliza con mayor frecuencia para el tratamiento de estiércol principalmente como bactericida y fungicida (European lime association, 2009).

3. Planteamiento de problema

Dada la importancia del FVH en la producción animal, se requiere probar una serie alternativas tecnológicas con el objetivo de encontrar aquella que ofrezca una forma fácil y económica para los productores de escasos recursos, es decir, tecnología que no demande gran infraestructura; como sería el caso de láminas de plástico de polietileno, plástico negro o costales de plástico para embasar alimento, en sustitución de las charolas convencionales para germinado. Además de realizar la evaluación del sustrato para la germinación y nutrición del germinado -pata de sorgo, estiércol de cerdo, el uso de hipoclorito de cloro y solución electrolizada súper oxidada en el control de bacterias y hongos presentes en el sustrato.

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue comparar los diferentes tipos de materiales, sustratos y desinfectantes -antes mencionados- en base a la obtención de biomasa del germinado de sorgo y crecimiento de la planta en un periodo de 16 días, así como determinar el material más económico y eficaz para obtener FVH de sorgo.

4. Hipótesis

- Las láminas de polietileno para obtener FVH de sorgo con substratos de pata de sorgo y estiércol de cerdo, más el desinfectante (Solución Electrolizada súperoxidada) proporciona una mayor concentración de biomasa en un periodo de 16 días.

5. Objetivos.

- Determinar la utilización de material no convencional en la producción de FVH para productores de escasos recursos.
- Comprobar la utilización de substratos y material no convencional en la producción de FVH para productores de escasos recursos.
- Probar la utilización de desinfectantes, substratos y material no convencional en la producción de FVH para productores de escasos recursos.
- Determinar el efecto sustrato y material no convencional en la calidad (proteína) de la producción de FVH para productores de escasos recursos.

6. Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el poblado de Parícuaro, Mich., durante un periodo de tiempo de un mes (9 de septiembre al 9 de octubre de 2009). Parícuaro, perteneciente al ejido de Orocutin, Mpio., de Juárez, Mich., se localiza al este del Estado, en las coordenadas 19°18' de latitud norte y 100°22' de longitud oeste, a una altura de 1,280 metros sobre el nivel del mar, su clima es templado con lluvias en verano; tiene una precipitación pluvial anual de 1,052.5 milímetros y temperaturas que oscilan de 13.3 a 25.3°C; su hidrografía se constituye por el arroyo de Parícuaro; presa de la Barrasa y depósitos de agua de laguna seca; y manantiales de agua fría: los Manguitos, el Cabrito y Chichangu (Parícuaro, 2009.)

6.1 Material.

En la investigación se utilizaron, 24 m², de terreno para la instalación de la estantería para el germinado; materiales más económicos en substitución de la charola convencional de germinado, tales como: lámina de plástico rígido (LP), plástico negro (PN) y costales de plástico (CP). Para ello se usaron LP de 40x40 cm (n= 18), PN de 40x40 cm (n=18) y CP 40x40 cm (n=18); todos con capacidad de 700 g de sorgo(S)/lámina; 4 l de solución electrolizada súper oxidada (H₂O₃) y 4 l de hipoclorito de cloro (Cl). Además se utilizaron: 1 termómetro de mínimas y

máximas para determinar la temperatura durante los 16 días que del proyecto; 39kg de grano de sorgo, 3 cubetas de 12 l para el pre-germinado, 20 kg de pata de sorgo molido (PS) y 8 kg de estiércol de cerdo seco (EC); 300ml de H_2O_3 (Faceun, 2009) y por tratamiento; Cl 10 ml/litro de agua (Rodríguez, 2000) y por tratamiento, cal viva granulada 1 kg/metro² (European lime association, 2009), abono inorgánico triple (N, P, K) 125 ml/litro de agua (izquierdo, 2002).

6.2 Métodos

Las LP (n=18) se colocaron de forma escalonada en una estructura de metal con una separación de 40cm entre cada una para permitir el crecimiento del sorgo; de las 18 láminas de PN, 9 se colocaron y se sostuvieron de la misma forma que LP. Las restantes 9 láminas de PN, así como los 18 tramos de CP se colocaron a ras de suelo, utilizando madera a los lados para simular un canal, en un intento de evitar encharcamientos y ahogamiento de la semilla de sorgo.

Con los 38 kg de semilla de sorgo (S) se realizaron 3 grupos con 6 tratamientos y tres repeticiones/tratamiento. Cada grupo estuvo determinado en función del material utilizado para la construcción de charolas para el germinado (LP, PN y CP), mientras que los tratamientos estuvieron en función del desinfectante H_2O_3 ó CL. Así, cada grupo estuvo representado por el material (LP, PN y CP), los cuales

tuvieron los mismos tratamientos: **T1** (n=3), S+PS+Cl; **T2** (n=3), S+PS+H₂O₃; **T3** (n=3), S+PS+EC+Cl; **T4** (n=3), S+PS+EC+H₂O₃; **T5** (n=3), S+PS+EC; **T6** (n=3), S+PS.

Para la desinfección de la semilla con H₂O₃ en los grupos y tratamientos correspondientes este se hizo de la siguiente manera: se colocó la semilla 700 g en un recipiente de plástico con capacidad de ¼ de litro y se aplicaron directamente 300 ml de H₂O₃ y permaneció en contacto con la semilla durante 5 min, posteriormente se eliminó el exceso de solución. Para la desinfección de la semilla con Cl, se procedió a colocar los 700 g de sorgo en un recipiente de plástico con capacidad de 1 lt, en donde se vertió 10ml de Cl + 990 ml de agua. El contacto de la semilla con Cl será por 3 min; pasado este tiempo se retiró el agua con Cl y la semilla se lavó para liberarla de los residuos de Cl. En el caso de la desinfección de la pata de sorgo, en los tratamientos correspondientes se utilizaron bolsas de plástico con capacidad de ½ kilo y donde se vertió el sustrato y 300 ml de H₂O₃; permaneciendo en contacto el sustrato y el desinfectante durante cinco minutos, posteriormente se retiró el exceso del desinfectante. Para el tratamiento del sustrato del estiércol de cerdo, en los tratamientos correspondientes, se aplicaron 25 g de cal viva; los cuales se mezclaron homogéneamente con los 100 g de EC (FAO, 2001).

Para el pre-germinado de las semillas de todos los grupos y tratamientos las semillas se colocaron en bolsas de tela con capacidad de un 1 kg para sumergirlas completamente en agua limpia a 24 °C, por un período no mayor a las 24 horas; con el objeto de lograr una completa imbibición; este tiempo se dividió en 2 períodos de 12 horas cada uno, donde se procedió a sacarlas y orearlas (escurrirlas) durante 1 hora , para después introducirlas de nuevo en el agua durante 12 horas (Elmejorguía, 2009). Inmediatamente después, las semillas se colocaron en sus grupos correspondientes, previo a la colocación de los substratos de acuerdo con los tratamientos establecidos. La colocación de los substratos/tratamiento, se realizó después de desinfectar dichos substratos con el tipo de desinfectante establecido para los tratamientos. El substrato fue de 15 cm de espesor (Elmejorguía, 2009).

Los primeros 4 días pos siembra de la semilla, los riegos se aplicaron a no más de 500 ml de agua por metro/ día; para ello se dividió en 3 riegos; 7:00, 16:00 y 21:00 hrs. Del 5° al 12° día del sembrado de semilla, el riego se realizó con una solución nutritiva (Nitrógeno, Potasio y Fósforo) (FAO, 2001). El número de riegos en esta etapa fue de 2 veces/día (11:00 y 17:00 hrs), la cantidad de agua en combinación N, K y P es de 1.25 ml /1 l de agua/m². A partir del 13° y hasta el 16° día, el riego se realizó exclusivamente con agua pura -2 lt de agua por metro²/día-, sin solución concentrada, para eliminar todo rastro de sales minerales que

pudieron haber quedado sobre las hojas y/o raíces. El riego fue hecho por aspersión utilizando una bomba para no ahogar la semilla (Elmejorguía, 2009).

Al terminar la fase experimental, la cual tuvo una duración de 16 días, se recolectó el total del germinado por charola para determinar la biomasa de FVH/lámina/tratamiento. De igual manera se corrió un examen bromatológico para cada tratamiento, con el objetivo de determinar proteína y materia seca.

Las variables medidas fueron, crecimiento del forraje (4°, 8°, 11°, y 16° días), evaluación de biomasa de FVH, contenido de proteína y materia seca, relación peso semilla-peso biomasa. Con la información recabada se constituyó una base de datos para el análisis estadístico mediante la metodología de efectos fijos y modelos mixtos y las diferencias entre las medidas se obtuvo mediante el procedimiento Lsmeans (Citado por Herrera y Barrera, Sas, 2000).

7. Resultados y discusión.

El promedio general de la biomasa de FVH fue de 3.471 ± 0.366 kg/material, fue inferior al obtenido bajo condiciones de invernadero: 700 g de semilla de sorgo/6.3 kg de FVH (Elmejorguía, 2009). Es decir, el rendimiento fue de 55% en comparación con lo obtenido en el invernadero. No obstante este resultado fue afectado ($p < 0.001$) por el material y la presencia de hongos en la planta.

En cuanto al material, se encontró que la biomasa fue de 3.613 ± 0.048 , 3.409 ± 0.046 y 3.392 ± 0.043 kg, en LP, CP y PN, respectivamente. El mayor rendimiento ($p < 0.05$) se observó en LP, en comparación con CP y PN, mismos que fueron estadísticamente ($p > 0.05$) iguales. Por lo que el rendimiento en LP fue de 57.3%, en comparación con lo obtenido en invernadero. La Merma de biomasa de FVH en CP y PN, con respecto a LP, fue de 204 y 221 g, respectivamente. Estos resultados posiblemente estuvieron determinados por el menor mantenimiento de humedad en LP. Pues el uso de cualquier material (plástico, metal, cartón) en la obtención de FVH debe poseer una inclinación de 2 cm para evitar el ahogamiento de la semilla y así obtener un crecimiento de 25 cm de altura de la planta, a una edad máxima de 16 días (FAO, 2005). Al respecto del crecimiento, se pudo establecer que el menor crecimiento del forraje de sorgo se obtuvo en LP ($p < 0.05$) y esto posiblemente por la mayor densidad de plantas en este tipo de material en comparación con PN y CP (Fig. 1).

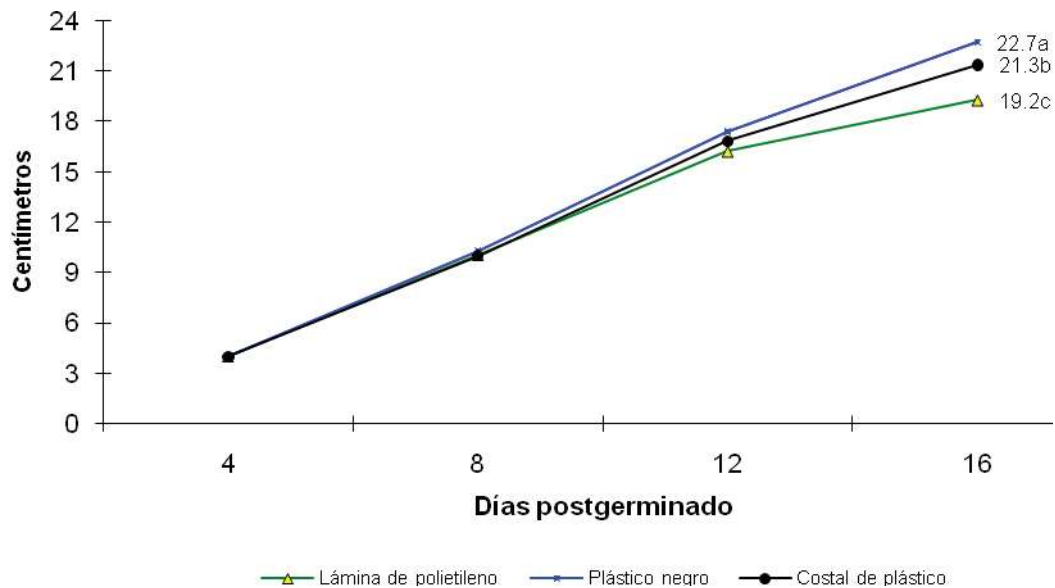


Figura 1. Crecimiento del FVH de sorgo durante los 16 días posteriores a la germinación

No obstante, existen factores que pueden limitar la calidad y cantidad de FVH; pues se ha establecido que el uso de sustratos tales como los esquilmos, origina el crecimiento y reproducción de hongos que evitan el crecimiento y desarrollo de la plántula (Fontana y González, 2000). Lo que concuerda con los resultados, pues durante el crecimiento de las plantas se aislaron e identificaron, de los tratamientos afectados, los siguientes hongos: *Fusarium*, *Radimycetes* y *Oxisporum*. Aspecto que afectó a la biomasa de FVH ($p < 0.01$); estableciéndose que por cada tratamiento afectado, la biomasa disminuyó (β_1) en 532 g.

De manera general, los resultados concuerdan con Bautista y Nava (2002) y FAO (2005) quienes determinaron que existen tecnologías de bajo impacto económico

para la obtención de FVH; lo que podría resolver el problema del alto costo de la alimentación (Román, 1991). No obstante el máximo rendimiento obtenido (57.3%) en LP, el costo/kg de FVH en este material fue de \$ 0.55 pesos, esto sin contar los costos derivados de la compra del material, cuya duración es de 10 años.

En cuanto a la presencia de hongos, la biomasa de FVH fue afectado ($p < 0.001$) por el sustrato y la presencia de hongos, así como la interacción material*sustrato y sustrato*hongos. Se encontró que la biomasa/sustrato fueron diferentes ($p < 0.001$); 3.470 ± 0.037 y 3.182 ± 0.041 kg, para PS y PS+EC respectivamente. La importancia de la pata de sorgo en el proceso de la obtención del FVH radica en dos funciones esenciales: a) anclar y aferrar las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles respirar y, b) retención de agua y los nutrientes que las plantas necesitan (Carballo, 2008). No obstante, se pudo establecer que el sustrato de PS+EC, no funcionó como se esperaba (Tabla 1), pues es indudable que la adición de estiércol de cerdo provee de materia orgánica y minerales para la planta. Sin embargo, es muy posible que el tratamiento (secado al sol) del estiércol de cerdo no permitió la estabilidad física y química del sustrato, lo que puede ocasionar el retraso en el crecimiento o muerte de las plántulas a causa de la acción de microorganismos patógenos (Carballo, 2008; Faceun, 2009).

Tabla 1. Medias de mínimos cuadrados para biomasa*substrato, material*substrato y porcentaje de tratamientos contaminados por hongos (*Fusarium*, *Radimyces* y *Oxisporum*)

Material	Substratos*	% contaminados	Biomasa (kg)	Biomasa/ material
Lámina de	PS	44.4 ^a	3.730 ^a	3.613 ^a
Polietileno (Rígida)	PS+EC	66.6 ^b	3.161 ^b	
Costal de plástico	PS	0.0 ^c	3.630 ^a	3.409 ^b
	PS+EC	0.0 ^c	3.445 ^c	
Plástico Negro (Flexible)	PS	33.3 ^a	3.433 ^c	3.392 ^b
	PS+EC	0.0 ^c	3.429 ^c	

* PS= Pata de sorgo molida; PS+EC = Pata de sorgo molida más estiércol de cerdo

a, b, c = diferencias estadísticas (p<0.05) dentro de columna

En cuanto al efecto de hongos se determino una biomasa de 3.605 ± 0.028 y 3.047 ± 0.055 kg, para los tratamientos sin hongos y con hongos respectivamente. En cuanto a la interacción material*substrato, esta mostró diferencias (p<0.01), presentando mayor biomasa LP y CP con el sustrato PS; 3.730 y 3.630 kg, respectivamente (tabla 1). Estos resultados posiblemente estuvieron determinados por el grado aireación proporcionado por el sustrato y la infestación de hongos, pues los componentes del sustrato deben permitir la circulación del aire (15 a 35%), de la solución nutritiva y la retención de agua (20 a 60%) en relación con el volumen total (Carballo, 2008). En general es útil mezclar sustratos que aporten retención de humedad, aireación, drenaje, estabilidad física y química e inerte. Sin embargo, el rendimiento de FVH con PS+EC fue del 8.3% menor, en comparación con PS y del 15% en LP con PS+EC, en comparación con LP con PS. Posiblemente por alteraciones fisicoquímicas del sustrato (Carballo, 2008) PS+EC.

Por otro lado, la biomasa fue afectada ($p < 0.001$) por: desinfectante, material, material*desinfectante, sustrato*desinfectante. FAO (2004), determinó que existen factores que pueden limitar la calidad y cantidad de FVH, por ello el uso del desinfectante es importante para la obtención de forrajes de calidad (Espinoza et al., 2004). Lo que concuerda con los resultados, pues se encontró que la biomasa/desinfectante fue diferente ($p < 0.01$) con Cl, H_2O_3 y sin desinfectante (SD); 3.513 ± 0.026 , 3.492 ± 0.026 y 3.409 ± 0.026 kg, respectivamente (Tabla 2). El Cl y H_2O_3 fueron estadísticamente iguales ($p > 0.05$).

Tabla 2. Medias de mínimos cuadrados para tratamientos contaminados por hongos (*Fusarium*, *Radomyces* y *Oxysporum*) y biomasa de acuerdo al desinfectante

Desinfectante	Tratamientos contaminados (%)	Biomasa	E.E.
Cloro (Cl)	16.6 ^a	3.513 ^a	.026
Solución electrolizada súper oxidada (H_2O_3)	22.2 ^a	3.492 ^a	.026
Sin desinfectante (SD)	33.3 ^b	3.409 ^b	.026

^{a,b}= diferencias estadísticas ($p < 0.05$) dentro de columna

La mayor y menor producción ($p < 0.05$) de biomasa se encontró en LP*Cl y LP*SD; 3.811 ± 0.045 y 2.791 ± 0.045 , respectivamente (Tabla 3). Esto posiblemente fue a causa de que el 100% de los tratamientos en LP fueron afectados por hongos (Tabla 3).

Tabla 3. Medias de mínimos cuadrados para biomasa de acuerdo al material y al desinfectante

Desinfectante	Material		
	Lámina de polietileno Prom. y E.E.	Costal Prom. y E.E.	Plástico Negro Prom. y E.E.
Cloro (Cl)	3.811 ^{a1} ±.057	3.491 ^{b1} ±.057	3.237 ^{c1} ±.057
Solución electrolizada súper oxidada (H ₂ O ₃)	3.733 ^{a1} ±.057	3.387 ^{b1} ±.057	3.355 ^{b1} ±.057
Sin desinfectante (SD)	2.791 ^{a2} ±.057	3.735 ^{b2} ±.057	3.701 ^{b2} ±.057

^{a,b,c}= diferencias estadísticas (p<.005) dentro de fila

^{1,2}= diferencias estadísticas (p<.005) dentro de columna

Se ha determinado que el hipoclorito al 1% (solución de lejía, 10 ml de hipoclorito de cloro/litro de agua) elimina prácticamente los ataques de microorganismos patógenos al cultivo de FVH (FAO, 2001). Para el caso de la solución H₂O₃ es posible que requiera de mayor tiempo de exposición, pues en la presente investigación se expuso la semilla y el substrato, a este desinfectante, durante 5 minutos y Faceun (2009) determina que la exposición de este producto con el material orgánico a desinfectar oscila entre 5 y 15 minutos.

Tabla 4. Medias de mínimos cuadrados para porcentaje de tratamientos contaminados por hongos (*Fusarium*, *Radimycetes* y *Oxisporum*) de acuerdo a material y a la acción del desinfectante

Desinfectante	Material		
	Lámina de polietileno Contaminado (%)	Costal Contaminado (%)	Plástico Negro Contaminado (%)
Cloro (Cl)	16.6 ^{a1}	0.0 ^{b1}	33.3 ^{c1}
Solución electrolizada súper oxidada (H ₂ O ₃)	50.0 ^{a2}	0.0 ^{b1}	16.6 ^{c2}
Sin desinfectante (SD)	100.0 ^{a3}	0.0 ^{b1}	0.0 ^{b3}

^{a,b,c}= diferencias estadísticas (p<.005)dentro de fila

^{1,2,3}= diferencias estadísticas (p<.005)dentro de columna

En cuanto a la ausencia de hongos (*Fusarium*, *Radimyces* y *Oxisporum*) en el material CP, esto pudo deberse a la mayor superficie de aireación y en consecuencia mantener una menor temperatura en el sustrato y en la semilla. Izquierdo (2002) determinó que la humedad y la temperatura son importantes dentro del manejo de la hidroponía a fin de limitar la presencia de plagas; tales como los hongos y bacterias, que limitan la producción de biomasa de forraje.

En cuanto a la obtención de proteína, el promedio general de la proteína cruda (PC) de la biomasa de FVH ($16.1 \pm 0.03\%$) fue afectado por el material ($p < 0.01$) y la covariable materia seca (MS) ($p < 0.05$). El sustrato no afectó ($p > 0.05$) a la proteína del FVH. La proteína de forraje de acuerdo al material fue de 13.5 ± 0.01 , 20.9 ± 0.01 y $13.8 \pm 0.01\%$, para CP, LP y PN, respectivamente; siendo estadísticamente iguales ($p > 0.05$) en CP y PL y diferentes ($p < 0.05$) a LP. La proteína de acuerdo al sustrato fue 15.2 y 17.1%; para PS y PS+EC, ambos estadísticamente iguales ($p > 0.05$).

Los factores que afectan los contenidos de PC son principalmente la edad de cosecha, pues en el FVH de sorgo se obtuvo 10.4% de PC a 20 días de edad (Vargas, 2008); porcentaje inferior a los obtenidos en la presente investigación; 13.5, 20.9 y 13.8% de PC, a 16 días de edad.

Müller *et al.* (2005) establece que pueden haber reducciones de PC conforme avanza la madurez del cultivo, pues aduce que a una edad de 12 días obtuvo FVH de maíz con 17,4% de PC y a los 14 días se redujo a 13,4%; Sin embargo, el contenido mínimo de PC que debe tener un FVH es de 7%, lo que garantiza la fermentación de los carbohidratos estructurales a nivel de rumen (Van Soest 1994); aunque Tarrillo (2007), considera que rangos normales producción hidropónica deben variar entre 12 - 25% de PC. En términos generales la ventaja del FVH como alimento para el rebaño está en función del contenido nutritivo (proteína 19.4%), energía neta digestible (NTD 75%), grasa (3.15%), digestibilidad (90%) (Bautista y Nava, 2002).

De acuerdo con Vargas (2008), el contenido de nitrógeno en los materiales hidropónicos es mayor a edades tempranas (10 días). Lo anterior se debe a que en las plantas jóvenes el crecimiento está relacionado principalmente, con un aumento en la superficie de las hojas que son los órganos ricos en nitrógeno. Sin embargo, a mayor edad, las partes estructurales además de tornarse preponderantes, incrementan las necesidades de nitrógeno para la síntesis de biomasa, lo que acentúa la dilución del nitrógeno en la planta y en consecuencia existe menor porcentaje de PC en la biomasa activa (Andriolo 1999, citado por Vargas, 2008). Lo que podría responder al resultado obtenido, en la presente investigación, del efecto de MS sobre PC; pues el estimador β_1 para MS fue de -0.18 ($p < 0.05$), es decir, por cada kg de biomasa disminuye la proteína en 0.18%.

8. Conclusiones.

- La producción de FVH, es una alternativa para la producción animal en México, aún en condiciones económicas adversas.
- Respecto al rendimiento de FVH en lámina de polietileno rígido (LP) fue de 57.3%, en comparación con el rendimiento que se puede obtener condiciones de invernadero, pero en este último caso la inversión que se requiere es mayor, por tanto la conveniencia de de hacerse de forraje a menor costo y de buena calidad, permitiría ser una excelente opción como transferencia tecnológica.
- Los costos bajos de la implementación de los diversos materiales para la producción de FVH, podría disminuir el problema del alto costo de la alimentación en los diferentes sistemas de producción, sobre todo en rumiantes.
- El hipoclorito de cloro es el mejor desinfectante para la semilla y el sustrato en la producción de biomasa de FVH; sin embargo es necesario continuar investigando sobre el tipo de desinfectante que puede disminuir la contaminación del FVH con hongos, pues la presencia de éstos disminuye la biomasa final del FVH hasta en 532 g, y consecuentemente la calidad del FVH.
- La pata de sorgo molida utilizado como sustrato en proceso de obtención de FVH, represento un buen desempeño como sustrato, por lo que potencialmente

se pueden mejorar las características nutricionales de un ingrediente que en estas condiciones representa una opción en la alimentación animal.

- La utilización de laminas de polietileno rígido más la utilización de hipoclorito de cloro como desinfectante de semillas y substrato produce un mayor volumen de biomasa de FVH, comparado con el uso de otros desinfectantes y el uso de otros materiales para el desarrollo de la planta; ambos son tecnologías de bajo costo y de fácil obtención en el mercado para los productores de escasos recursos económicos, al igual que el uso de la pata de sorgo.

9. BIBLIOGRAFIA

1. **Arano C. 1998.** Forraje Verde Hidropónico y otras técnicas de cultivos sin tierra. Buenos Aires, Argentina. pp 397.
2. **Bautista S.H. y Nava, Z. J. 2002.** Producción de forraje verde hidropónico de trigo *Triticum aestivum*. Tesis de licenciatura Universidad Autónoma de Guerrero (UAG). pp 78.
3. **Carballo M.C.R. 2008.** Manual de procedimientos para germinar granos para la alimentación animal. [En línea]
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/germinados.htm.Día>
[consultado 24 / 06/09].
4. **Cultivos Hidropónicos. 1992.** Ediciones Culturales VER. Industria Agroquímica Ltda. Fascículo 9. Bogotá Colombia. p.152.
5. **De León M. 2004.** Herramientas para manejar las complejas relaciones “pastura-animal”. Córdoba, Argentina. Producción de Carne Bovina. Boletín Técnico Producción Animal 2 (1).
6. **Elmejorguia. 2009.** Recursos de Hidroponía en español. [En línea]
http://www.elmejorguia.com/hidroponía/Forraje_verde_hidropónico.htm
[Consulta: 20/01/09]

7. **Espinoza F., Argenti P., Urdaneta G., Araque C., Fuentes F., Palma J. y Bello C. 2004.** Uso del forraje de maíz (*Zea mays*) hidropónico en la alimentación de toretes mestizos. *Zootecnia Tropical* 22(4):303-315. 2004.
8. **Estrada F. y Romero E. 2003.** Hidroponía. [En línea]
<http://www.geocities.com/CollegePark/Dorm/7635//Hidroponía/main.html/>
[consulta: 12/11/03].
9. **European lime association 2009.** Guía práctica para la desinfección con cal, [En línea]
http://www.facmed.unam.mx/bmnd/plm_2k8/src/prods/39031.htm
[consultado 24 / 06/09].
10. **Faceun 2009.** Solución electrolizada súper oxidada [en línea]
http://www.facmed.unam.mx/bmnd/plm_2k8/src/prods/39031.htm [consulta 10/02/09].
11. **FAO 2001.** Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los centros de desarrollo infantil del innfa. En: Manual técnico forraje verde hidropónico [En línea] <http://www.rlc.fao.org:80/prior/segalim/forraje.htm> [consulta 05/06/09].
12. **FAO 2005.** Manual técnico “La huerta hidropónica popular” de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la limentación (FAO). [En línea]

http://www.veterinaria.uchile.cl/mundogranja2005/proyectos/integrando_ciencias/archivos/MANUAL_HIDROPONÍA.pdf [consulta 2/junio/09].

13. **Fontana N.H. y González N.C. 2000.** [en línea] <http://www.plagas-agricolas.info.ve/doc/html/malaguti.html> [Consulta: 17/03/2009].
14. **Fumagalli A. y Kunts C. 2002.** Cómo mejorar la oferta forrajera de los sistemas de cría. Cadena de la Carne Vacuna. Tecnologías para nuevos escenarios. Revista IDIAXXI: N°2 2002. p. 73-78.
15. **García H.L.A, Aguilar V.A., Luévano G.A. y Cabral M.A 2005.** La globalización productiva y comercial de la leche y sus derivados. Articulación de la ganadería intensiva lechera de la Comarca Lagunera. Plaza y Valdés editores, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, México, pp. 278.
16. **Glosam 2003.** Ventajas de la Hidroponía. [En línea] <http://www.glosam.com/ventajas.htm> [Consulta: 12/05/09].
17. **Herrera G. J. y Barrera A.** análisis estadístico de experimentos pecuarios SAS 2000. primera edición.
18. **Infocampo 2009.** La venta de invernaderos a productores crece 20% [En línea] <http://www.infocampo.com.ar/infocampo-semanario/10904-la-venta-de-invernaderos-a-productores-crece-20/> [consulta 10/02/09].

19. **Izquierdo J. 2002.** El forraje verde hidropónico (FVH) como tecnología apta para pequeños productores agropecuarios por, Oficial de Producción Vegetal, Publicado por la FAO en 2002
20. <http://www.ovinos.info/010%20Informacion%20basica/010%20Alimentacion/Alimentacion.htm> consulta 1/05/09 [Consulta: 12/05/09].
21. **Molina-Mercado V.M., Gutiérrez-Vázquez E., Herrera-Camacho J., Gómez-Ramos B., Ortiz-Rodríguez R. y Santos Flores 2008.** Caracterización y modelación gráfica de los sistemas de producción bovina en tierra caliente Michoacán: 1. Bovinos productores de carne. Livestock Research for Rural Development 20 (12) 2008.
22. **Müller L., Manfron P., Santos O., Medeiros S., Haut V., Dourado D., Binotto E. y Bandeira A. 2005.** Producción y composición bromatológica de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays L.*) con diferentes densidades de siembra y días de cosecha. Zootecnia Tropical 23(2): 105-119.
23. **Nava N.J.R., Nava Z.J. y Córdoba I.A. (2005).** Alimento balanceado-forraje verde hidropónico en la alimentación de conejos criollos.- Revista Electrónica de Veterinaria REDVET [en línea] <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n111105.html> [Consulta: 10/03/09].

24. **Ocampo S.A. 2002.** Invernaderos y riegos. [En línea]
<http://www.infocampo.com.ar/infocampo-semanario/10904-la-venta-de-invernaderos-a-productores-crece-20/> [Consulta: 20/05/09].
25. **Parícuaro 2009.** [En línea]
<http://www.emexico.gob.mx/work/EMM1/Michoacan/Mpios/16046.htm>
[Consulta: 10/03/09].
26. **Pezo D., Holfmann F. y Arze J. 1996.** Evaluación bioeconómica de un sistema de producción de leche basado en el uso intensivo de gramíneas fertilizadas en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 23 (1): 105-117.
27. **Resh, H.M. 2001.** Cultivos hidropónicos. Mundi-Prensa. [En línea]
http://www.carloshaya.net/chchaya/Prevencion_de_Riesgos/Web/Hipoclorito_sodico.pdf [Consulta: 10/03/09].
28. **Rodríguez S. 2000.** Hidroponía: una solución de producción en Chihuahua, México. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 9.
29. **Román P.H. 1991.** Sistemas de producción bovina de doble propósito en el trópico mexicano: experiencias del INIFAP. En: Memoria del Seminario Internacional sobre Lechería Tropical. FIRA. Villahermosa, Tabasco. Volumen 3:118-131.
30. **SAS 2000.** Statistical Analysis System. Institute Inc. North Caroline. USA.

31. **Tarrillo, H. 2007.** Forraje verde hidropónico de calidad, en la alimentación animal [En línea]. <http://www.ofertasagricolas.cl/articulos/print.php?id=88>
[Consultado 15/06/09].
32. **Van Soest P. 1994.** Nutritional ecology of the ruminant. New York. Cornell University Press. 2 ed. pp 463.
33. **Vargas R.C.F. 2008.** Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. Agronomía mesoamericana 19(2): 233-240.