



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
PROGRAMA DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO CON LIXIVIADO DE
ESTIÉRCOL DE BOVINO, OVINO Y EQUINO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

PRESENTA
JUAN MANUEL HUERTA SPEZZIA

DIRECTOR DE TESIS
DR. ROLANDO RUEDA LUNA

Tlatlauquitepec, Puebla. México Mayo de 2015.



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA
PROGRAMA DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO CON LIXIVIADO DE
ESTIÉRCOL DE BOVINO, OVINO Y EQUINO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA EN AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

PRESENTA
JUAN MANUEL HUERTA SPEZZIA

DIRECTOR DE TESIS
DR. ROLANDO RUEDA LUNA

ASESOR
M.C. EUTIQUIO SONI GUILLERMO

ASESOR
DR. MARCOS PÉREZ SATO

Tlatlauquitepec, Puebla. México Mayo de 2015.

La presente tesis titulada: FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO CON LIXIVIADO DE ESTIÉRCOL DE BOVINO, OVINO Y EQUINO realizado por: Juan Manuel Huerta Spezzia ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA EN AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

Facultad en Agronomía y Zootecnia

Consejo Particular Integrado por:

Firma

Director: Dr. Rolando Rueda Luna

Asesor: M.C. Eutiquio Soni Guillermo

Asesor: Dr. Marcos Pérez Sato

Tlatlauquitepec, Puebla. México. Mayo de 2015.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico: Producción Pecuaria Integral y la línea de investigación Producción de Rumiantes y no Rumiantes, la cual fue financiada con recursos propios y la Línea de Investigación de Fitotecnia del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

DEDICATORIA

A mi Padre JUAN MANUEL HUERTA AROCHE por todo el apoyo que me diste, por que se el esfuerzo que significo y por enseñarme como debe ser un padre para con sus hijos eres y serás siempre mi ejemplo gracias papá

A mi madre ENRRIQUETA SPEZZIA LOPEZ gracias mama por todo el amor que me has dado, la entereza y los cuidados que he recibido de ti gracias mamá muchas gracias sin todo ese amor no lo hubiera logrado.

Para mis hermanas Marussia, Adriana, Andrea y a mi hermano Esteban por el apoyo moral que me dieron por las palabras de aliento que recibía de ustedes y por el esfuerzo que también tuvieron que realizar.

A TERESA ARELLANO ROCHA gracias por tu paciencia y todo el amor que me has brindado sin tu apoyo no lo hubiera logrado te amo.

A mis tías GEMMA SPEZZIA LOPEZ y ANGELA SPEZZIA LOPEZ por su cariño y el apoyo que les dieron a mis papas y hermanos y sé que siempre cuento con ustedes muchas gracias tías

A todos mis maestros por su amistad y el conocimiento brindado por que con ello se que estoy más que preparado para afrontar todos los retos que se presenten en mi vida laboral

A mis amigos y compañeros, Gustavo Hernández Vázquez, Juan Antonio Rodríguez Luna, Osvaldo Hernández Tapia, Ricardo Castillo Tototzintle por que más que amigos fueron mi familia durante estos años gracias por ser mis amigos hasta siempre.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos y tías por brindarme amor, cariño y porque en el momento más difícil de mi vida nunca me abandonaron pero también por el apoyo económico que me dieron durante todos estos años, a mis hermanos y a Tere que siempre me dieron su apoyo para seguir adelante.

Al programa de Ingeniería en Agronomía y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por haberme permitido realizar mi formación profesional como Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

Al Dr. Rolando Rueda Luna por su amistad, el apoyo, la paciencia y todos los conocimientos que me ha brindado muchas gracias Doctor en mi encontrara siempre a un amigo cuenta conmigo para lo que Usted necesite de verdad muchas gracias.

Al M.C. Eutiquio Soni Guillermo por su amistad, el apoyo, colaboración y los consejos brindados durante mi estancia en esta universidad.

Al Dr. Marcos Pérez Sato por haberme brindado su amistad y por los conocimientos y todos esos buenos momentos de convivencia que ocurrieron durante mi estancia en esta institución.

Al M.C. Marcelino Becerril Herrera por su amistad y por todo lo que me enseñó durante mi estancia en esta unidad académica, nunca lo olvidare.

Al Dr. Numa P. Castro González por su amistad y por haber compartido conmigo un poco de su gran experiencia en el sector agropecuario durante mi estancia en este programa educativo y por el apoyo para la realización de esta tesis

Al departamento de investigación en ciencias agrícolas de esta universidad por haberme brindado todas las facilidades para la realización de este trabajo de investigación particularmente al biólogo. M.C. José Mariano López Fuentes, al M.C. Eduardo Pablo Calderón Fabián, al Químico Cesar Calderón Fabián gracias por su apoyo

A la Unidad de Lombricultura del Colegio de Ingeniería Agroindustrial, por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo de investigación.

A mis amigos, compañeros de clase y universidad por todos esos momentos de alegría y convivencia nunca los olvidare.

A todas las personas que han colaborado en la realización de este trabajo de investigación y que han estado presentes en todos los momentos en los que los he necesitado, a los que creyeron en mí y a los que me brindaron su amistad incondicional.

“la agricultura es la profesión propia del sabio, la más adecuada al sencillo y la ocupación más digna para todo hombre libre”

Cicerón.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pagina
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACS.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos particulares	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1 Antecedentes.....	5
4.2 Fertilización orgánica.....	8
4.3 Lixiviados	8
V. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1 Ubicación de los experimentos.....	12
5.2 Selección de la semilla	12
5.3 Pesado de las semillas	12
5.4 Lavado y desinfectado de las semillas	13
5.5 Remojo de las semillas	14
5.6 Siembra	14
5.7 Características de la Cámara de Germinación	15
5.8 Riego	15
5.9 Fertilización.....	17
5.10 Producción de lixiviados	17
5.10.1 Trabajo de campo.....	17
5.10.2 Prueba de la caja	18
5.10.3 Trabajo de laboratorio.....	20
5.10.4. Análisis estadístico	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
6.1 Composición química del lixiviado de ovino, equino y bovino	21
6.2 Solución Nutritiva.....	21
6.3 Lixiviado de bovino	24
6.4 Lixiviado de ovino.....	26
6.5 Lixiviado equino	28
6.6 Concentrado general	30
6.6.1 Altura de planta.....	30
6.6.3 Peso total, peso fresco y peso seco	35
VII. CONCLUSIONES	37
VIII. LITERATURA CITADA	38
IX ANEXO FOTOGRAFICO	41

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1 composición de la solución nutritiva.....	17
Cuadro 2 composición química de los tres lixiviados en estudio.....	22
Cuadro 3. Altura de planta (cm) sobre datos acumulados. Solución nutritiva...	23
Cuadro 4. Porcentaje de germinación. Solución nutritiva.....	24
Cuadro 5. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Solución nutritiva.....	24
Cuadro 6. Altura de planta (cm). Sobre datos acumulados lixiviado de bovino.	25
Cuadro 7. Porcentaje de germinación. Lixiviado de bovino.....	26
Cuadro 8. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Lixiviado de bovino.....	27
Cuadro 9. Altura de planta (cm). Sobre datos acumulados. Lixiviado de ovino..	27
Cuadro 10. Porcentaje de germinación. lixiviado de ovino.....	28
Cuadro 11. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Lixiviado de ovino.....,,,,,	29
Cuadro 12. Altura de planta (cm). Sobre datos acumulados. Lixiviado de equino.....	29
Cuadro 13. Porcentaje de germinación. lixiviado de Equino.....	30
Cuadro 14. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. lixiviado de equino.....	31
Cuadro 15. Altura de planta (cm). Sobre datos acumulados de trigo, maíz y avena.....	32
Cuadro 16. Interacciones. Altura de planta (cm). Sobre datos acumulados de trigo, maíz y avena.	33
Cuadro 17. Porcentaje de germinación en semillas de trigo, maíz y avena con los diferentes tratamientos. Datos acumulados.....	34
Cuadro 18. Interacciones. Porcentaje de germinación en semillas de trigo, maíz y avena con los diferentes lixiviados. Datos acumulados.....	35

Cuadro 19. Peso total, peso fresco y peso seco de planta de trigo, maíz y avena con los diferentes lixiviados. Datos acumulados.....	36
Cuadro 20. Interacción. Peso total, peso fresco y peso seco de planta de trigo, maíz y avena con los diferentes lixiviados. Datos acumulados.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Pesado de las semillas de avena y trigo.....	13
Figura 2. Segunda etapa Lavado (izquierda) y escurrido (derecha) de semillas.....	13
Figura 3. Etapa de pre-germinación de semillas.....	14
Figura 4. Semillas sembradas en las charolas.....	14
Figura 5. Charolas colocadas en la cámara de germinación.....	15
Figura 6. Cámara de germinación (izquierda) y programador de riego.....	16
Figura 7. Camas adaptadas para la recolecta de lixiviados.....	18
Figura 8. Camas adaptadas para la recolecta de lixiviados.....	18
Figura 9. Peso de sustratos (estiércoles).....	18
Figura 10 y 11. Prueba de la caja a los diferentes sustratos.....	19
Figura 12. Hidrocultivo.....	41
Figura 13. llenado de charolas.....	41
Figura 14. Germinación de semillas.....	42
figura 15. Emergencia de plántulas.....	42
Figura 16. Semillas de maíz al tercer día de sembrada.....	43
Figura 17. Semillas de trigo al tercer día de sembradas.....	43
Figura 18. Crecimiento de plantas.....	44
Figura 19. Altura del cultivo de trigo a los ocho días de siembra.....	44
Figura 20. Cultivo de maíz, trigo y avena al día de la cosecha.....	45
Figura 21. Cultivo de maíz al día de la cosecha.....	45
Figura 22. Cultivo de trigo día de la cosecha.....	46
Figura 23 Sistema radicular del FVH.....	46

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar efecto de lixiviados de lombriz a partir de estiércol de bovino, ovino, equino y fertilización inorgánica sobre el rendimiento y valor nutrimental de forraje verde hidropónico (FVH) de semillas de trigo, maíz y avena. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con 12 tratamientos y tres repeticiones. Se compararon semillas de tres especies (trigo, maíz y avena) x 3 lixiviados (bovino, ovino y equino) más el testigo a base de solución nutritiva. Los resultados mostraron que los lixiviados de bovino, ovino y equino tuvieron un efecto positivo en altura de las plantas, asimismo se presentó una interacción positiva en la altura de las plantas de trigo con la solución nutritiva. La producción de biomasa fue mayor con la adición de lixiviado de bovino, solución nutritiva, ovino y equino, respectivamente. Se concluye que el trigo interaccionó positivamente con la solución nutritiva y lixiviado de bovino presentando la mayor biomasa respecto a maíz y avena.

Palabras clave: nutrición, cultivos sin suelo, valor nutrimental, biomasa.

ABSTRACTS

The aim of this study was to evaluate the effect of earthworm leachate from manure from cattle, sheep, horses and inorganic fertilization on yield and nutritional value of hydroponic green forage (HGF) of seed wheat, corn and oats. A randomized complete block design with 12 treatments and three replicates was used. Seeds of three species (wheat, corn and oats) x 4 leachate (cattle, sheep and horses) plus control based on nutrient solution were compared. The results showed that leachate from cattle, sheep and horses had a positive effect on plant height, also showed a positive interaction at the height of wheat plants with nutrient solution. Biomass production was greater with the addition of cattle leachate, nutrient solution, sheep and horses, respectively. It is concluded that wheat interacted positively with the nutrient solution and cattle leachate presenting the highest biomass relative to corn and oats.

Keywords: nutrition, soilless, nutritional value, biomass.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad los insumos agrícolas para alimentar al ganado se ha convertido en un reto para la ganadería, a causa de que tanto los granos y forrajes producidos convencionalmente como los alimentos balanceados han incrementado considerablemente sus costos de producción y en ocasiones los ganaderos tienen la necesidad de desplazarse a lugares lejanos para conseguir estos productos, lo que implica un gasto mayor para poder alimentar al ganado.

Si bien, gran parte del territorio nacional utiliza como sistema productivo el pastoreo, esta actividad en el sector agropecuario durante los últimos años se ha visto afectada de forma muy negativa como consecuencia del cambio climático al alterar el periodo de lluvias afectando directamente la producción de pastos dando como resultado que los animales no tengan alimento y en ocasiones ni siquiera agua para beber. En áreas urbanas también existe un desabasto de forraje para la alimentación del ganado de traspatio, al no contar con terreno suficiente para producir forraje de forma convencional. Por ello, la producción de forraje verde hidropónico (FVH) representa una alternativa viable por ser un sistema de producción de forma intensiva y generación de productos con alta riqueza proteica y de fácil palatabilidad lo que favorece el consumo para diversos animales de granja, entre ellos, vacas, caballos, chivos, borregos, gallinas, conejos y cerdos. Además, los costos de producción suelen ser bajos y la capacidad de conversión es muy alto, por ejemplo de 1.7 kilos de grano de maíz se pueden obtener hasta 12 kg de FVH en un periodo de 12 días después de sembrado, y se puede producir durante todo el año. Asimismo, estos sistemas se justifican en lugares donde el agua disponible cumpla con las condiciones mínimas para ser utilizada para producir FVH, e incluso en áreas no adecuadas para la agricultura debido a suelos salinos, pedregosos o altamente erosionados.

En busca de ser más amigable con el medio ambiente en los sistemas de producción primaria (agricultura, ganadería, forestaría, pesca) se ha tratado de sustituir por diferentes vías el uso de agroquímicos por productos orgánicos considerando que son productos naturales, algunos son derivados de la lombricultura. En este marco de referencia, en nuestro país, se cuenta con la Norma Oficial Mexicana (NMX-FF-109-SCFI-2007) para los subproductos obtenidos a través

de la lombricultura, denominado humus de lombriz o lombricomposta que regula su designación y clasificación del producto como la granulometría, pureza, humedad, contaminantes, madurez y características fisicoquímicas, entre otras, así como el envasado, embalaje y etiquetado. Sin embargo, la norma no contempla los subproductos de la lombricultura denominado “humus de lombriz en presentación líquida”, por lo tanto, no se tiene un referente normativo que especifique la calidad que debe cumplir este subproducto líquido que se produce y se comercializa en territorio nacional.

Actualmente la práctica de la lombricultura genera varios subproductos como fertilizantes o biofertilizantes líquidos, tal es el caso del “te de humus”, o los controversiales “lixiviados de humus” para uso en la agricultura, en la ganadería o avicultura, pero como se ha comentado anteriormente no existe normatividad en estos subproductos, es decir, no se han homologado estas terminologías o definiciones en diferentes países donde se realiza la lombricultura y se utilizan estos subproductos en presentación líquida, y más aun no se tiene normatividad en su caracterización fisicoquímica y bacteriológica, que permita definirlos como biofertilizantes o en su caso como nutrimentos complementarios en la nutrición vegetal. No obstante, los abonos orgánicos líquidos llamados lixiviados de primera, segunda y tercera vuelta, son el resultante o producto obtenido del drenaje de canteros utilizados en la producción de lombrices.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el FVH con 3 lixiviados de lombriz a partir de estiércol de bovino, ovino, equino y fertilización inorgánica.

2.2 Objetivos particulares

Determinar el contenido nutrimental de los lixiviados de la lombricomposta a partir de estiércol de bovino, ovino y equino.

Evaluar el FVH de maíz, trigo y avena fertilizados de manera tradicional y con la adición de tres lixiviados orgánicos.

Evaluar la calidad del FVH de maíz, trigo y avena fertilizados con lixiviados de origen orgánico.

III. HIPÓTESIS

Al menos una de las tres semillas estudiadas (maíz, trigo y avena) presentará alto potencial productivo mediante la incorporación de lixiviado de estiércol de bovino, ovino, equino y fertilización inorgánica conducido en cultivo hidropónico.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Antecedentes

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 alimento o forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apto para la alimentación animal. En la práctica, el FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento bajo condiciones ambientales controladas (luz, temperatura y humedad) en ausencia del suelo. Usualmente se utilizan semillas de avena, cebada, maíz, trigo y sorgo. (Cortazzo *et. al.* 2002)

La producción del FVH es tan solo una de las derivaciones prácticas que tiene el uso de la técnica de los cultivos sin suelo o hidroponía y se remonta al siglo XVII cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627-1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Pocos años después, John Woodward produjo germinaciones de granos utilizando aguas de diferentes orígenes y comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de los granos así como la composición del forraje resultante (Huterwal, 1992 y Níñez, 1988).

El proceso del FVH se realiza en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días, realizándose riegos con agua hasta que los brotes alcancen un largo de 3 a 4 centímetros. A partir de ese momento se continúan los riegos con una solución nutritiva la cual tiene por finalidad aportar los elementos químicos necesarios (especialmente el nitrógeno) necesarios para el óptimo crecimiento del forraje, así como también el de otorgarle, entre otras características, su alta palatabilidad, buena digestibilidad y excelente sustituto del alimento concentrado (Less, 1983; Hidalgo, 1985, Morales, 1987; Chen, 1975; Less, 1983; Níñez, 1988; Santos, 1987 y Dosal, 1987).

La producción de biomasa vegetal de alta sanidad y calidad nutricional además de producirse en un periodo muy corto de tiempo se obtiene en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. Es conveniente mencionar que la tecnología del FVH es complementaria

y no competitiva a la producción convencional de forraje a partir de especies aptas (avena, mezclas de trébol y gramíneas, alfalfa, etc.) para cultivo forrajero convencional. (Cortazzo *et. al.* 2002)

Dentro del contexto anterior, el FVH representa una alternativa de producción de forraje para la alimentación de corderos, cabras, terneros, vacas en ordeño, caballos de carrera, conejos, pollos, gallinas ponedoras, patos, cuyes y chinchillas, entre otros animales domésticos y especialmente útil durante períodos de escasez de forraje verde. (Cortazzo *et. al.* 2002).

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores como consecuencia de déficits alimentarios o faltas de forraje, henos, ensilajes o afectando negativamente la producción o limitando el acceso al forraje producido en forma convencional para alimentación de los animales. Ejemplos dramáticos de estas situaciones han sido el "terremoto blanco" de nieve de 1995 en el Sur de Chile, la sequía de 6 meses en 1999 que afectó el Cono Sur de América Latina o la sequía que afectó significativamente desde los primeros meses del 2001 a la Vertiente Pacífico de Mesoamérica con resultados adversos sobre la seguridad alimentaria de la población, especialmente la de los pequeños agricultores localizados en zonas de laderas degradadas (Cortazzo *et. al.* 2002).

Asimismo, el frecuente anegamiento de los terrenos por exceso de precipitaciones limita por períodos prolongados la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales causando en general, alta mortalidad y pérdidas de peso o de producción. Estos fenómenos naturales adversos, cada vez más comunes producto de la alta variabilidad climática, ocurren sin que se cuenten muchas veces con suficientes reservas de pasturas, henos o ensilados. Ello redundaría en la necesidad de contar con alternativas de producción de forraje que permitan paliar o prevenir pérdidas productivas (abortos, pérdida de peso, escaso volumen de leche, demoras y/o problemas de fertilidad, etc.) especialmente a nivel de los pequeños y medianos productores ganaderos o de animales menores (Cortazzo *et. al.* 2002).

Frente a estas circunstancias de déficit alimentario, surge como una alternativa válida, la implementación de un sistema de producción de FVH. Al respecto se han realizado un gran

número de experimentos y experiencias prácticas comerciales que han demostrado que es posible sustituir parcialmente la materia seca que aporta el forraje obtenido mediante métodos convencionales, así como también aquel proveniente de granos secos o alimentos concentrados por su equivalente en FVH (Cortazzo *et. al.* 2002).

Se ha encontrado un aumento significativo de peso vivo en corderos precozmente destetados al suministrarles dosis crecientes de FVH hasta un máximo comprobado de 300 gramos de materia seca al día (Morales, 1987), aumento de producción en aves domésticas (pollos, gallinas, patos, gansos, etc.) a partir del uso del FVH (Falen y Petersen, 1969 y Bull y Petersen, 1969 citados por Bravo Ruiz, 1988), lográndose sustituir entre un 30 a 40 % de la dosis de ración peleteada pero asociado al riesgo, en casos de exceso en el uso de FVH, de un incremento de excreta de heces líquidas y fermentaciones aeróbicas del estiércol, malos olores de los locales, aumento de insectos voladores no deseados y aumento de enfermedades respiratorias especialmente en verano. Ganancia de peso en cerdos con una alimentación a base de FVH (Sánchez, 1996 y 1997). También se reporta un aumento de producción en vacas lecheras a partir del uso de FVH obtenido de semillas de avena variedad “Nehuén” y cebada cervecera variedad “Triumph” existiendo también en este caso antecedentes en el uso del maíz, sorgo, trigo, arroz y triticale. (Sepúlveda, 1994). En conejos se reporta una ganancia de peso (2,1 a 2,3 kg de peso vivo) a los 72 días de edad modificando su alimentación a base de FVH hasta en un 75%. Estos resultados han tenido un alto impacto técnico, económico y social en Uruguay (Rincón de la Bolsa) posibilitando la generación de ingresos, la alimentación familiar y el mantenimiento de la producción a mini productores cunícolas afectados por los altos costos de los concentrados (Sánchez, 1997).

La eficiencia del sistema de producción de FVH es muy alta. Estudios realizados en México (Lomelli, 2000), con control del volumen de agua a aplicar, luz, nutrientes y CO₂ (anhídrido carbónico), demostraron que a partir de 22 kg de semillas de trigo es posible obtener en un área de 11,6 m² (1.89 kg semilla/m.c.) una óptima producción de 112 kg de FVH por día (9.65 kg FVH/m²/día). En todos los resultados mencionados anteriormente el sistema de producción de FVH ha posibilitado obtener mayor calidad de carne, aumento del peso vivo a la fecha de faena, aumento en la proporción de pelo de primera en el vellón de

conejos, mayores volúmenes de leche, aumento de la fertilidad y disminución de los costos de producción por sustitución parcial de la ración por FVH (Hidalgo, 1985; Morales, 1987; Pérez, 1987; Bravo, 1988; Valdivia, 1996; Sánchez, 1997 y Arano, 1998).

4.2 Fertilización orgánica

Los abonos orgánicos se fundamentan en el aprovechamiento de la biomasa de las plantas, residuos vegetales postcosecha, excrementos animales, lodos residuales, desechos industriales, agroindustriales y urbanos. Son desechos sólidos, líquidos y semilíquidos que procesados y aplicados al suelo mejoran sus condiciones físicas, químicas y biológicas (Cortazzo *et. al.* 2002).

En la actualidad existe una gran variedad de métodos, técnicas y prácticas (biodegradación, biodigestión y lombricultura) dirigidas al manejo de desechos orgánicos que permiten su aprovechamiento como materia prima para la elaboración de abonos orgánicos contribuyendo a resolver problemas de contaminación ambiental (Cortazzo *et. al.* 2002).

El abono orgánico es considerado como un producto fertilizante de lenta liberación cuya acción se prolonga en el tiempo (acción residual) que contribuyen a mejorar la calidad del ecosistema y favorecer la producción sostenible de alimentos (Cortazzo *et. al.* 2002).

4.3 Lixiviados

Los abonos orgánicos líquidos llamados lixiviados de primera, segunda y tercera vuelta, son el resultante o producto obtenido del drenaje de canteros utilizados en la producción de lombricomposta (Reineset 2006). Actualmente de la lombricultura se han generado varios subproductos como fertilizantes o biofertilizantes líquidos, tal es el caso del “Te de humus” (Casco Iglesias, 2005), o los controversiales “lixiviados de humus” para uso en la agricultura (De Sanzo, 2007), o en ganadería y avicultura (De Sanzo, 2009).

Al no existir normatividad en estos subproductos no se han homologado estas terminologías o definiciones en los diferentes países donde se realiza la lombricultura y se utilizan estos subproductos en presentación líquida, y más aun no se tiene normatividad en su caracterización fisicoquímica y bacteriológica, que permita definirlos como biofertilizantes o

en su caso como nutrimentos complementarios en la alimentación animal, pero sí se catalogan como abonos orgánicos. Estos lixiviados aumentan el vigor de las plantas y las protegen de enfermedades de la raíz, mejora el intercambio catiónico, aportan elementos nutritivos esenciales para el buen desarrollo de las plantas y evita clorosis férrica en las plantas (Cortazzo *et. al.* 2002).

Salas *et al.* (2012) mencionan en su investigación titulada Rendimiento, Calidad Nutricional, Contenido Fenólico y Capacidad Antioxidante de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea Mays* L.) Producido en Invernadero Bajo Fertilización Orgánica que la fertilización utilizada afectó significativamente ($p < 0,01$) el contenido de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) de los forrajes, obteniéndose el mayor contenido de MS (materia seca) con el tratamiento TC (té de compost), mientras que TVC (té de vermicompost) y SQ (solución nutritiva) obtuvieron los contenidos de PC más altos. Sin embargo, el rendimiento, contenido de fenólicos (CF) y capacidad antioxidante (CA) del FVH de maíz no fueron afectados por el tipo de fertilización ($p > 0,05$). Asimismo, todos los atributos nutritivos evaluados se encontraron dentro de los rangos recomendados para forrajes de calidad. El FVH producido tuvo valores bajos tanto en CA (262,9-300,1mM equivalente en Trolox/g BS) como en CF (1,25-1,28 mg AG equivalente/g BS). Dichos valores de capacidad antioxidante y contenido fenólico pudieran ser atribuidos a la corta edad del forraje al momento de la cosecha, además de que las plantas no estuvieron expuestas a factores de estrés dadas las condiciones controladas en el invernadero. Las soluciones nutritivas orgánicas aplicadas pueden ser utilizadas en la producción de FVH en invernadero, debido al rendimiento y a la composición nutricional del forraje de maíz obtenido.

Salas *et al.* (2010) en otra de sus investigaciones denominada Rendimiento y Calidad Del Forraje Hidropónico Producido Bajo Fertilización Orgánica reportan que la calidad del FVH se encuentra dentro de los valores recomendados para su uso en alimentación animal. Los factores evaluados tuvieron efecto significativo: TF y DC sobre todas las variables, G sobre PC (proteína cruda) y FAD (fibra detergente acida). En rendimiento y calidad nutrimental el FVH fertilizado con té de compost fue similar comparado con la fertilización química, excepto para FAD. A los 16 DC el FVH manifestó efectos positivos sobre

rendimiento, MS (materia seca), FAD y FND (fibra detergente neutra). El maíz híbrido superó al criollo en todas las variables evaluadas.

Gómez *et al.* (2012) en su trabajo de tesis que lleva por título Evaluación del Rendimiento de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea Mayz L.*) con Tres Tipos de Abonos Orgánicos, Bokashi, Biol Y Humus Líquido. Mencionan que el peso húmedo, según el análisis estadístico no hubo diferencia significativa, indicando que todas las medias de los tratamientos son estadísticamente iguales. Referente al peso seco el mayor promedio se obtuvo en el T1 (Bokashi) con un total de 743,20 g, que representa un 75,46% de materia seca. Este resultado si fue significativo con respecto al resto de los tratamientos. Concluyéndose que el tratamiento que tuvo mayor efectividad en el aporte de materia seca fue el T1 (Bokashi).

Cerrillo *et al.* (2012) en su artículo titulado Producción de Biomasa y Valor Nutricional del Forraje Verde Hidropónico de Trigo y Avena donde se estimó la producción de biomasa y el valor nutricional de forraje verde hidropónico (FVH) de trigo y avena. Obtuvieron los siguientes valores, producción de biomasa (13,0 kg FVH/m²), contenido de proteína (15,6%, base MS), producción de gas a partir de la fracción lentamente fermentable b (57ml/200 mg MS), tasa constante de producción de gas c (5,8%/h), contenido de EM (energía metabolizable 2,5Mcal•kg⁻¹ MS) y contenido de proteína metabolizable (73g•kg⁻¹ MS), indican alta disponibilidad de nutrientes y energía. Valores más altos de digestibilidad verdadera de la MO (materia organica) in vitro (78%) y de energía metabolizable (2,7Mcal EM/kg MS) del FVH de trigo respecto al de avena (72,8% dig. In vitro MO y 2,2Mcal EM/kg MS, respectivamente) pueden servir para definir la forma de utilizar el FVH de ambas especies en sistemas de alimentación de rumiantes. El costo de producción del FVH de trigo (2,29 pesos mexicanos/kg MS) es 82% del costo de 1kg de semilla de trigo original, lo cual reduce el costo de alimentación de rumiantes. Las variables nutricionales evaluadas indican que el FVH ofrece buena calidad nutritiva para rumiantes.

Otro ejemplo de la utilización de abonos orgánicos como fuente de nutrientes en los sistemas agrícolas es el trabajo reportado por Preciado *et al.* (2011) en su publicación titulada Evaluación de Soluciones Nutritivas Orgánicas en la Producción de Tomate en Invernadero

donde reportan que los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Con la fertilización inorgánica se obtuvieron los mayores contenidos de N (nitrógeno) foliar y $N-NO_3$ en el extracto celular de pecíolos, contenido de clorofila, así como un mayor rendimiento de frutos de tomate, sin embargo, se presentaron valores más bajos de sólidos solubles, con respecto a los obtenidos con los tratamientos de fertilización orgánica. Dentro de los tratamientos de fertilización orgánica, el té de vermicompost sobresalió con un mayor rendimiento de fruto. Los resultados sugieren que el té de vermicompost puede representar una alternativa ambientalmente amigable respecto al uso de soluciones nutritivas convencionales en la producción de tomate en invernadero (Patlax 2013)

Patlax (2013) en su trabajo de experiencia recepcional titulado Té de Lombricomposta y Solución Nutritiva en la Producción de Acelga (*Beta Vulgaris*) en Invernadero con Sistema de Raíz Flotante se encontró que en té de lombricompost (TL) el pH alcanzó valores altos (7.6 a 8.0) provocando deficiencias nutrimentales y reducción del rendimiento. En relación al T7 (PFH=78 g, PSH=4.1g) las plantas en TL (T1, T2) el PFH fue menor en 80% y 71% en PSH, al combinarse con SND la reducción fue sólo del 48 y 19% para T1 y de 63 a 53% en T2. Con reducción en área foliar en 48, 63, 34, 18, 48 y 60% respectivamente en orden para T1 a T6 en base a $T7= 774 \text{ cm}^2$. Se demostró que el TL aumenta significativamente el pH del medio con reducción del crecimiento de las plantas. Sin embargo, el T1 sólo o en combinación con SND al 50% resultó con perspectivas si se controla el pH. Con este objetivo se estableció el ensayo 2 comparando el T1, T3 y T4 con SND al T5=50%, T6=25% y T7=SN a 100%; controlando pH de 5.5 a 6.5, se definió y demostró que el TL por sí sólo no contiene los nutrimentos necesarios para el desarrollo de las plantas, al encontrarse deficiencias leves de nutrimentos y reducción del peso fresco de las hojas en un 63% con respecto al testigo (88.6 g). Las SND tampoco llenan los requerimientos nutricionales de las plantas al reducir en un 49% su crecimiento. Sin embargo, al combinarse el TL con SND al 50% las plantas alcanzaron valores de 71.2 g con un 19% menos que T7. Se demuestra entonces que el TL suplementado con SND al 50% se logran cosechas sin detrimento significativo del rendimiento del cultivo y sin mostrar deficiencias nutricionales, garantizando plantas de calidad si se controla el pH a 5.5 a 6.5.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación de los experimentos

Los ensayos de Forraje de Forraje Verde Hidropónico (FVH) se llevaron a cabo en un hidrocultivo ubicado en las instalaciones del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (DICA-ICUAP) en la zona de Ciudad Universitaria en la ciudad de Puebla.

Los canteros de lombricompostaje se ubicaron en la Unidad de Lombricultura del Colegio de Ingeniería Agroindustrial, ubicado en Carretera Acatzingo-Nopalucán, km 9. El trabajo se desarrolló en dos etapas fundamentales: campo y laboratorio.

Los ensayos se realizaron en las siguientes fechas:

15 a 27 de junio del año 2013: Primer hidrocultivo utilizando solución nutritiva.

12 a 25 de julio del año 2013: Segundo hidrocultivo utilizando lixiviado bovino.

17 a 30 de agosto del año 2013: Tercer hidrocultivo utilizando lixiviado ovino.

26 de septiembre a 10 de octubre del año 2013: Cuarto hidrocultivo utilizando lixiviado equino.

5.2 Selección de la semilla

Se utilizó semilla criolla de trigo, maíz y avena. La elección de las semillas dependió de la disponibilidad en el mercado. En términos ideales, se debe usar semilla de buena calidad, de origen conocido, adaptadas a las condiciones locales, disponibilidad y alta viabilidad. Se tuvo cuidado que las semillas elegidas para la producción de forraje se encontraran libres de piedras, paja, tierra, semillas dañadas, presencia de semillas de otras plantas.

5.3 Pesado de las semillas

Con ayuda de una báscula digital se pesaron las semillas previamente seleccionadas a razón de 3.6 kg para trigo, 4.5 kg para maíz y 3 kg para avena. La diferencia del peso en el contenido por charola se debe al tamaño de las semillas, previamente se realizaron pruebas para establecer el peso según charola y especie a germinar con la finalidad de que no se

apelmazaran en el espacio y evitar problemas de germinación y presencia de hongos fitopatógenos. (Figura 1).



Figura 1. Pesado de las semillas de avena y trigo.

5.4 Lavado y desinfectado de las semillas

Las semillas se depositaron en cubetas llenas con agua y se lavaron agitándolas con las manos, posteriormente se escurrieron con ayuda de una coladera. Asimismo, se quitaron las semillas y la basura que quedaron flotando. Éste procedimiento se repitió 2 veces. A continuación se prosiguió a desinfectar las semillas llenando nuevamente las cubetas con agua y añadiéndoles una pequeña cantidad de cloro. Las semillas se agitaron durante 10 minutos aproximadamente y luego fueron enjuagadas con agua corriente 2 veces (figura 2).



Figura 2. Segunda etapa lavado (izquierda) y escurrido de semillas (derecha).

5.5 Remojo de las semillas

Una vez lavadas y desinfectadas las semillas se procedió a remojar las semillas durante 24 horas a la sombra para favorecer una pregerminación uniforme (figura 3).

5.6 Siembra

Una vez transcurrido el tiempo de pregerminación establecido, las semillas fueron depositadas en charolas de plástico de 80 x 30 cm. (figura 4). Para el caso del trigo 3.6 kg por charola, para maíz 4.5 kg y para la avena 3 kg. Las charolas con la semilla se colocaron dentro de la cámara de germinación (figura 5).



Figura 3. Etapa de pregerminación de semillas.



Figura 4. Semillas sembradas en las charolas.



Figura 5. Charolas colocadas en la cámara de germinación.

5.7 Características de la Cámara de Germinación

En lo que respecta a la cámara de germinación, esta tiene un tamaño de 2.5 m², posee una serie de cuatro lámparas, las cuales aportan la luz necesaria a las plantas para su crecimiento y desarrollo, el riego se realiza por aspersion mediante un sistema recirculante. La capacidad del hidrocultivo es de 500 litros de agua, que al estar recirculando alcanza a cubrir los 12 días que se mantiene el forraje verde hidropónico antes de ser cosechado. (ver anexo fotográfico figura 12)

Todas las operaciones realizadas dentro de la cámara de germinación (programación del riego, encendido de las luces e incluso de la cámara misma) son controladas mediante un programador de riego (figura 6).

5.8 Riego

Una vez puestas las charolas dentro de la cámara de germinación se programó el riego cada 2 horas por un lapso de 5 minutos durante 24 horas, que es el tiempo que permanece encendida dicha cámara.



Figura 6. Cámara de germinación (izquierda) y programador de riego (derecha).

El riego se realizó durante 12 días, en el transcurso de los cuales se realizaron mediciones periódicas así como también se tomaron fotografías de la altura, el porcentaje de germinación y observaciones en general sobre el aspecto de las semillas y las plantas, tales como color, que estuvieran sanas, aparición de las primeras hojas, desarrollo de las plantas, entre otras. Para dicho procedimiento, las charolas se numeraron del uno al tres y los datos fueron tomados por número de charola de cada semilla (ver anexo fotográfico figura 19).

El desarrollo de los experimentos se llevaron a cabo en un hidrocultivo para ello, se utilizó un diseño experimental de 3 especies (trigo, maíz y avena) x 4 lixiviados (bovino, ovino y equino) más el testigo que fue a base de solución nutritiva con tres repeticiones cada uno. Cada unidad de repetición estuvo representada por cada charola de cultivo.

5.9 Fertilización

La fertilización inorgánica fue a base de una solución nutritiva cuya composición se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición de la solución nutritiva.

Nutriente	Cantidad
Ácido nítrico	106.2 ml
Ácido fosfórico	31.1 ml
Nitrato de potasio	96.8 g
Nitrato de calcio	35.6 g
Nitrato de amonio	13.3 g
Micronutrientes	5 ml

Fuente departamento de investigación en ciencias agrícolas BUAP.

La fertilización orgánica consistió en los lixiviados obtenidos del proceso de lombricompostaje según su procedencia: ovina, equina y bovina. En el apartado de resultados se presentan los valores de la composición química de los lixiviados antes mencionados.

La nutrición de las plántulas se inició al sexto día a partir de que las charolas con la semilla se metieron en el hidrocultivo. En todo momento se tuvo cuidado de mantener un pH ligeramente ácido entre valores de 5.5 y 6.5.

Las lámparas se encendieron en el momento en que emergieron las plántulas, este proceso se llevó a cabo aproximadamente a los cuatro días después de la etapa de pregerminación.(ver anexo fotográfico figura 18)

5.10 Producción de lixiviados

5.10.1 Trabajo de campo

Se visitó la Comunidad del Carmen Serdán, Acatzingo de Hidalgo, Puebla, en donde se seleccionaron a tres productores ganaderos de bovinos, ovinos y equinos, cuya alimentación primaria de los animales es el pastoreo. Una vez seleccionados los productores se procedió a la colecta de 160 kg de cada estiércol para tener una muestra representativa de cada uno de ellos. Se homogeneizaron por separado y se obtuvieron 120 kilogramos de cada uno.

Se llevaron a la unidad de lombricultura donde se precompostearon por 20 días, se les agregó agua y fueron removidos cada tercer día, posteriormente se les realizó a cada uno de los estiércoles la prueba de la caja, para determinar si cumplían con las características idóneas de humedad, pH y temperatura. (figura 7 y 8)



Figura 7(izquierda) y 8 (derecha). Camas adaptadas para la recolecta de lixiviados.



Figura 9. Peso de sustratos (estiércoles).

5.10.2 Prueba de la caja

Para la prueba de la caja se colocó 150 gramos de cada uno de los estiércoles en un recipiente de unicel del número 4; se pusieron 50 lombrices adultas, las cuales fueron colocadas en el centro del recipiente (Colomer y Gallardo, 2007) y se observaron por 15 minutos para ver la respuesta a él. Al observar que las lombrices se habían ocultado en el alimento se dejaron reposar por 24 horas para posteriormente revisarlas (Calderón *et al.*, 2003). Pasadas las 24 horas de haber sido colocadas, se revisaron. El resultado fue, que el 100% de las lombrices se encontraron vivas y distribuidas en el alimento, por lo que fue el

indicador de que el alimento fue preparado adecuadamente y cumple con las características idóneas de humedad (80%), temperatura (22°C) y pH (7.2) para ser ingerido por las lombrices (Reines *et al.*, 2006). (Figuras 10 y 11)



Figura 10 y 11: Prueba de la caja a los diferentes sustratos.

Una vez alcanzadas las características apropiadas, se colocaron por separado cada uno de los estiércoles en camas independientes de 1 metro de ancho por 1 metro de largo y 20 centímetros de alto, acondicionadas para almacenar 120 kg de residuos sólidos orgánicos y para la obtención de lixiviado (figura 8).

La cantidad de estiércol colocado en las camas fue de 120 kg de estiércol bovino, 110 kg estiércol ovino, y 100 kg estiércol equino. Las cantidades en las camas estuvieron en función de las características de los estiércoles (textura). En cada cama con el estiércol se colocaron 1000 lombrices adultas de la especie *Eisenia foetida*. En los dos primeros meses se agregó cada 5 días 10 litros de agua para conservar la humedad recomendada del 80% y así evitar la lixiviación, mientras que para el tercer mes se realizaron lixiviaciones cada 8 días utilizando 18 litros de agua para cada uno de los estiércoles obteniendo con ello 4 lixiviaciones por estiércol en las camas.

Cada lixiviado de los diferentes estiércoles fue colocado en un recipiente con capacidad de 20 litros obteniendo 19.6 litros de lixiviado bovino, 19.1 litros de lixiviado ovino y 18.8

litros de lixiviado equino, los cuales fueron agitados por 15 minutos para la obtención de una muestra representativa de cada lixiviado.

A los 94 días se tomaron 100 mililitros de cada una de las muestras para su análisis en laboratorio de macronutrientes y micronutrientes.

5.10.3 Trabajo de laboratorio

El análisis de macronutrientes, micronutrientes, pH y conductividad eléctrica, se efectuó en laboratorio de análisis de suelo del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas (DICA-ICUAP). Los análisis se realizaron a los tres lixiviados de lombriz obtenidos de estiércol bovino, ovino y equino.

Macronutrientes:

- a) Nitrógeno total por destilación Kjeldahl. *
- b) Fósforo total por colorimetría. *
- c) Potasio total por flamometría. *
- d) Calcio total por titulación con EDTA. **
- e) Magnesio total por titulación con EDTA. **
- f) Sodio total por flamometría. **
- g) pH por potenciometría. ***
- h) Conductividad eléctrica por conductimetría. ***

Fuente: Chapman y Pratt, 1997.,* Primo y Carrasco 1973.,** Chapman, 1973.***

Micronutrientes: La determinación de hierro, cobre, manganeso y zinc se realizó por absorción atómica (Jackson, 1970).

5.10.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey para la comparación de la medias con ayuda del programa estadístico “STATGRAPHICS Centurion XVI”.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

6.1 Composición química del lixiviado de ovino, equino y bovino

De acuerdo a como se llevaron a cabo los experimentos y producción de lixiviados de ovino, equino y bovino en el cuadro 2 se reportan los resultados del análisis químico de los tres lixiviados. En general se observa que la CE fue menor en el lixiviado de origen equino en comparación a los lixiviados de ovino y bovino, asimismo presenta niveles más altos de manganeso y hierro. Los pHs de los tres lixiviados son alcalinos.

Cuadro 2. Composición química de los tres lixiviados en estudio.

Lixiviado	Ovino	Equino	Bovino
pH	8.9	8.6	8.8
C.E. (ds/m)	15.6	5.9	13.1
N (%)	1.15	0.8	0.61
P (%)	0.04	0.49	0.18
K (%)	26	21.4	22.4
Ca (%)	1.32	1.93	1.11
Mg (%)	0.093	0.083	0.074
Na (%)	1.54	1.76	1.8
Fe (mg/kg)	68	130	90
Cu (mg/kg)	15.9	7.9	11.9
Mn (mg/kg)	10	24	6
Zn (mg/kg)	14	10	12

En los epígrafes siguientes se presentan los resultados del análisis de la varianza para los diferentes tratamientos y especies ensayadas correspondientes a la solución nutritiva, lixiviado de bovino, equino y ovino.

6.2 Solución Nutritiva

En los Cuadros 3 al 5 se muestran los valores promedios para altura de plantas de trigo, maíz y avena cultivadas en solución nutritiva.

En el Cuadro 6 se presentan los parámetros de altura de la planta y el análisis de la varianza sobre datos acumulados de 6 mediciones.

Respecto a la altura de la planta se observan diferencias claras entre los diferentes cultivos. En el caso de las plantas de trigo presentaron mayor altura respecto a las plantas de maíz y avena con diferencias estadísticamente significativas (e.s.) ($p \leq 0.01$) a lo largo de las primeras cuatro fechas de medición. Sin embargo, para la penúltima fecha las plantas de maíz alcanzaron en tamaño a las plantas de trigo, y finalmente en la última fecha de evaluación el cultivo de maíz supero en altura a las plantas de trigo y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). (ver anexo fotográfico figura 20)

Cuadro 3. Altura de planta (cm) sobre datos acumulados. Solución nutritiva.

Cultivo	Ciclo de cultivo					
	1ª medición	2ª medición	3ª medición	4ª Medición	5ª medición	6ª medición
Trigo	3.0 A	5.0 A	7.5 A	7.5 A	22.33 A	27.5 B
Maíz	2.0 B	4.0 B	6.5 B	6.5 B	19.66 AB	30.66 A
Avena	1.0 C	2.0 C	4.0 C	4.0 C	14.0 B	20.0 C

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

En el Cuadro 4 se presentan los datos del porcentaje de germinación en los tres cultivos estudiados con sus correspondientes factores de estudio.

Referente al porcentaje de germinación, igualmente se observan diferencias claras entre los distintos cultivos. La avena presentó un 78 %, siendo el menor porcentaje de germinación a lo largo del ciclo de cultivo, respecto al trigo y maíz con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Particularmente, el cultivo de trigo presento un porcentaje de germinación del 100% desde la primera fecha de evaluación, para el caso del maíz alcanzó un porcentaje máximo de germinación del 96%, sin que se presentaran diferencias estadísticas entre estos cultivos (ver anexo fotográfico figuras 16 y 17)

Lo anterior lo podemos reafirmar con el trabajo realizado por Salas *et al.* (2000) que lleva por título Rendimiento y Calidad de Forraje Hidropónico Producido Bajo Fertilización Orgánica donde se evaluaron tres tipos de fertilización: orgánica (té de compost), química (solución nutritiva) y sin fertilizar (agua potable) sobre dos genotipos (híbrido y criollo) de

maíz forrajero en tres fechas de cosecha y donde destacaron que la calidad del FVH se encuentra dentro de los valores recomendados para su uso en alimentación animal. En rendimiento y calidad nutrimental el FVH fertilizado con té de compost fue similar comparado con la fertilización química, excepto para FDA. A los dieciséis días a la cosecha el FVH manifestó efectos positivos sobre rendimiento, materia seca, fibra detergente acida y fibra detergente neutra. El maíz híbrido superó al criollo en todas las variables evaluadas.

Cuadro 4. Porcentaje de germinación. Solución nutritiva.

Cultivo	Ciclo de cultivo					
	1 ^a medición	2 ^a medición	3 ^a medición	4 ^a Medición	5 ^a medición	6 ^a medición
Trigo	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A
Maíz	90.0 B	90.0 B	90.0 B	90.0 B	95.0 A	96.0 A
Avena	5.0 C	10.0 C	20.0 C	23.0 C	66.66 B	78.33 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

En el Cuadro 5 se presentan las valoraciones de peso total, peso fresco y peso seco de la planta cultivada en solución nutritiva.

Con respecto al peso total de las plantas no se encontraron diferencias e.s., no obstante, numéricamente se observa que las plantas de maíz presentaron mayor peso seguido por el cultivo de trigo y avena respectivamente.

Para el peso fresco se encontró que las plantas de maíz y trigo presentaron el mayor peso respecto a las plantas de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

En el caso del peso seco de las plantas se observa que el cultivo de trigo presento mayor peso seco respecto al cultivo de maíz y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 5. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Solución nutritiva.

Cultivo	Peso total (g)	Peso fresco (g)	Peso seco(g)
Trigo	4483.0 B	1319.0 A	0.84 A
Maíz	5830.33 A	1524.67 A	0.13 B
Avena	3046.0 C	0.66 B	0.12 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Gómez *et al.* (2012) en su trabajo titulado Evaluación del Rendimiento del Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea Mayz L.*) Con Tres Tipos de Abonos Orgánicos, Bokashi, Biol y Humus Líquido. Mencionan que el peso húmedo, según el análisis estadístico no hubo diferencia significativa, indicando que todas las medias de los tratamientos son estadísticamente iguales. Referente al peso seco el mayor promedio se obtuvo en el T1 (Bokashi) con un total de 743,20 g, que representa un 75,46 % de materia seca.

6.3 Lixiviado de bovino

En los Cuadros 6 al 8 se muestran los valores promedios para altura de la planta de los tres cultivos estudiados con sus correspondientes factores de estudio.ver anexo fotográfico

En el Cuadro 6 se presentan los parámetros de altura de la planta y análisis de la varianza sobre datos acumulados de cinco evaluaciones.

De acuerdo con los resultados que se muestran en la tabla 9 se observa que el trigo presentó mayor altura de planta respecto al maíz y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Sin embargo, durante la segunda, tercera y cuarta fecha de medición fue el maíz el que presento mayor altura de la planta respecto al trigo y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Finalmente, en la quinta medición el trigo supero en altura al maíz y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 6. Altura de planta (cm) sobre datos acumulados. Lixiviado de bovino.

Cultivo	Ciclo de cultivo				
	1 ^a medición	2 ^a medición	3 ^a medición	4 ^a Medición	5 ^a medición
Trigo	2.0 A	1.5 B	9.5 -	15.33 A	29.66 A
Maíz	0.5 B	2.0 A	9.16 -	15.66 A	23.83 B
Avena	0.5 B	1.0 C	8.5 -	12.33 B	22.66 C

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

En el Cuadro 7 se muestran los valores promedios del porcentaje de germinación para trigo, maíz y avena en lixiviado de bovino sobre datos acumulados.

Se observa claramente que el porcentaje de germinación fue del 100% para el caso del maíz desde la primera evaluación respecto a los cultivos de trigo y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). El cultivo de trigo igualmente alcanzó el 100% de germinación en la penúltima fecha de evaluación y para el caso de la avena el porcentaje de germinación apenas alcanzó el 70% durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 7. Porcentaje de germinación. Lixiviado de bovino.

Cultivo	Ciclo de cultivo				
	1 ^a medición	2 ^a medición	3 ^a medición	4 ^a Medición	5 ^a medición
Trigo	90.0 B	90.0 B	95.0 A	100.0 A	100.0 A
Maíz	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A
Avena	4.0 C	5.0 C	16.66 B	41.0 B	70.0 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

En el Cuadro 8 se presentan las valoraciones de peso total, peso fresco y peso seco de la planta cultivada en lixiviado de bovino.

Con respecto al peso total de las plantas se observa que las plantas de trigo y maíz presentaron mayor peso total respecto a la avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

En el caso del peso fresco no se presentaron diferencias estadísticas. No obstante, numéricamente se observa que las plantas de trigo y maíz presentan el mayor peso fresco respecto al cultivo de avena.

Respecto al peso seco de las plantas se encontró que el cultivo de trigo presentó el mayor peso seco respecto a las plantas de maíz y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 8. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Lixiviado de bovino.

Cultivo	Peso total (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Trigo	7000.00 A	1333.33 -	0.74 A
Maíz	8666.00 A	1000.00 -	0.15 B
Avena	3000.00 B	666.00 -	0.12 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

6.4 Lixiviado de ovino

En los Cuadros 9 al 11 se muestran los valores promedios para altura de la planta y sus correspondientes factores de estudio.

En el Cuadro 9 se presentan los parámetros de altura de la planta y análisis de la varianza sobre datos acumulados de cuatro evaluaciones.

En la primera evaluación se observa que el cultivo de maíz presentó mayor altura de la planta respecto al cultivo de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$), no habiendo diferencias claras entre el cultivo de trigo y maíz. A lo largo de las siguientes tres fechas de evaluación se encontró que el cultivo de trigo y maíz alcanzaron mayor altura de la planta respecto al cultivo de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 9. Altura de planta (cm) sobre datos acumulados. Lixiviado de ovino.

Cultivo	Ciclo de cultivo			
	1ª medición	2ª medición	3ª medición	4ª Medición
Trigo	1.3 AB	2.6 A	4.83 A	15.8 -
Maíz	1.83 A	3.0 A	10.33 A	14.83 -
Avena	0.93 B	1.83 B	6.0 B	13.5 -

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

En el Cuadro 10 se muestran los porcentajes de germinación en lixiviado de ovino para los cultivos de trigo, maíz y avena.

Se observa claramente que el porcentaje de germinación fue del 100% para el caso del trigo desde la primera evaluación respecto a los cultivos de maíz y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Sin embargo, en la cuarta medición que corresponde a la última fecha de evaluación el cultivo de maíz alcanzó el 95.66%, aún por debajo del 100% alcanzado por el cultivo de trigo, sin diferencias estadísticas entre estos cultivos. No obstante, si se observan diferencias e.s. ($p \leq 0.01$) con respecto al cultivo de avena que apenas alcanzó el 48.35% de germinación.

Cuadro 10. Porcentaje de germinación. Lixiviado de ovino.

Cultivo	Ciclo de cultivo			
	1ª medición	2ª medición	3ª medición	4ª Medición
Trigo	100 A	100 A	100 A	100 A
Maíz	5.33 B	23.33 B	60 B	95.66 A
Avena	2.0 C	7.0 C	15 C	48.35 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

En el Cuadro 11 se presentan las valoraciones de peso total, peso fresco y peso seco de la planta cultivada en lixiviado de ovino.

Para la variable de peso total se observa que el cultivo de trigo tuvo mayor peso total con respecto al cultivo de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$), sin embargo, con respecto al cultivo de maíz no se presentaron diferencias estadísticas.

Respecto al peso fresco y peso seco de las plantas en estudio se observa que el mayor peso se presentó en plantas de trigo y maíz respecto al cultivo de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$)

Cuadro 11. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Lixiviado de ovino.

Cultivo	Peso total (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Trigo	9576.33 A	1732.0 A	0.14 A
Maíz	6203.67 AB	1187.33 AB	0.14 A
Avena	3792.33 C	539.08 C	0.10 C

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

6.5 Lixiviado equino

En los Cuadros 12 al 14 se muestran los valores promedios para altura de la planta y sus correspondientes factores de estudio.

En el cuadro 12 se presentan los parámetros de altura de la planta y análisis de la varianza sobre datos acumulados de cuatro evaluaciones.

Respecto a la altura de las plantas de los cultivos en estudio no se observaron diferencias estadísticas durante las primeras tres evaluaciones. En la cuarta fecha el maíz alcanzó una altura de 16.26 cm respecto al cultivo de trigo con 14.5 cm con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Para la última fecha que corresponde a la última evaluación la mayor altura de planta se encontró en el cultivo de maíz y trigo respecto al cultivo de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 12. Altura de planta (cm) sobre datos acumulados. Lixiviado de equino.

Cultivo	Ciclo de cultivo				
	1 ^a medición	2 ^a medición	3 ^a medición	4 ^a Medición	5 ^a medición
Trigo	1.64 -	2.0 -	4.16 -	14.5 B	22.83 A
Maíz	1.86 -	2.16 -	5.83 -	16.26 A	29.0 A
Avena	1.93 -	2.2 -	5.33 -	15.33 AB	20.66 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

En el Cuadro 13 se muestran los porcentajes de germinación en lixiviado de equino para los cultivos de trigo, maíz y avena.

En referencia al porcentaje de germinación se observa la misma tendencia como es el caso de los tratamientos anteriores, es decir, el trigo desde sus inicios presento el 100% de germinación seguido del cultivo de maíz y la avena respectivamente.

No obstante en la quinta y última fecha de evaluación el maíz iguala al trigo con el 100% de germinación, muy superior en ambos casos al cultivo de avena que solo alcanzó el 19.33% de germinación con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 13. Porcentaje de germinación. Lixiviado de equino.

Cultivo	Ciclo de cultivo				
	1 ^a medición	2 ^a medición	3 ^a medición	4 ^a Medición	5 ^a medición
Trigo	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A
Maíz	76.66 B	90.0 B	85.0 B	91.66 B	100.0 A
Avena	1.16 C	23.0 C	3.0 C	6.0 C	19.33 B

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

En el Cuadro 14 se presentan las valoraciones de peso total, peso fresco y peso seco de la planta cultivada en lixiviado de equino.

Respecto al peso total, peso fresco y peso seco de la planta se observa que el maíz presentó la mayor biomasa respecto a los cultivos de trigo y avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 14. Peso total, peso fresco y peso seco de la planta sobre datos acumulados. Lixiviado de equino.

Cultivo	Peso total (g)	Peso fresco (g)	Peso seco(g)
Trigo	6688.0 B	1286.33 B	0.370 B
Maíz	8584.0 A	1731.67 A	0.405 A
Avena	3708.67 C	666.00 C	0.141 C

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

6.6 Concentrado general

En los Cuadros 15 al 21 se presenta el concentrado general de los valores promedios del resultado del análisis de la varianza para altura de planta, porcentaje de germinación, peso total, peso fresco y peso seco de los cultivos de trigo, maíz y avena respecto a los diferentes lixiviados aplicados y solución nutritiva. Asimismo, se presentan los resultados de las interacciones dobles de los factores en estudio.

6.6.1 Altura de planta

En el Cuadro 15 se presentan los valores promedios del análisis de varianza para altura de planta respecto a las diferentes lixiviados y cultivos estudiados.

Respecto a los diferentes lixiviados a lo largo de cinco fechas de evaluación se observa que las plantas que recibieron la solución nutritiva presentan un crecimiento más rápido respecto a las plantas que recibieron el lixiviado de ovino, bovino y equino respectivamente con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). Sin embargo, en la última fecha de evaluación que corresponde a la quinta medición de altura de las plantas se observa un claro efecto de los lixiviados de

bovino, ovino y equino en un mayor crecimiento de las plantas respecto a las que recibieron la solución nutritiva con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$) anexo fotográfico figura 21.

Referente a los cultivos en estudio se observa una diferencia clara en especial en la quinta y última fecha de medición donde sobresalen las plantas de maíz seguido del trigo y por último con un menor crecimiento las plantas de avena con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). (anexo fotográfico figura 22)

Cuadro 15. Altura de planta (cm) sobre datos acumulado de trigo, maíz y avena.

		Ciclo de cultivo				
		1ª medición	2ª medición	3ª medición	4ª Medición	5ª medición
Tratamiento	S.N	2.0 A	3.67 A	6.0 B	6.0 C	18.67 B
	Bovino	1.0 C	1.5 D	9.06 A	14.44 B	25.39 A
	Ovino	1.36 B	2.48 B	4.76 C	15.88 A	24.31 A
	Equino	0.8 D	2.19 C	4.78 D	15.37 A	24.17 A
Cultivo	Trigo	1.45 B	2.9 A	6.42 -	13.45 A	22.47 B
	Maíz	1.71 A	2.67 B	6.07 -	13.23 A	26.85 A
	Avena	0.71 C	1.80 C	5.96 -	12.08 B	20.08 C
Interacción	Solución vs cultivo	**	**	**	**	**

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s., *, **. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

En el Cuadro 16 se presentan las interacciones dobles de las diferentes fechas de evaluación para altura de planta con sus respectivos factores de estudio.

Referente a las interacciones dobles para altura de planta, se observa que las plantas de trigo tienen mejor respuesta con la solución nutritiva en las diferentes fechas de evaluación, seguido por el cultivo de maíz. Por el contrario, éste último cultivo, es decir, el maíz interacciona principalmente con los lixiviados de bovino, ovino y equino. El cultivo de avena es el que menos respuesta ha presentado a la adición de los diferentes lixiviados posiblemente

como consecuencia de un efecto entre especies.

Cuadro 16. Interacciones. Altura de planta (cm) sobre datos acumulado de trigo, maíz y avena.

		Ciclo de cultivo				
		1 ^a medición	2 ^a medición	3 ^a medición	4 ^a Medición	5 ^a medición
S.N.	Trigo	3.0	5.0	7.5	7.5	22.33
	Maíz	2.0	4.0	6.5	6.5	19.67
	Avena	1.0	2.0	4.0	4.0	14.0
Bovino	Trigo	0.5	2.0	9.17	15.67	23.83
	Maíz	2.0	1.5	9.5	15.33	29.67
	Avena	0.5	1.0	8.5	12.33	22.67
Ovino	Trigo	1.3	2.6	4.83	16.13	20.87
	Maíz	1.83	3.0	3.43	14.83	29.07
	Avena	0.93	1.83	6.0	16.67	23.0
Equino	Trigo	1.0	2.0	4.17	14.5	22.83
	Maíz	1.0	2.17	4.83	16.27	29.0
	Avena	0.4	2.4	5.33	15.33	20.67
LSD (p≤0.05)		0.15	0.23	0.79	0.78	2.76

6.6.2 Porcentaje de germinación

En el Cuadro 17 se presentan los valores promedios de los análisis de varianza para porcentaje de germinación respecto a las diferentes fuentes de fertilización y cultivares estudiados con sus respectivas interacciones dobles. (Anexo fotográfico figuras 14 y 15)

Respecto al porcentaje de germinación a lo largo de cinco fechas de evaluación se puede analizar que las semillas germinaron mejor con la solución nutritiva durante las primeras tres mediciones con respecto a los lixiviados de bovino, ovino y equino con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). No obstante, para la cuarta y quinta valoración ya no se presentó un claro efecto entre la solución nutritiva y el lixiviado de bovino donde alcanzaron el mayor

porcentaje de germinación con diferencias e.s. ($p \leq 0.05$). Estas diferencias podrían deberse a un efecto entre las diferentes especies.

A nivel de cultivo se observa una clara diferencia donde el cultivo de trigo alcanzó rápidamente el 100% de germinación desde la primera valoración seguido por el cultivo de maíz que igualmente alcanzó su máximo en la quinta fecha de medición respecto al cultivo de avena donde apenas alcanzó un 51.08% de germinación con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$). (anexo fotográfico figura 17y 18)

Cuadro 17. Porcentaje de germinación en semillas de trigo, maíz y avena con los diferentes tratamientos. Datos acumulados.

		Ciclo de cultivo				
		1ª medición	2ª medición	3ª medición	4ª Medición	5ª medición
Tratamiento	S.N.	65.0 A	68.33 A	70.0 A	71.0 AB	87.22 a
	Bovino	64.65 A	65.0 B	70.56 A	80.33 A	90.0 a
	Ovino	35.78 C	42.89 C	59.44 B	81.33 A	81.33 ab
	Equino	59.28 B	71.0 A	62.67 B	65.89 B	73.11 b
Cultivo	Trigo	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A	100.0 A
	Maíz	65.5 B	72.92 B	82.5 B	94.33 A	97.67 A
	Avena	3.04 C	12.5 C	14.5 C	29.58 B	51.08 B
Interacción	Solución vs	**	**	**	**	**
cultivo						

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s., *, **. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

En el Cuadro 18 se presentan las interacciones dobles de las diferentes fechas de evaluación para porcentaje de germinación con la incorporación de los diferentes lixiviados.

En relación a las interacciones dobles para porcentaje de germinación, se encontró un efecto claro de la solución nutritiva con el cultivo de trigo donde alcanzó el 100% de germinación seguido por el cultivo de maíz con el 95% y por último por el cultivo de avena con solo el 66.67%.

Igualmente se observa que los lixiviados de bovino, ovino y equino influyeron en la germinación de los cultivos de trigo y maíz. El cultivo de avena es el que menos respuesta ha presentado a la adición de los diferentes lixiviados posiblemente como consecuencia de un efecto entre especies.

Cuadro 18 Interacciones. Porcentaje de germinación en semillas de trigo, maíz y avena con los diferentes lixiviados. Datos acumulados.

		Ciclo de cultivo				
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a
		medición	medición	medición	Medición	medición
S. N.	Trigo	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Maíz	90.0	90.0	90.0	90.0	95.0
	Avena	5.0	15.0	20.0	23.0	66.67
Bovino	Trigo	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Maíz	90.0	90.0	95.0	100.0	100.0
	Avena	4.0	5.0	16.67	41.0	70.0
Ovino	Trigo	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Maíz	5.33	21.67	60.0	95.67	95.67
	Avena	2.0	7.0	18.33	48.33	48.33
Equino	Trigo	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	Maíz	76.67	90.0	85.0	91.67	100.0
	Avena	1.17	23.0	3.0	6.0	19.33
LSD (P≤0.05)		2.865	2.850	4.68	13.82	17.72

6.6.3 Peso total, peso fresco y peso seco

En el Cuadro 19 se muestra el análisis de varianza para los diferentes pesos valorados y donde se puede observar que para el peso total y peso fresco de las plantas no se presentaron diferencias estadísticas mediante la adición de los diferentes lixiviados. Par el caso del peso seco de las plantas se encontró mayor peso seco de aquellas plantas que recibieron el lixiviado de bovino respecto al resto de los tratamientos con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

En relación a los diferentes cultivos se observa claramente mayor peso total, peso fresco y peso seco de las plantas de trigo respecto al maíz y avena respectivamente con diferencias e.s. ($p \leq 0.01$).

Cuadro 19. Peso total, peso fresco y peso seco de planta de trigo, maíz y avena con los diferentes lixiviados. Datos acumulados.

		Peso total (g)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
Tratamiento	S.N.	5.95 -	1.17 -	0.37 B
	Bovino	6.22 -	1.18 -	0.6 A
	Ovino	6.47 -	1.29 -	0.14 C
	Equino	6.32 -	1.22 -	0.14 C
Cultivo	Trigo	8.45 A	1.45 A	0.46 A
	Maíz	6.89 B	1.33 A	0.19 B
	Avena	3.39 C	0.73 B	0.28 B
Interacción	Solución vs cultivo	n.s.	n.s.	**

-Letras distintas (minúsculas o mayúsculas) dentro de una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas al 95 o 99 % según el test de Tukey.

- n. s., *, **. No significativo y nivel de significación 0.01 o 0.05, respectivamente.

En el Cuadro 20 se presentan las interacciones dobles para el peso seco de las plantas de los diferentes cultivos con la incorporación de lixiviados.

El mayor peso seco se presentó en plantas de trigo con la adición de la solución nutritiva y el lixiviado de bovino, el resto de tratamientos no interactuaron entre sí.

Cuadro 20. Interacción. Peso total, peso fresco y peso seco de planta de trigo, maíz y avena con los diferentes lixiviados. Datos acumulados.

		Peso seco (g)
Solución nutritiva	Trigo	0.84
	Maíz	0.13
	Avena	0.12
Bovino	Trigo	0.74
	Maíz	0.35
	Avena	0.70
Ovino	Trigo	0.11
	Maíz	0.15
	Avena	0.15
Equino	Trigo	0.14
	Maíz	0.14
	Avena	0.13
LSD ($p \leq 0.05$)		0.195

VII. CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en las que se realizó el trabajo podemos concluir lo siguiente:

1. Los análisis químicos de los lixiviados de ovino, bovino y equino reportaron pHs alcalinos y CE elevados en el caso de ovino y bovino y bajo en el lixiviado de equino, por el contrario presento niveles más altos de manganeso y hierro.
2. Los lixiviados de bovino, ovino y equino tuvieron un efecto directo en altura de las plantas.
3. Se encontró un claro efecto varietal entre las especies cultivadas, mayor altura de las plantas se presentó en maíz, seguido del trigo y avena respectivamente.
4. Se presentó una interacción positiva en altura de las plantas de trigo con la solución nutritiva.
5. Las plantas de avena presentaron menor respuesta con la adición de los diferentes lixiviados, posiblemente como un efecto entre especies.
6. El mayor porcentaje de germinación se presentó en maíz y trigo. Sin embargo, no se encontró respuesta positiva con la adición de los lixiviados.
7. Respecto a la biomasa de las plantas se encontró un claro efecto varietal, el trigo fue el que mejor respuesta presentó, seguido del maíz. El cultivo de avena presentó menor biomasa posiblemente porque su porcentaje de germinación fue menor. Referente a los lixiviados la producción de mayor biomasa se encontró con la adición de lixiviado de bovino, solución nutritiva, ovino y equino, respectivamente. Finalmente, se encontró que el trigo interaccionó positivamente con la solución nutritiva y lixiviado de bovino presentando la mayor biomasa respecto a maíz y avena.

VIII. LITERATURA CITADA

- Cortazzo S. A. 2002. Manual Técnico Forraje Verde Hidroponico. editado por la FAO, Santiago, Chile.
- Arano, C. 1998. Forraje Verde Hidropónico y Otras Técnicas de Cultivos sin Tierra. Editado por el propio autor. Prov. de Buenos. Aires, Argentina.
- Bravo R. M. R. 1988. Niveles de Avena Hidropónica en la Alimentación de Conejos Angora. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán, Chile.
- Cerrillo S M. A; Juárez R.A.S. Rivera A. J. A. Guerrero C. M. Ramírez L. R. G. Bernal B. H. 2012 Producción de biomasa y valor nutricional del forraje verde hidropónico de trigo y avena Interciencia, 37, (12): 906-913.
- Dosal A. J.J.M. 1987. Efecto de la Dosis de Siembra, Epoca de Cosecha y Fertilización sobre la Calidad y Cantidad de Forraje de Avena Producido Bajo Condiciones de Hidroponía. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- Hidalgo M. L. R. 1985. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía. I. Evaluaciones Preliminares en Avena y Triticale. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- Lomelí Z. H. 2000. Agrocultura. México.
- Morales O. A. F. 1987. Forraje Hidropónico y su Utilización en la Alimentación de Corderos Precozmente Destetados. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.
- Ñíguez C. M. E. 1988. Producción de Forraje en Condiciones de Hidroponía II. Selección de Especies y Evaluación de Cebada y Trigo. Facultad de Ciencias Agropecuarias y

Forestales de la Universidad de Concepción, Sede Chillán. Chile.

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

Preciado R P, Fortis H M, García H J L, Rueda P E O, Esparza R J, Lara H A, Segura C M Á, Orozco VJ. 2011 Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero *Interciencia*, 36, (9): 689-693.

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

Salas P. L; Esparza R. J. R; Preciado R. P; Álvarez R. V; Meza V. J. A, Velázquez M.J. R; y Murillo O. M. 2012, Rendimiento, Calidad Nutricional, Contenido Fenólico Y Capacidad Antioxidante de Forraje Verde Hidropónico de Maíz (*Zea Mays*) Producido en Invernadero bajo Fertilización Orgánica. *Interciencia* vol. 37 (3): 215-219.

Salas P. I., Preciado R. P., Esparza R.J.R., Álvarez R. V. Palomo G. A. Rodríguez D.N , Márquez H.C. Rendimiento y calidad de forraje hidropónico producido bajo fertilización orgánica. 2010, *Terra Latinoamericana*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México vol. 28, (4): 355-360.

Sánchez, A. 1996 – 1997. Informes Técnicos de Estadía. Informes Internos de la Dirección Nacional de Empleo (DINAE –Ministerio de Trabajo y Seguridad Social) Montevideo, Uruguay.

Sánchez, A. 2000. Una Experiencia de Forraje Verde Hidropónico en el Uruguay. Boletín Informativo de la Red Hidroponía N° 7. Lima, Perú.

Santiñaque, F. 1996. Relaciones Agua – Planta en Pasturas. INIA La Estanzuela. Montevideo, Uruguay.

Sepúlveda, R. 1994. Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico. Santiago, Chile.

Scheelje, R. Niehaus, H; Werner, K; Krüger, A. 1976. Conejos para Carne. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

Schneider, A. 1991. Alternativas Para Lecheras y Engordes: Forraje Verde Hidropónico. Revista El Campesino. Santiago. Chile.

Valdivia, E. 1996. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Curso Taller Internacional de Hidroponía. Lima, Perú.

IX ANEXO FOTOGRAFICO.

Figura 12. Hidrocultivo.



Figura 13. Llenado de charolas.



Figura 14. Germinación de semillas.



Figura 15. Emergencia de plántulas.

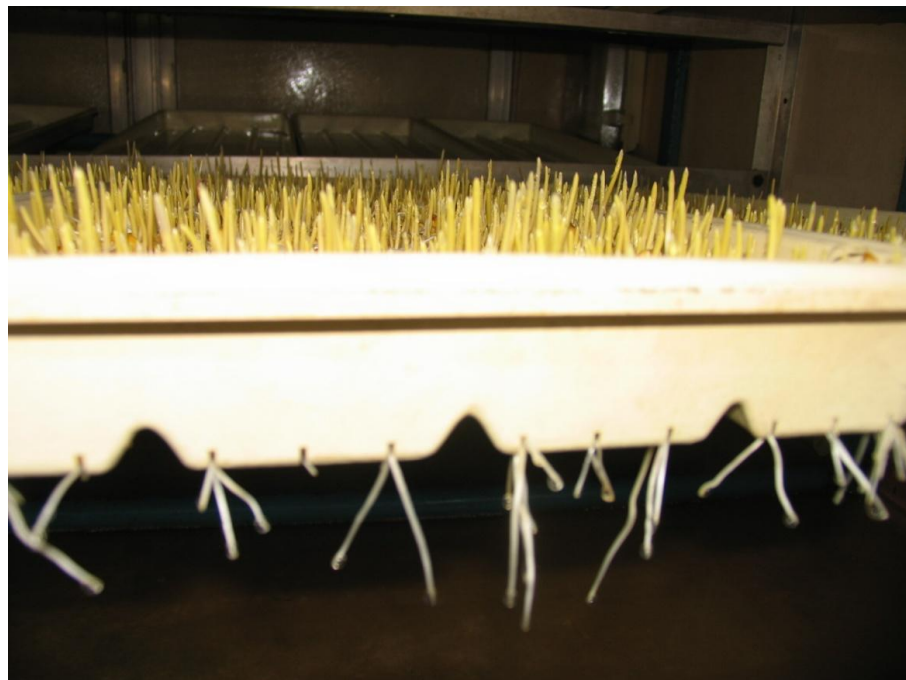


Figura 16. Semillas de maiz al tercer dia de sembradas.



Figura 17. Semillas de trigo al tercer dia de sembradas.

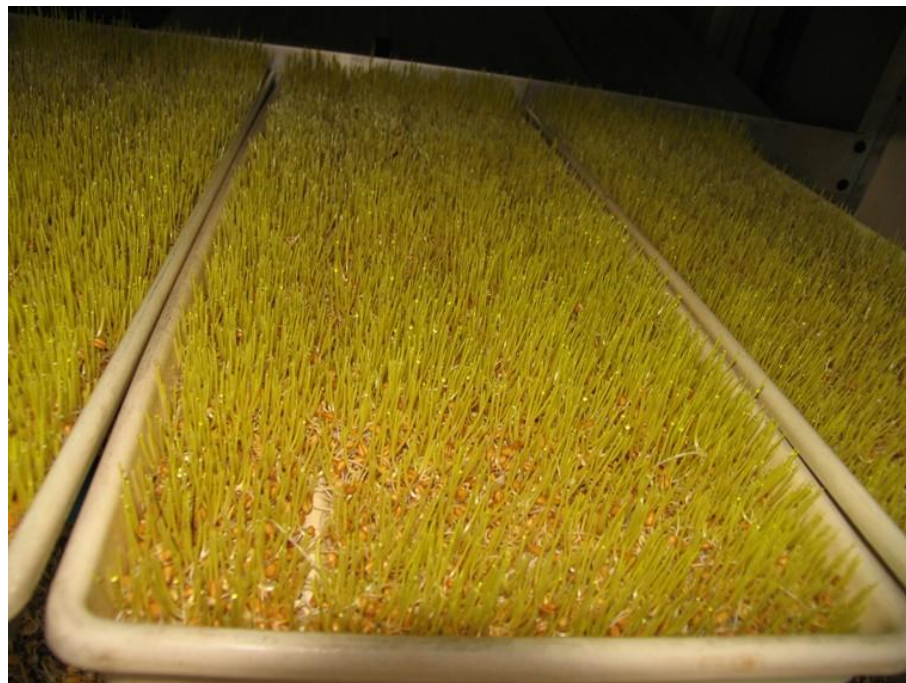


Figura 18. Crecimiento de plantas.



Figura 19. Cultivo de trigo a los ocho días de cultivo.



Figura 20. Cultivos de maiz trigo y avena al día de la cosecha.



Figura 21. Cultivo de maiz al día de la cosecha.



Figura 22. Cultivo de trigo al día de la cosecha.



Figura 23. Sistema radicular del FVH.



BUAP

Oficio No. IAH/508/2015

C. Juan Manuel Huerta Spezzia
Egresado de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
PRESENTE

Con base en el dictamen emitido por el Dr. Rolando Rueda Luna (Director de Tesis), M.C. Eutiquio Soni Guillermo (Asesor) y Dr. Marcos Pérez Sato (Asesor), en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:

“FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO CON LIXIVIADO DE ESTIÉRCOL DE BOVINO, OVINO Y EQUINO”

Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agronómica y Zootecnia.

Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
"Pensar bien, para vivir mejor"
Tlatlauquitepec, Pue., 24 de Abril de 2015

M. C. Fabián Enriquez García
Director de Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

C.c.p. Archivo y Minutario
MC FEG/gra

