

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIOECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA



ADAPTACIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE
HIDROPÓNICO, CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS DE UN MODELO RÚSTICO

Por:

MARCO ELI GONZÁLEZ MATÍAS

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo de 2023

ADAPTACIÓN DE TECNOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE
HIDROPÓNICO, CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS DE UN MODELO RÚSTICO

Tesis

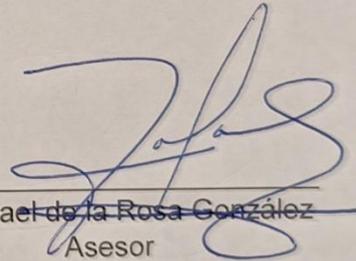
Elaborada por MARCO ELI GONZÁLEZ MATÍAS como requisito parcial para obtener
el Título de INGENIERO AGRÓNOMO EN DESARROLLO RURAL con la supervisión
y aprobación del Comité de Asesoría:



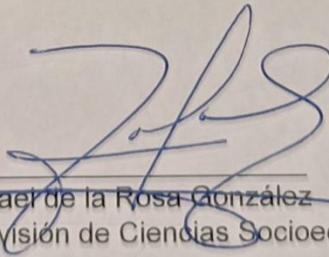
Dr. Ernesto Navarro Hinojoza
Asesor principal



M.C. Griselda Valdés Ramos
Asesor



M.C. Rafael de la Rosa González
Asesor



M.C. Rafael de la Rosa González
Coordinador de la División de Ciencias Socioeconómicas



Saltillo, Coahuila

Marzo 2023

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

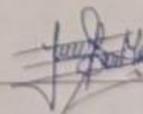
Saltillo, Coahuila, Marzo de 2023.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado **“Adaptación de tecnología para la producción de forraje verde hidropónico, características y beneficios de un modelo rústico”** es una producción personal donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaran los derechos de autor, esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar, quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

Marco Eli González Matías



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a cada persona que formó parte de esta etapa y que con ellos he llegado hasta este punto.

A mi asesor principal de tesis, Dr. Ernesto Navarro por el apoyo y su aportación para culminar este proyecto.

A mi buen amigo Alexis Arenas por compartir conmigo sus conocimientos y experiencias, por su apoyo en la realización del módulo, por su tiempo y su incondicional ayuda.

A mi familia por su apoyo, especialmente a mis hermanas.

A mis amigos, por su aportación en mi vida profesional y personal; a Roxana V., Ana L., Ana N., Gloria R., Erika V., Paola D., Imanol, y sin duda alguna a mi buen amiga Belem Bonilla por su apoyo durante las prácticas profesionales.

A la señora Elizabeth Yen y su familia, gracias por su confianza y apoyo.

DEDICATORIA

Este esfuerzo va dedicado a quien hace que esto sea posible, la vida, Dios, o el universo, que permitió mi formación y la posibilidad de realizar esto.

A mi familia, a mis padres; Reynau González y Rosita Matías, a mis hermanos y hermanas que creyeron en mí, a mi hermano Carlos⁺ que fue mi inspiración y a mis sobrinas, una razón más para culminar con lo que inició en 2018.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	i
LISTA DE CUADROS	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	3
1.3 Antecedentes.....	4
1.4 Justificación	4
1.5 Objetivos.....	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Hipótesis	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Forraje verde hidropónico (FVH).....	7
2.2 Ventajas de un sistema FVH	7
2.3 Problemas de los campesinos y su dificultad para producir sus forrajes	8
2.5 Alternativas de Forraje Verde Hidropónico y métodos de conservación.....	10
2.6 Problemas que afectan a los productores.....	10
2.7 Modelos rústicos y su importancia.....	11
2.8 Relevancia de los saberes campesinos para resolver problemas	11
2.8.1 El conocimiento campesino tradicional.....	11
2.9 Tecnologías adecuadas-apropiadas	12
2.10 Adaptación de tecnologías.....	12
2.11 Adaptaciones rústicas para producción de forraje verde hidropónico.....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1 Tipo de investigación	15
3.2 Instrumentos de recolección de datos	15
3.3 Zona de estudio	16
3.4 Prueba de germinación.....	17
3.5 Instalación para la construcción del módulo	17

3.6 Construcción del módulo	18
3.7 Manejo de la semilla	19
3.8 Riego	19
3.9 Métodos usados para la germinación del grano	19
3.10 Procedimiento experimental	20
3.11 Procedimiento de trabajo	21
3.12 Actividades rutinarias durante el proceso de producción	22
3.13 Entrevista.....	22
4. RESULTADOS	23
4.1 Obtención de semilla de maíz criollo	23
4.2 Prueba de germinación.....	23
4.3 Construcción del área para la producción del forraje.....	24
4.4 Materiales usados para la producción	25
4.5 Método de producción (demostración del proceso de producción).....	25
4.5.1 Lavado y desinfección del maíz.....	25
4.5.2 Reposo del maíz.....	26
4.5.3 Siembra	27
4.5.4 Riegos y fertilización.....	27
4.5.5 Observación	29
4.6 Gasto de agua en el proceso de producción	29
4.7 Gasto económico	31
4.8 Rendimiento de forraje verde en fresco.....	31
4.9 Gasto de horas hombre	32
4.7 Entrevista.....	35
5 DISCUSIÓN.....	38
6 CONCLUSIONES.....	43
7 LIMITACIONES Y SUGERENCIAS	44
8 LITERATURA CITADA	45
9 ANEXOS	50

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Procedimiento de trabajo en la producción de FVH.....	21
Cuadro 2 Prueba de germinación de semillas de maíz en estufa de germinación. ...	24
Cuadro 3 Gasto de agua durante el ciclo de producción de FVH.....	30
Cuadro 4 Inversión económica en materiales usados para producir FVH.....	31
Cuadro 5 Rendimiento de FVH fresco producido.	32
Cuadro 6 Horas hombre empleadas para producir FVH.	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del módulo de producción de FVH en el centro de permacultura UAAAN, Saltillo Coahuila, México.....	16
Figura 2. Prueba de germinación.....	17
Figura 3. Modelo de la estructura para la producción de FVH de forma rústica.	18
Figura 4. Módulo de producción de forraje rústico.....	19
Figura 5. Desgranado de maíz, utilizado para producir FVH.	23
Figura 6. Construcción del módulo para producir FVH.	24
Figura 7. Cajas usadas para sustituir las charolas comerciales.	25
Figura 8. Lavado y desinfección del maíz.....	26
Figura 9. Reposo del maíz para su activación.....	27
Figura 10. Siembra del maíz en las cajas.....	27
Figura 11. Riegos y fertilización.....	28
Figura 12. Observación durante el proceso de producción de FVH.	29
Figura 13. Demostración de aceptabilidad del FVH, en animales de corral.	34
Figura 14. FVH producido en Unión Buenavista, Chicomuselo, Chiapas.....	34
Figura 15. Prueba de aceptabilidad del FVH en aves de corral.....	35

RESUMEN

El FVH es considerado una metodología de producción de alimento para el ganado con diversos forrajes en zonas con escasa agua. El módulo de producción de forraje verde hidropónico establecido fue un modelo rústico, y se realizó en el Centro de Permacultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. Se seleccionaron 100 semillas de maíz al azar, y se realizó una prueba de germinación, en una estufa del laboratorio. Para ello se colocaron 20 semillas por cada caja de Petri, obteniendo un total 5 cajas. Se llevó a cabo la producción de forraje verde hidropónico, en una estructura, cubierta de malla sombra, paredes de plástico negro, cuyas medidas 2.75 m, 2.90 m y 2.23 m. Se usaron cajas aguacateras de plástico, y cartón como sustrato para el crecimiento del maíz, y lixiviado de lombriz como fertilizante. Se obtuvo una producción total de 115.640 kg en 29 cajas, con 25 kg de maíz. Con 4.625 kg de forraje verde por cada kg de maíz. La producción de FVH en el modelo adaptado, demostró los beneficios observados, desde el ahorro de agua, ahorro económico, alta producción de biomasa vegetal, poco trabajo en horas, y gran aceptación de consumo por los animales.

Palabras clave: FVH, adopción, adaptación, tecnologías apropiadas, modelos, innovación.

ABSTRACT

The FVH is considered a methodology for the production of feed for cattle with various forages in areas with scarce water. The established hydroponic green fodder production module was a rustic model, and was carried out at the Permaculture Center of the Antonio Narro Autonomous Agrarian University, Saltillo, Coahuila. 100 corn seeds were randomly selected, and a germination test was carried out in a laboratory stove. For this, 20 seeds were placed for each Petri dish, obtaining a total of 5 boxes. The production of hydroponic green forage was carried out, in a structure, covered with shade mesh, black plastic walls, whose measures 2.75 m, 2.90 m and 2.23 m. Plastic avocado boxes and cardboard were used as a substrate for the growth of corn, and earthworm leaching as fertilizer. A total production of 115.640 kg was obtained in 29 boxes, with 25 kg of corn. With 4.625 kg of green fodder for every kg of corn. The production of FVH in the adapted model, demonstrated the benefits observed, from saving water, economic savings, high production of plant biomass, little work hours, and great acceptance of consumption by the animals.

Keywords: FVH, adoption, adaptation, appropriate technologies, models, innovation.

1. INTRODUCCIÓN

El forraje verde hidropónico (FVH) es una metodología de producción de alimento para el ganado, adecuada para la producción en zonas áridas y semiáridas (López-Aguilar *et al.*, 2009). Esta tecnología de producción intensiva de forraje es novedosa y puede ser una alternativa más para abastecer y complementar la alimentación del ganado (SAGARPA, 2013).

De acuerdo con Intagri (2019), menciona que uno de los factores más notorios en la problemática de la producción para la alimentación animal, tiene estrecha relación con la disponibilidad de forraje. En México, se puede encontrar una amplia variedad de condiciones ambientales y casi todas las formas climáticas tipificadas en el mundo. La producción de forraje se relaciona con la precipitación, sin embargo, el régimen de lluvias en la mayoría de los casos se concentra en el verano y otoño, donde en varias partes de la República Mexicana la temperatura de los meses fríos es el limitante del crecimiento vegetal, lo que trae como resultado, menor producción de forraje.

López *et al.*, (2009), mencionan que la sequía es uno de los principales problemas de producción y se define como una situación en la cual la disponibilidad de agua es insuficiente para satisfacer las distintas necesidades de las poblaciones de seres humanos, plantas y animales, en un periodo de tiempo y en una región determinados. La sequía es una característica recurrente del clima que presenta diferentes rasgos a nivel regional.

Según el Organismo FAO (2001), menciona que el FVH puede constituirse en una opción alternativa a los métodos convencionales de producción de forraje, ya que contribuye a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas. Y que esta producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de plántulas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas que presentan una alta tasa de germinación para poder producir un forraje de alta digestibilidad, con calidad nutricional y que sea apto para la alimentación de

diversos animales, tales como bovinos, caprinos, equinos o aves de corral, entre otros.

Una de las diversas ventajas que tiene este sistema es el corto tiempo de producción de forraje, ya que se puede producir en un tiempo de 15 a 20 días (FAO, 2001). Así, como el poder producir durante todo el año y en pequeñas áreas de suelo o en charolas empleando como sustrato pajas, cascarillas de granos de gramíneas, fibra de coco, tezontle, entre otros materiales, haciendo uso de sistemas de riego controlado, donde se suministra el agua necesaria con los nutrientes indispensables para cada cultivo (Rodríguez *et al.*, 2009).

Esta opción, de producir su propio forraje con un módulo rústico y materiales fáciles de conseguir, les ha facilitado esta práctica, y han podido identificar varios de los beneficios, primeramente, que es fácil de producirlo, es un proceso rápido, han notado los materiales pueden ser adaptados a su disponibilidad lo que les permite un ahorro económico notable y pueden producir en cualquier época del año. El ahorro de agua es otro beneficio, usan poco espacio para realizarlo, y la poca inversión de horas de trabajo también, este último les ha permitido no descuidar su trabajo o actividades.

Con esta tecnología se les otorga a los productores la oportunidad de producir su propio forraje, se pone como ejemplo, el módulo rústico para producción de forraje verde hidropónico, que nos permite producirlo a bajo costo, con poco espacio, con resultados excelentes que cualquier persona puede poner en práctica si así lo desea.

Es por ello que se planteó el uso de un modelo rústico de producción de forraje verde hidropónico, el cuál sea de fácil adopción y adaptación por los campesinos.

1.1 Planteamiento del problema

La producción de forraje verde hidropónico bajo invernadero e instalaciones y equipamiento sofisticado presenta beneficios a los productores, riego automático más eficaz, control de la temperatura y humedad. Sin embargo, para los pequeños productores, de traspatio y autoconsumo, también presenta dificultades, principalmente con el acceso a estas tecnologías, por ser de alto costo económico, por eso, producir forraje con estos modelos no es rentable y tampoco es conveniente para ellos adquirir esta tecnología. Aparte de un problema técnico, los proyectos para producir forrajes, no llegan a tener alcance para estos pequeños productores, a pesar de la tecnología, y el conocimiento de los profesionistas e instituciones; las soluciones no han llegado a quienes también lo necesitan, sea por problemas con políticas públicas, subsidios, apoyo gubernamental y desigualdades para con los pequeños productores que siguen con modelos económico actuales, regidos por el sistema capitalista que no los deja superarse.

1.3 Antecedentes

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2013), menciona que el forraje verde hidropónico es el resultado del proceso de germinación de granos de cereales o leguminosas, tales como el maíz, la avena, cebada, trigo, alfalfa, entre otros, y que se colocan en charolas para su producción.

Aunque no existen registros sobre los inicios en la producción de forraje verde hidropónico con materiales rústicos o adaptados, es una técnica que se ha hecho desde hace mucho tiempo. Los campesinos y pequeños productores han practicado esta técnica de producir su forraje, según sus alcances, usando el raciocinio y el conocimiento empírico,

Las adaptaciones de las tecnologías se van empleando según su estructura y aspectos socioeconómicos (Nahmad, 1990). También se considera la visión que tienen con el medio que los rodea, cómo está conformado el sistema técnico y cultural, de tal forma que esta innovación de tecnologías va en relación con sus formas de vida, alcances y limitaciones (Valverde, 1996).

1.4 Justificación

Los pequeños productores se enfrentan a problemas con la alimentación de sus animales de traspatio, principalmente con la poca disponibilidad de estos recursos, esto se debe atender, por ello se deben proponer soluciones a este problema. El forraje verde hidropónico es una excelente alternativa para ellos, y mejor aún si los productores las realizan por su propia cuenta, no invertir mucho dinero y que lo hagan de forma sencilla y fácil posible. La elaboración de este trabajo permite demostrar con datos, que el proyecto de forraje verde hidropónico a través de un modelo rústico es viable y aceptable con el uso de

un modelo sencillo, demostrando que los campesinos tienen procesos de adopción que se vuelven funcionales y que lo han logrado partiendo del conocimiento empírico recuperando las enseñanzas de sus ancestros y acondicionándolo a sus necesidades.

Tras dar a conocer el proyecto a más campesinos, se está dando la oportunidad de replicarlo y adaptar otras tecnologías comerciales que son de utilidad para ellos y sus procesos de producción. Las soluciones innovadoras que surgen con este trabajo contribuyen al desarrollo de nuevas capacidades en territorio rural o no rural, según las necesidades de pequeños, medianos productores y grupos vulnerables; brindándoles esta forma de producir forraje de forma práctica, fácil, rápida y que lo pueden hacer en poco espacio, deponiendo alimento a sus animales y que estos los acepten.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Identificar las características positivas, de un modelo rústico de producción de forraje verde hidropónico, al analizar y describir los resultados de un módulo demostrativo como un proceso de adopción y adaptación del modelo por los campesinos.

1.5.2 Objetivos específicos.

- Elaborar de un módulo de producción de forraje verde hidropónico.
- Describir beneficios ambientales al llevar a cabo la producción de FVH por medio de un modelo rústico.

- Describir los beneficios económicos al producir FVH con un modelo rústico.
- Evaluar los beneficios sociales y técnicos a través de las variables de rendimiento y jornales.

1.6 Hipótesis

La producción de FVH aplicado en un modelo rústico es una mejor opción para los campesinos de pequeña escala, de traspatio o pequeños productores, porque se reflejan en beneficios ambientales, económicos y sociales además de que los resultados son similares al realizarlos con un modelo comercial.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Forraje verde hidropónico (FVH)

El forraje verde hidropónico (FVH) es considerado como una metodología de producción de alimento para el ganado que permite evadir las limitantes naturales encontradas en zonas áridas para el cultivo convencional de diversos forrajes, tales como la sequía o falta de agua (López-Aguilar *et al.*, 2009). Nardone *et al.* (2004), por su parte, menciona que es un sistema de producción agropecuario sostenible y que se debe mejorar o al menos mantener los recursos naturales sin devaluarlos, y no generar situaciones que disminuyan la actividad ganadera, como la contaminación.

Por su parte Pant *et al.*, (2009) y Preciado *et al.*, (2011), mencionan que en los sistemas de producción hidropónicos la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva, y que puede ser elaborada con fertilizantes solubles, lo que incrementa significativamente los costos de producción. Pero existe una alternativa para disminuir los costos y la dependencia de fertilizantes sintéticos, y es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como el lixiviado de lombriz.

2.2 Ventajas de un sistema FVH

Una de las ventajas de hacer uso de un sistema de FVH, es el hacer uso y el aprovechamiento de los desechos orgánicos tales como estiércol, que son producidos en gran cantidad en los sistemas ganaderos, y que suelen ser un problema ambiental en aumento por los gases de efecto invernadero. Por lo que pueden ser procesados para obtener compost y té de compost. En cuanto al té de compost, es un extracto líquido que se obtiene a partir de la fermentación aeróbica de compost en agua, y que es utilizado en fertirriego debido a su contenido de microorganismos, nutrientes solubles y compuestos benéficos que son aprovechados por las plantas (Rippy *et al.*, 2004; Ochoa *et al.*, 2009).

Además, otra de las diversas ventajas que tiene este sistema es el corto tiempo de producción de forraje, ya que se puede producir en un tiempo de 15 a 20 días (FAO, 2001). Así, como el poder producir durante todo el año y en pequeñas áreas de suelo o en charolas empleando como sustrato pajas, cascarillas de granos de gramíneas, fibra de coco, tezontle, entre otros materiales, haciendo uso de sistemas de riego controlado, donde se suministra el agua necesaria con los nutrientes indispensables para cada cultivo (Rodríguez *et al.*, 2009).

2.3 Problemas de los campesinos y su dificultad para producir sus forrajes

De acuerdo a Intagri (2019), menciona que uno de los factores más notorios en la problemática de la producción para la alimentación animal, tiene estrecha relación con la disponibilidad de forraje. En México, se puede encontrar una amplia variedad de condiciones ambientales y casi todas las formas climáticas tipificadas en el mundo. La producción de forraje se relaciona con la precipitación, sin embargo, el régimen de lluvias en la mayoría de los casos se concentra en el verano y otoño, donde en varias partes de la República Mexicana la temperatura de los meses fríos es el limitante del crecimiento vegetal, lo que trae como resultado, menor producción de forraje. El efecto del ambiente sobre las plantas forrajeras se traduce en un comportamiento estacional, en la época de lluvias se produce del 60 a 90 % del volumen total anual, correspondiendo el resto a la época seca. Es muy importante que la producción forrajera permita obtener altos volúmenes de materia seca de buena calidad, pero también es indispensable que la producción sea lo más sostenida a través del año para evitar una disminución en la producción animal.

2.4 La sequía como principal problema para obtener forrajes

López *et al.*, (2009), mencionan que la sequía se define como una situación en la cual la disponibilidad de agua es insuficiente para satisfacer las distintas necesidades de las poblaciones de seres humanos, plantas y animales, en un

periodo de tiempo y en una región determinados. La sequía es una característica recurrente del clima que presenta diferentes rasgos a nivel regional.

De acuerdo a López *et al.*, (2009), la sequía es considerada como un problema de primer orden por sus efectos negativos en las actividades ganaderas en distintas regiones del país. Investigaciones que se han llevado a cabo sobre el impacto de la sequía en la actividad ganadera, se ha generado un conjunto de recomendaciones sobre las acciones necesarias para mitigar los efectos negativos del fenómeno. Dentro de las recomendaciones, podemos identificar dos enfoques: uno que se centra en las responsabilidades que debe asumir el Estado en la atención al problema; el otro, en la responsabilidad que deben asumir los propios ganaderos en las prácticas productivas asociadas al manejo de sus agostaderos. Por lo que las prácticas necesarias para enfrentar la sequía se basan en el principio de buscar el equilibrio entre la disposición de forraje y la carga animal. La segunda vertiente, de la sequía, para el sistema de producción extensivo de la ganadería desde la perspectiva de la viabilidad de adoptar este tipo de prácticas en el manejo de las unidades de producción ganadera.

También, es importante mencionar que la sequía tiene impactos ambientales, económicos y sociales, y es considerado como un fenómeno devastador si afecta a una región por largo tiempo. Se le asocia con daños ecológicos, disminución de las actividades económicas, desempleo y movimientos migratorios de la población. Ya en casos extremos, se le vincula con la pérdida de vegetación y animal, con desnutrición y afectación a la salud en los grupos de poblaciones más vulnerables. Y en cuanto a la ganadería el impacto inicial de la sequía se percibe en la reducción del forraje disponible y, posteriormente, en la disminución de su producción, misma que se refleja en el peso del ganado, sus tasas de reproducción y en la producción de leche (Velasco, 2005).

2.5 Alternativas de Forraje Verde Hidropónico y métodos de conservación

Según el Organismo FAO (2001), menciona que el FVH puede constituirse en una opción alternativa a los métodos convencionales de producción de forraje, ya que contribuye a una actividad agropecuaria sostenible en las zonas áridas y semiáridas. Y que esta producción de FVH es una tecnología de desarrollo de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de plántulas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas que presentan una alta tasa de germinación para poder producir un forraje de alta digestibilidad, con calidad nutricional y que sea apto para la alimentación de diversos animales, tales como bovinos, caprinos, equinos o aves de corral, entre otros.

En el mismo sentido, Campelo *et al.* (2007) y Vargas (2008), mencionan que el forraje verde hidropónico es una alternativa de producción sostenible que puede mantener y mejorar las condiciones de productividad y sanidad del ganado, y que su uso representa una opción viable, económica y segura que puede ser utilizada en la nutrición animal.

2.6 Problemas que afectan a los productores

Las zonas áridas son consideradas áreas marginales para el desarrollo del sector agropecuario, debido a sus altas temperaturas, y escasa precipitación pluvial y alta evaporación, así como que los suelos y sus aguas de riego son de baja calidad (Al-Ajmi *et al.*, 2009). Sin embargo, dichas condiciones representan un desafío para la producción convencional de forraje en cantidad y calidad para la alimentación del ganado (García *et al.*, 2005). No obstante, ante la situación, la producción de forraje verde hidropónico, representa una alternativa de producción de forraje no-convencional, ya que permite producir forraje durante todo el año y en pequeñas superficies de terreno, utilizando estructuras de forma vertical en lotes apilados a varios niveles (FAO, 2001), obteniendo altos rendimientos por unidad de superficie y un ahorro considerable de agua (Al-Karaki, 2011).

2.7 Modelos rústicos y su importancia

La producción de forraje verde hidropónico es muy sencilla, por lo cual solo es necesario el establecimiento de condiciones adecuadas de temperatura, humedad y de luz solar (Sneath y McIntosh, 2003), además, favorece un uso eficiente de agua en zonas donde es muy escasa este líquido vital.

2.8 Relevancia de los saberes campesinos para resolver problemas

Diversos autores como Guzmán *et al.*, (2000), mencionaron que el desarrollo rural participativo es una nueva forma de definir y gestionar las políticas y las decisiones, con el fin de conseguir el equilibrio y el crecimiento económico y social de las zonas rurales, sin dañar los recursos naturales y aprovechando eficientemente el capital social y la cohesión comunitaria para la autogestión.

2.8.1 El conocimiento campesino tradicional

De acuerdo a Müller y Halder (1986), describen el conocimiento como la "identificación de un objeto particular aprehendido sensiblemente con su significación general, y con la determinación de esta significación por medio de otros rasgos característicos generales", y que está referido a la identificación de los objetos y la significación de su apariencia, el saber tiene carácter de certeza y de evidencia basado en la esencia de ese conocimiento. Por lo que es un conocimiento profundo de las cosas o hechos de la realidad. Para el investigador, el saber está conformado simultáneamente por procesos de apropiación y construcción y por productos culturales que se manifiestan en las prácticas discursivas y objetivadas en el lenguaje. Las dos formas de constitución del saber son incorporadas individuales y socialmente a través del aprendizaje, que constituye el dispositivo humano para la apropiación, reciclaje, transformación y transmisión de las culturas. Además, también es importante que las personas encuentren en la educación el vehículo idóneo para construir, reconstruir y perpetuar los saberes de su vida o cultura. Por lo que debería ser un hecho autónomo la formación de todo hombre, a partir de sus propias particularidades individuales y colectivas, y que ha sido convertido por las

culturas hegemónicas en un espacio para la reproducción etnocéntrica de sus modelos civilizatorios (Núñez, 2004).

2.9 Tecnologías adecuadas-apropiadas

La tecnología de la producción de forraje verde hidropónico, en los últimos 50 años, se ha reportado que ha mejorado ostensiblemente en lo que se refiere a los métodos operativos y en el control de todos los aspectos que hacen a la instalación. Se han mejorado en el conocimiento de los distintos factores que afectan su producción. Y también, se han hecho mejoras en cuanto a los materiales constructivos. Pero lo básico se mantiene. En el mercado internacional existen desde equipos comerciales de baja producción en gabinetes de aluminio con bandejas de plástico y aire acondicionado frío/calor, con la instalación lumínica incorporada para los tres días finales de crecimiento y con automatización casi total (Arano, 1998).

En cuanto al desarrollo tecnológico, la Hidroponía es un sistema de producción alternativo a los sistemas tradicionales en suelo. Su efectividad ha sido probada en diferentes cultivos, y ha llegado a ser de mucha utilidad para la producción de forraje. La producción animal, carne o leche, posee en algunas regiones del mundo, una gran limitante: principalmente la falta de forraje. Las producciones estacionales de alto riesgo son comunes en la producción tradicional. La tecnología de producción de forraje hidropónico, unida a una ambientación adecuada de los módulos de producción, permite la producción de forraje los 365 días del año, en zonas serranas y con temperaturas bajo cero (Valdivia, 1997).

2.10 Adaptación de tecnologías

Los métodos de producción de forraje verde hidropónico, regularmente cubren un amplio espectro de posibilidades y de oportunidades. Y existen casos muy simples en que la producción se realiza en franjas de semillas pregerminadas colocadas directamente sobre plásticos de 1 m de ancho colocadas en el piso y cubiertas, dependiendo de las condiciones del clima, con túneles de plástico,

invernaderos en los cuales se han establecido bandejas en pisos múltiples obteniéndose varios pisos de plantación por metro cuadrado, galpones agrícolas (por ejemplo: criaderos de pollos abandonados) hasta métodos sofisticados conocido como: Fábricas de forraje donde, estas estructuras son cerradas totalmente y automatizadas y climatizadas, el FVH se produce a partir del trabajo de un operario que sólo se remite a sembrar y cosechar mientras que todos los demás procesos y controles son realizados en forma automática. El cultivo de forraje verde hidropónico, puede estar instalado en bandejas de plástico provenientes de envases descartables, estantes viejos de muebles viejos, los cuales suelen ser forrados con plástico (bandejas de fibra de vidrio, de madera pintada o forrada de plástico las cuales a veces son hechas especialmente para esto (Valdivia, 1997).

2.11 Adaptaciones rústicas para producción de forraje verde hidropónico

Según Abarca, Aguilera, Torres y Cruz (2020), mencionan que el proceso de fabricación de una estructura de madera para la agricultura familiar campesina, permite la producción de 30 bandejas. La construcción en madera es buena propuesta, por ser un material relativamente de fácil adquisición y no requiere de herramientas sofisticadas para su armado, no obstante, la estructura puede ser fabricada de otros materiales; mejorando la rigidez, estabilidad y durabilidad. La estructura de madera para producción de FVH, está pensada para bandejas plásticas “tipo casino” de dimensiones 35 cm x 45 cm, para cualquier otro tipo de bandeja, se deberá ajustar las medidas indicadas. Siendo una forma de adaptar esta estructura, según el espacio y acceso al material.

Respecto a la producción de forraje verde hidropónico con materiales al alcance Zagal-Tranquilino *et al.* (2016), mencionan que el uso de cartones de huevos reciclados como sustrato y contendor sustituyen a las charolas comerciales. Y se puede producir forraje verde hidropónico de maíz, con solo un riego cada 24 horas en charolas de cartón reciclado de huevo. Donde se han realizado cosechas a los 13, 14 y 15 días, midiendo así, rendimiento total, de raíz, de tallo y de hojas, todas en kilogramos, teniendo como resultados un rendimiento total

de 3.517, 2.533, 2.904 kg por cada cosecha, y un 85% determinación, concluyendo que esta práctica de producción de FVH en charolas de cartón con riegos cada 24 horas es factible.

Sin embargo, la mejor manera de disminuir costos de producción, es la utilización de los recursos disponibles en la región (Intagri, 2019).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo de investigación

El estudio en cuestión se realizó tras una investigación mixta, primeramente, con la demostración de campo, validando y demostrando los datos, y así describir los resultados.

3.2 Instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de los datos, se usaron dos herramientas importantes; una de modulo demostrativo de producción de forraje verde hidropónico y, una entrevista, para poder hacer la recolección de la información necesaria para la descripción. Para el análisis de los datos cualitativos de los resultados de la investigación se realizó con la entrevista y la practica en campo para demostrar los resultados, a partir de eso se hizo la descripción de los resultados.

A continuación, se describen los métodos llevados a cabo para el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos:

- Objetivo 1. Para la elaboración de un módulo de producción de forraje verde hidropónico, se realizó primero, el modelo en digital (figura 3), tomado como ejemplo para realizar el módulo, con materiales al alcance.
- Para el objetivo 2: Describir ahorro de agua, al llevar a cabo la producción de FVH por medio de un modelo rústico, se hizo la medición del gasto de agua en litros en cada uno de los riegos que se hizo, llevando a cabo las anotaciones correspondientes.
- Para el objetivo 3. Se describe los beneficios económicos al producir FVH con un modelo rústico, haciendo una comparación del costo entre lo que se hizo con la de un modelo de invernadero.
- En el objetivo 4 se mide la producción de forraje verde fresco en kg, con 25 kg de maíz, una vez terminada el ciclo del forraje se procede a pesar con una báscula, midiendo la producción del forraje en fresco. Además, se midió las horas trabajadas para producir FVH con 25 kg de maíz, por

cada actividad realizada se tomó el tiempo que se tardó en realizarse, desde la construcción del módulo, lavado del maíz, siembra, riegos, etc.

- En el último objetivo 5, se describe el proceso de adopción y adaptación de producción de forraje verde hidropónico por modelo rústico, a partir de lo realizado, en cada uno de los pasos que se hizo y que muchos campesinos han hecho.

3.3 Zona de estudio

El módulo de producción de forraje verde hidropónico por un modelo rústico, se desarrolló en el Centro de Permacultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, México, a una altitud de 1,600 m, en las coordenadas 25° 23' 59" LN y 101° 59' 17" LO (Figura 1). En el estado de Coahuila, la mitad de su territorio (49 %) presenta clima seco y semiseco, el 46 % presenta clima muy seco y el 5 % restante registra clima Templado subhúmedo, localizado en las partes altas de las sierras del sur: San Antonio y Tampiquillo. La temperatura media anual es de 18 a 22 °C. La temperatura más alta, mayor a los 30 °C, se presenta en los meses de mayo a agosto y la más baja en enero, que es alrededor de 4 °C. Las lluvias son muy escasas, se presentan durante el verano; la precipitación total anual es alrededor de 400 mm (INEGI, 2021).



Figura 1. Ubicación del módulo de producción de FVH en el centro de permacultura UAAAN, Saltillo Coahuila, México.

3.4 Prueba de germinación

Se seleccionaron 100 semillas de maíz al azar para hacer una prueba de germinación, en una estufa del laboratorio. Para ello se colocaron 20 semillas por cada caja de Petri, obteniendo un total 5 cajas.



Figura 2. Prueba de germinación.

3.5 Instalación para la construcción del módulo

La producción de forraje verde hidropónico de maíz se realiza dentro de una estructura tipo invernadero, con cubierta de malla sombra, paredes de plástico negro para mantener el calor del módulo, cuyas medidas son: 2.75 m de largo por 2.90 m de ancho, con una altura de 2.23 m. Dentro del módulo, las cajas de plástico funcionan de forma correcta para apilarlas sin falta de espacio para el crecimiento del forraje, funcionando también como base una de la otra (Figura 3), se usan cajas de plástico aguacateras, con medidas de 50 cm de largo, 31 cm de ancho y 28 cm de alto.

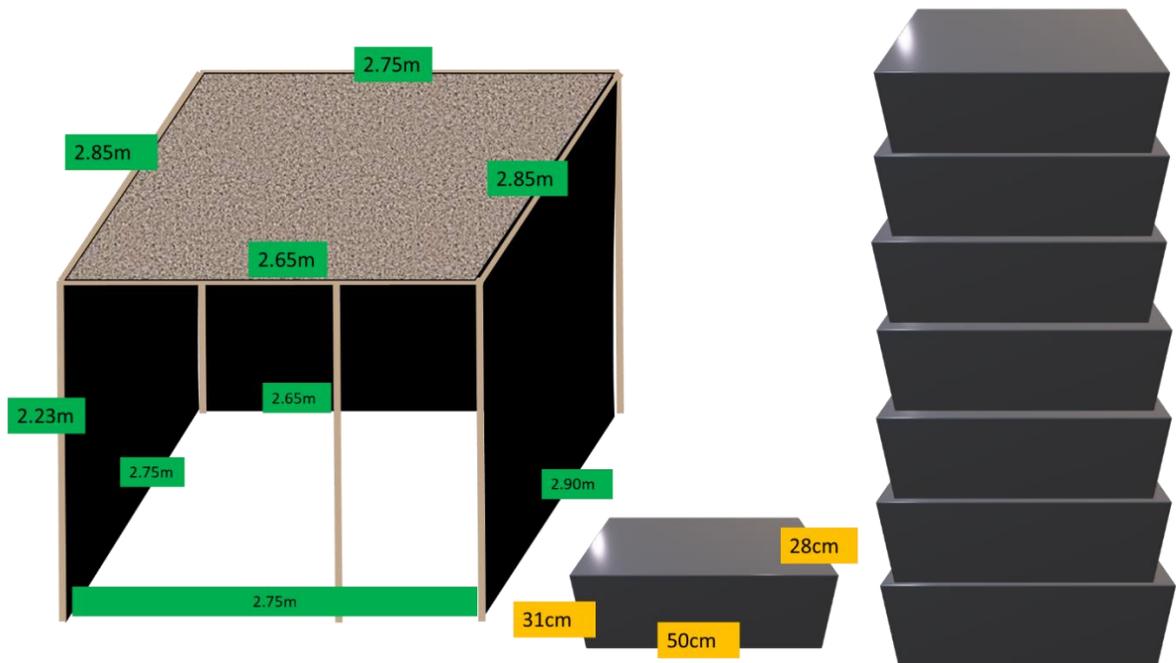


Figura 3. Modelo de la estructura para la producción de FVH de forma rústica.

3.6 Construcción del módulo

Esta parte es muy importante a considerar, ya que el área donde se llevará a cabo debe estar en un lugar abierto, donde la luz del sol esté disponible la mayor parte del día y con disponibilidad de agua. El primer paso que se siguió fue determinar el lugar, una vez hecho eso se procedió a la búsqueda de materiales que serán usados, de tal manera que estos puedan estar al alcance de todos sin necesidad de gastar mucho. Y se procedió a la construcción del área de producción aplanando el suelo para evitar encharcamiento quitando desniveles, se realizó el invernadero con madera para su soporte, plástico para cubrir el área y costales o sacos reutilizados, clavos, malla sombra reutilizada, y malla contra granizo. Una vez teniendo el material se inició la construcción, de tal manera que quedó cubierto por los lados y por la parte de abajo para evitar la entrada de roedores, permita la entrada de la luz del sol y este seguro del viento. A continuación, se muestra una foto de la construcción terminada (Figura 4).



Figura 4. Módulo de producción de forraje rústico.

3.7 Manejo de la semilla

Se usó un área de trabajo para las actividades a realizar, previas a comenzar con las prácticas de producción, tratamiento de semillas, selección, limpieza, desinfección e imbibición, para la germinación de las semillas se realizó también en las cajas de plástico mencionadas anteriormente.

3.8 Riego

El riego se llevó a cabo con una bomba manual de 5 L de capacidad, utilizando de 4 a 5 L durante todo el día, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar. De la misma forma con las aplicaciones de fertilizantes, en este caso se hizo con lixiviado de lombriz diluido en agua, con una concentración de 5 mL de lixiviado por cada 15 L de agua.

3.9 Métodos usados para la germinación del grano

1. Lugar de la germinación.

El lugar es un espacio con suficiente sombra, son techo de malla sombra. Es un espacio de 2.9 m de largo por 2.75 m de ancho, para poder producir con 30 cajas de plástico. Es importante el uso de malla sombra para protección de pájaros.

2. Recipientes para el cultivo en escala rústico.

Los recipientes que se usarán son cajas de plástico tipo aguacateras, con capacidad de un kilo de maíz, su dimensión aproximada es de 50 x 31 x 28 cm, y son cajas recicladas.

3. Soporte de las cajas de plástico.

Con las cajas de plástico que se van a utilizar se puede apilar simplemente, unas sobre la otra, por su forma, se hace sin ningún problema, se pueden apilar de 6 a 8, con ellos se puede aprovechar mejor el espacio, simplificar el trabajo y se ahorra los costos en anaqueles o estantes.

4. Riego y supervisión.

El riego se llevará a cabo con una bomba fumigadora manual con capacidad de 5 L.

3.10 Procedimiento experimental

Pasos para la producción de forraje verde hidropónico:

1. Lavado de semillas: En el día uno se remojan las semillas, se procede a limpiar el grano separando la basura y granos quebrados, podridos y picados, sumergiendo en agua para retirar material que flote, limpiar toda suciedad, impureza mala semilla, granos partidos. Lavar la semilla y limpiar de nuevo, cambiar el agua las veces que se consideren necesarios.
2. Desinfectado de la semilla: 2 mL de hipoclorito de sodio por cada litro de agua. Sumergir la semilla durante 15 minutos, mezclar el maíz durante ese tiempo. Esta práctica permite la eliminación hongos y bacterias.
3. Desechar el agua y luego lavar nuevamente con agua limpia.
4. Activación: se sumerge la semilla en agua durante 12 horas, se deja secar 1 hora, se sumerge de nuevo 12 horas en agua nueva y todo bien oxigenado.

5. Colocación de charolas o cajas: Desinfectar charola: sumergirla en agua con cloro 1 mL de cloro por litro durante 15 min, luego enjuagar bien para retirar rastros de cloro.
6. Siembra: Distribuir la semilla dentro de la charola con la densidad suficiente para simular la existencia de sustrato.
7. Riegos de germinación: regar la semilla de 4 y 5 veces al día, entre las 8 y 16 horas, cada riego con un tiempo de 1 min.
8. Iluminación: cuando los brotes estén poniéndose verdes, se ponen en condiciones de luz solar, ideal que reciban 9 horas de luz.
9. Nuevo riego: a partir del sexto día se riega con la solución nutritiva (lixiviado). El grano debe estar húmedo, evitar encharcamiento.
10. Últimos 2 días se riega solo con agua.
11. Cosecha.

3.11 Procedimiento de trabajo

Cuadro 1 Procedimiento de trabajo en la producción de FVH.

Fecha por día	Etapas	Actividades a realizar
Día uno	Remojo y limpieza del maíz.	Limpiar el grano separando basura y granos quebrados. Lavar la semilla y limpiar de nuevo retirando los granos que flotan
Día dos y tres	Reposo	A las 24 horas de estar en remojo, quitar el agua y poner en reposo.
Día cuatro	Desarrollo de la raíz	Vigilar su desarrollo. Regar 4 a 5 veces al día.
Día cinco	Primeros brotes	Vigilar su desarrollo. Regar 4 a 5 veces al día.
Día seis	Los granos tienen hojas	Vigilar su desarrollo. Regar 3 a 4 veces al día.

Día siete	Crecimiento	Regar 3 a 4 veces al día
Día ocho	Desarrollo	Regar de 3 a 4 veces al día.
Día nueve en adelante	Crecimiento	Regar de 3 a 4 veces al día

Fuente: Manual de procedimientos para la producción de forraje verde hidropónico, (ECOAGRO, 2005).

3.12 Actividades rutinarias durante el proceso de producción

- Primero ubicar área de trabajo, e identificación de los materiales a usar.
- Preparación de terreno
- Adecuación del lugar en forma de invernadero cuadrado, con techo cubierto por malla sombra y paredes de plástico.
- Desinfección y limpieza de cajas y semillas.
- Riego constante según lo establecido.
- Revisión en la germinación.
- Revisión del drenaje para evitar encharcamiento.
- Revisión de las semillas para identificar la existencia de hongos o bacterias.

3.13 Entrevista

Díaz-Bravo *et al.*, (2013), definen a la entrevista se define como "una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar". Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos. Para la investigación se realizaron entrevistas a dos personas que han producido su propio forraje, por medio de modelos rústicos y otras alternativas. La entrevista estructurada se realizó con ayuda de un formulario de Google, donde se hicieron preguntas abiertas que respondieron desde su dispositivo móvil. Posteriormente estas respuestas fueron analizadas de forma individual e interpretadas según el tema en cuestión.

4. RESULTADOS

A continuación, se lleva a cabo la descripción del proceso efectuado en la demostración de la producción de forraje verde hidropónico, a través de un sistema de modelo rústico, tomando como referencia los modelos de alta tecnología para la producción del mismo y experiencias de los campesinos que se dedican al cuidado de animales de traspatio en pequeña escala y producen su propio forraje.

4.1 Obtención de semilla de maíz criollo

Para la demostración se utilizó maíz criollo obtenido de un campesino productor de maíz en General Cepeda, Coahuila, de tal forma probar su capacidad para su producción en forraje. Se comenzó primero con el desgranado de las mazorcas y su almacenamiento.



Figura 5. Desgranado de maíz, utilizado para producir FVH.

4.2 Prueba de germinacion

La germinación de las semillas es un factor determinante en la producción, pues de eso depende el éxito de dicha actividad. Por ello se realizó una prueba en una estufa de germinación, colocando en 5 cajas petri 100 semillas, resultando una germinación del 97 %.

Cuadro 2 Prueba de germinación de semillas de maíz en estufa de germinación.

Repetición	Número de semillas colocadas en caja petri	Número de semillas germinadas
R1	20	20
R2	20	20
R3	20	20
R4	20	19
R5	20	18
Total	100	97 = 97 %

Fuente: elaboración propia.

4.3 Construcción del área para la producción del forraje

Se construyó el módulo para hacer la demostración de la producción de forraje verde hidropónico con los materiales que se tuvo al alcance.



Figura 6. Construcción del módulo para producir FVH.

4.4 Materiales usados para la producción

Parte importante en este trabajo realizado es que con la finalidad de que, quienes lo repliquen no tengan la necesidad de invertir grandes cantidades de dinero, por lo tanto, los materiales usados son los más baratos posibles, y muchos de ellos reutilizados y se pueden encontrar fácilmente. Uno de los problemas más mencionados en las comunidades o ejidos a la hora de iniciar un proyecto es que no les gusta o no tienen la disponibilidad de invertir económicamente, por eso este trabajo les da la oportunidad de no invertir mucho y los resultados son similares o iguales a las de uno con gran inversión. Se usaron cajas aguacateras de plástico, cartón como sustrato, cubetas, regaderas (si es posible, aunque no es necesario), cloro para desinfectar, contenedores para el lavado y desinfección de la semilla, lixiviado de lombriz y el maíz.



Figura 7. Cajas usadas para sustituir las charolas comerciales.

4.5 Método de producción (demostración del proceso de producción)

4.5.1 Lavado y desinfección del maíz

Para lavar el maíz es necesario hacerlo repetidas veces. En un contenedor grande se pone el maíz, se agrega agua y se va eliminando lo que se queda en la superficie del agua, que es maíz podrido, picado y quebrado, eso no nos

sirve y se elimina. Se enjuaga el maíz de dos a tres veces hasta eliminar todo el desecho, (Figura 7) se vuelve a llenar de agua y se agrega 10 a 15 mL de hipoclorito para la desinfección en 15 L de agua, se deja reposar por 15 minutos y se enjuaga.

La importancia de una buena desinfección de la semilla se ve reflejado en la capacidad de aguante de humedad en los primeros días después de la siembra. Tener buena desinfección ayuda y evita la presencia de hongos en las semillas durante la emergencia y germinación.



Figura 8. Lavado y desinfección del maíz.

4.5.2 Reposo del maíz

Una vez lavado el maíz y tras su correcta desinfección se deja reposar en el contenedor lleno de agua durante 24 a 36 horas en total oscuridad, con esto se logra retención de humedad en las semillas y mejora su capacidad de germinación. El remojo antes de la siembra les facilita un indicador interno para ayudarles a saber cuándo tienen que salir y crecer (Velázquez, 2014)



Figura 9. Reposo del maíz para su activación.

4.5.3 Siembra

Después de haber pasado las 24 horas de reposo del maíz en el agua se procede a realizar la siembra del maíz en las cajas de plástico, colocando en el fondo de ellas cartón para evitar la salida del maíz y funciona como sustrato (Figura 10). La siembra se hace de forma que el maíz cubra toda la superficie del cartón, con una altura de 2 cm aproximadamente.



Figura 10. Siembra del maíz en las cajas.

4.5.4 Riegos y fertilización

Mantener la humedad en las semillas es necesario para aumentar su germinación y compensar la pérdida de agua por evapotranspiración, los riegos se hacen dependiendo de la temperatura y clima, en este caso se llevaron a

cabo de 1 hasta 3 riegos durante el día, eso debido a que hubo días en los que llovía y no había necesidad de hacer otro riego. (Ver tabla de gasto de agua).

La fertilización se realizó a partir del día 10 al 12, con 5 mL de lixiviado de lombriz diluido en 5 L de agua durante 5 días (Figura 11). El uso de este lixiviado favorece el crecimiento de las especies vegetales más sanas y menos susceptibles a adquirir algún tipo de plaga o enfermedad. Es importante destacar que este fertilizante no es tóxico debido a que su origen es 100 % de origen natural, por lo tanto, no afecta a las personas, ni a los animales y se degrada fácilmente, esto permite disminuir la contaminación y proteger al medio ambiente. Por otra parte, con éste también es posible generar un ahorro significativo que se ve reflejado en la economía, ya que permite sustituir el uso de los fertilizantes convencionales.

En cuanto a su contenido nutritivo, el lixiviado de lombriz está compuesto por una cantidad importante de minerales como: Azufre, Boro, Calcio, Fósforo, Nitrógeno, Manganeso, Magnesio, Potasio, Sodio y Zinc, algunos en menores cantidades que otros, lo cual ayuda cubrir cualquier tipo de carencia que tengan las plantas.

Para su uso se recomienda hacer una mezcla, para esto sólo hay que diluir el lixiviado en agua (con la concentración mencionada anteriormente) para evitar que su alto nivel de concentración quemara a las plantas. Esta fórmula se puede aplicar con ayuda de un atomizador para hacer una mejor distribución del producto en las plantas.



Figura 11. Riegos y fertilización.

4.5.5 Observación

Durante todo el proceso de producción desde el lavado hasta la cosecha es importante la observación del producto, observar la presencia de hongos, insectos, pudrición y hongos en la raíz, pudrición de semillas. Para eso es necesario eliminar manualmente este tipo de problemas evitando que se haga más grande.



Figura 12. Observación durante el proceso de producción de FVH.

4.6 Gasto de agua en el proceso de producción

Al utilizar el sistema de producción FVH la pérdida de agua por escurrimiento superficial, infiltración y evapotranspiración es mínima comparada con la producción tradicional de forraje a campo abierto. La técnica del FVH emplea de 2 a 4 L de agua para producir 1 kg de forraje, lo que equivale alrededor de 8 L para promover 1 kg de materia seca de FVH (considerando un 25 % de materia seca del FVH), cantidad que es menor a los 635, 521, 505, 372 y 271 L de agua por kg de materia seca producida de avena, cebada, trigo, maíz y sorgo respectivamente, cultivados a campo abierto.

En la demostración de la producción de FVH realizado, el gasto de agua es menor, pues son cantidades pequeñas las que se usaron en cada riego y que es bien distribuida, logrando así, pérdidas mínimas, pues el riego es más efectivo (Cuadro 3). Se hicieron de 2 a 3 riegos por día, esto debido a que, hubo

días en los que hubo lluvias o eran días nublados, por tanto, no fue necesario de otro riego.

Cuadro 3 Gasto de agua durante el ciclo de producción de FVH.

Gasto de agua en el ciclo de producción de FVH				
Riegos				
Día	Fecha	1°	2°	3°
0	03/08/2022	Siembra		
1	04/08/2022	20 L	15 L	
2	05/08/2022	15 L	12 L	
3	06/08/2022	17 L	13 L	
4	07/08/2022	17 L	3 L	
5	08/08/2022	8 L	7 L	
6	09/08/2022	10 L	5 L	
7	10/08/2022	0 L	10 L	
8	11/08/2022	18 L	15 L	
9	12/08/2022	25 L	13 L	10 L
10	13/08/2022	24 L	15 L	
Comienza fertilización con lixiviado				
11	14/08/2022	30 L	17 L	
12	15/08/2022	22 L	20 L	
13	16/08/2022	18 L	23 L	
14	17/08/2022	21 L	0 L	
15	18/08/2022	12 L	10 L	
16	19/08/2022	9 L	5 L	
17	20/08/2022	11 L	9 L	
TOTAL POR RIEGO		277 L	192 L	10 L
TOTAL DE AGUA USADA			479 L	

Fuente: elaboración propia.

4.7 Gasto económico

Las grandes ventajas que tiene la producción de forraje verde hidropónico a través de un modelo rústico son el ahorro económico y su poca inversión inicial, con la práctica en este modelo, la producción se llevó a cabo con un gasto menor en comparación con producirlo en un modelo de producción comercial y de alta tecnología, obteniendo los mismos resultados.

Cuadro 4 Inversión económica en materiales usados para producir FVH.

Material	Unidades	Costo
Plástico	Con medidas de 10 metros de largo por 2.25 de altura	\$530.00
Malla sombra	De 3 metros por 3 metros	\$478.00
Bomba fumigadora	1 con capacidad de 5 litros	\$219.00
Maíz	25 kg	\$250.00
Cajas de plástico	29	\$145.00
Lixiviado	1 litro	\$30.00
Hipoclorito de sodio	½ litro	\$15.00
Jeringa	1 de 5 ml	\$2.00
Cartones	50	---
Clavos	½ kg	\$25.00
	Costo total:	\$1,694.00

Fuente: Elaboración propia.

4.8 Rendimiento de forraje verde en fresco.

El rendimiento del forraje verde fresco se recalca en la siguiente tabla, se puede observar que los resultados muestran una producción total de 115.640 kg en 29 cajas, con una inversión de 25 kg de maíz. En promedio se tiene 4.625 kg de forraje verde por cada kg de maíz.

Cuadro 5 Rendimiento de FVH fresco producido.

Medición de peso en kg de forraje verde	
# de caja	Peso
1	3.645
2	4.305
3	4.435
4	4.030
5	3.915
6	4.285
7	3.720
8	3.900
9	3.940
10	4.650
11	3.415
12	4.045
13	4.145
14	4.260
15	4.145
16	3.980
17	3.475
18	3.930
19	4.150
20	3.590
21	3.800
22	4.065
23	4.135
24	3.035
25	4.085
26	3.750
27	3.560
28	3.995
29	5.255
TOTAL EN KG.	115.640

Fuente: elaboración propia.

4.9 Gasto de horas hombre

La inversión de trabajo en horas hombre durante el proceso de producción es realmente poca, desde el inicio de las actividades se van dedicando poco tiempo, estas horas se van distribuyendo durante el día de acuerdo a las

distintas actividades, el siguiente cuadro muestra el tiempo dedicado a las mismas y en cada riego., permitiendo realizar otras actividades ajenas al forraje (Cuadro 6).

Cuadro 6 Horas hombre empleadas para producir FVH.

Horas empleadas para producir FVH en un modelo rústico.				
Actividades y fechas		TIEMPO (minutos)		
Construcción		900 min		
Lavado y	02/08/2022	50 min		
desinfección				
Siembra	03/08/2022	20 min		
Día	RIEGOS	1°	2°	3°
1	04/08/2022	30 min	15 min	
2	05/08/2022	25 min	15 min	
3	06/08/2022	30 min	15 min	
4	07/08/2022	28 min	5 min	
5	08/08/2022	30 min	8 min	
6	09/08/2022	30 min	5 min	
7 (monitoreo)	10/08/2022	5 min	10 min	
8	11/08/2022	20 min	15 min	
9 (medición)	12/08/2022	30 min	15 min	15 min
10	13/08/2022	30 min	0 min	
11	14/08/2022	35 min	15 min	
12	15/08/2022	20 min	0 min	
13 (medición)	16/08/2022	15 min	15 min	
14	17/08/2022	10 min	5 min	
15	18/08/2022	10 min	5 min	
16	19/08/2022	10 min	5 min	
17	20/08/2022	10 min	5 min	
TOTAL DE TIEMPO POR RIEGO		368 min	153 min	15 min

TOTAL DE TIEMPO

1506 minutos

25.1 horas

Fuente: elaboración propia.

Para la demostración en la aceptación del forraje, se les dio a algunos animales en saltillo, Coahuila, y sus alrededores, como primer ejemplo está el de los borregos, que aceptaron de forma correcta y acertada el alimento (Figura 13).



Figura 13. Demostración de aceptabilidad del FVH, en animales de corral.

Una vez hecho la demostración de la producción de forrajes por medio de un modelo con materiales rústicos, como parte del proyecto, es fundamental ponerlo en práctica con quienes la necesiten. En este caso se hizo la práctica en el ejido Unión Buenavista, con un productor, para complemento en la alimentación de sus caballos, obteniendo como resultado la aceptación de la misma (Figura 14).



Figura 14. FVH producido en Unión Buenavista, Chicomuselo, Chiapas.

También se hizo la prueba en el mismo ejido, pero con aves de corral (Figura 15), lo cual se pudo observar la aceptabilidad. Pero en este caso se observó, que el consumo es menor, por ello se estima una cierta pérdida en el forraje que no es consumido.



Figura 15. Prueba de aceptabilidad del FVH en aves de corral

4.7 Entrevista

Se realizó, para completar la investigación, una entrevista a dos campesinos hombres; uno de 24 años de edad del estado de Puebla de nombre Alexis Arenas y que también es estudiante y comerciante y el otro de 57 años del Estado de México llamado Reynaldo Hernández Jiménez, que han producido FVH, de forma rústica, el cual se llega a las siguientes conclusiones; el forraje lo han realizado desde personas jóvenes hasta señores, usando semillas de maíz criollo, de la región donde viven, produciendo desde hace más de 3 meses, y esto lo han hecho, en un inicio, con poco maíz, desde 2 kg, el cual han hecho pruebas para ver si es conveniente y aceptado por sus animales, y se dieron cuenta de que sí es buena opción para la alimentación de borregos y becerros. Esta forma de producir, lo han hecho para complemento en la alimentación de animales de traspatio, pues anteriormente la alimentación de estos animales se basaba en zacates y residuos de cultivos de maíz.

Esta idea e iniciativa de producir su propio forraje surge tras la necesidad de alimentar a sus animales sin gastar tanto, se comenta que lo hicieron con ayuda

de manuales y pequeñas guías, videos de YouTube, sin necesidad de recurrir o pedir ayuda a un técnico o profesionalista del tema. El primer entrevistado al ser un estudiante, logró indagar sobre el tema por su cuenta, buscando información en internet. El segundo caso menciona que tras haber participado en la producción del forraje de forma más técnica le surgió la idea de hacerlo con otros materiales que tenía al alcance. Algo importante es la posibilidad de hacerlo a bajo costo inicial, haciendo inversiones pequeñas de \$ 500.00.

Las dificultades que han tenido es que al hacerlos de forma rústica y sin asesoría previa tuvieron ciertos fracasos, sea que no germinaron, no tenían buena producción o bien, las semillas se contaminaban de hongos, y que es un trabajo continuo si se quiere tener producción continua.

Entre los beneficios encontraron un ahorro económico, pues gastaron menos en forrajes y en producirlos, buena dieta para los animales, un ahorro significativo del agua, concluyeron que es una buena opción producir su propio forraje, aprovechando las cosas que tienen al alcance y bajo sus posibilidades, usando materiales como agua, lixiviado de lombriz, cloro, cajas de plástico o cartón, malla sombra, y semillas de maíz. la aceptabilidad de los animales fue muy buena, les agradó el sabor. Con esto los productores recomiendan realizar forraje de forma rústica, pues se obtienen resultados similares o mejores que hacerlos de otra forma. Con ellos recomiendan la producción de FVH de forma rústica.

Finalmente se comprende puntos interesantes sobre los saberes campesinos y conocimientos adquiridos y que han prevalecido por generaciones. Por una parte tenemos a un joven que tras su curiosidad y su capacidad de indagar sobre un tema, pudo producir su forraje con lo que tuvo al alcance, tras la observación y la intuición pensó en que no se necesitaba del equipo mostrado en los manuales, sino que solo era cuestión de darles las condiciones necesarias a las semillas para lograr su germinación, y fue así que comenzó a producirlo en el piso, solo cubierto con plástico para protegerlo, posteriormente comenzó a hacer uso de otros materiales para finalmente hacerlo en cajas de

plástico y hacer una simulación de invernadero con plástico y maya sombra, así es como logró adaptar esta tecnología. Como segundo caso que es similar, es una persona mayor que de igual forma la observación y los conocimientos que ya tenía logra adaptar las condiciones en su casa para producir su forraje, observando que elementos usaban en el invernadero y los podía sustituir o adaptar de tal forma tuviera el mismo funcionamiento, así es como logra apropiarse de esa información.

Los procesos de adopción en estos productores surgen por la necesidad mostrar resistencia y como una estrategia, de poder hacer su forraje sin necesitar de algo más sofisticado. Los saberes y la adaptación de tecnologías es una forma híbrida y hace que se mantengan estos procesos, sin que el saber hacer se desplace, o se pierda, como sucede en otros casos de innovación, ya que estos saberes pueden ser considerados, generalmente, como un atraso y que hace difícil la incorporación de los nuevos conocimientos y tecnologías que son adaptados.

5 DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en el presente documento, se obtuvieron con la realización del módulo demostrativo de producción de forraje verde hidropónico, con la recopilación de los datos, entrevistas, que ayudaron en el cumplimiento de los objetivos.

Con lo que se obtuvo, se puede observar principalmente, la posibilidad de producir forraje verde con materiales al alcance, con lo que algunos campesinos han denominado, rústico, sustituyendo algunos de los materiales que usan aquellos que producen forraje de una manera más técnica o materiales de mayor costo económico. De esta manera a los campesinos que solo requieren producir un poco de forraje para sus animales de traspatio y de pequeñas cantidades, les resulta ser más económico, teniendo también, otros beneficios.

Siguiendo con los resultados, se observa, primeramente, los beneficios que trae consigo la implementación de producir forraje de esta forma. El uso de semillas criollas, es buena opción, pues en este caso al hacer la prueba de germinación se obtuvo una tasa del 97% que a la hora de la siembra en las cajas se vio reflejado. Una de las ventajas más significativas de este modelo de producción es que los campesinos productores pueden hacer uso de materiales a su alcance, un módulo pequeño realizado con maya sombra, plástico o costales es suficiente para poder iniciar, al igual que hacerlo en forma de micro túnel se tienen resultados positivos, en este caso, para germinar o sembrar el maíz, se usó cajas de plástico, en vez de las charolas que son mucho más caras, en vez de usar un sistema de riego automático, se empleó una jícara, aunque realizarlo con una bomba es más práctico, se usó lixiviado de lombriz sustituyendo a los agroquímicos, el cartón que funcionó como sustrato.

En el objetivo específico uno, se planteó la realización de un módulo demostrativo para la producción del forraje, de forma rústica, cumpliendo con lo propuesto y con ayuda de un modelo realizado antes de iniciar, se realizó con materiales que estuvieron al alcance, como la madera, la maya sombra, maya

para protección de granizo que también fue útil, costales reutilizados, clavos, plástico. Este proceso presenta similitudes y diferencias a otros realizados en distintos lugares, como reportan Abarca-Reyes *et al.*, (2020), ya que explican el proceso de fabricación de una estructura de madera para la agricultura familiar campesina, permitiendo la producción de 30 bandejas. Aunque la construcción de madera es solo una propuesta, por ser un material relativamente de fácil adquisición y no requiere de herramientas sofisticadas para su armado, no obstante, la estructura puede ser fabricada de otros materiales; mejorando la rigidez, estabilidad y durabilidad. La estructura de madera para producción de FVH, está pensada para bandejas plásticas “tipo casino” de dimensiones 35 cm x 45 cm, para cualquier otro tipo de bandeja, se deberá ajustar las medidas indicadas. Siendo una forma de adaptar esta estructura, según el espacio y acceso al material, en otro caso del proyecto de AgroRural (2018), dio a conocer esta forma rústica de producir forraje, fue realizada en forma de micro túnel, con plástico y varillas de metal, resultando un invernadero de 10 m de largo y 1 m de ancho. Estas diferencias y similitudes se deben a que el modelo rústico permite la elaboración de la misma con materiales al alcance que van a tener una misma función, por ellos los materiales pueden ser los mismos o pueden ser sustituidos por otros, y los resultados van a ser similares.

El segundo objetivo busca detallar los beneficios ambientales con la implementación del modelo rústico para producir forraje verde, concretamente nos referimos al uso de agua. En este trabajo se presenta un gasto de agua de 415 L durante la producción de 115.640 kg de forraje, presentando un ahorro de agua, en comparación de otros ejemplos, como en el caso de agricultores de la india, Sandeep Pawar, productor de forraje verde hidropónico, hace mención que hace uso de 3 a 4 L de agua para producir 1 kg de forraje, a su vez, comparándolo con el forraje tradicional que llegan a usar de 70 a 80 L. Las diferencias en cuantos a la implementación de esta técnica en distintas lugares y climas es uno de los factores determinante del gasto del agua, pues si hay más calor va a requerir de más riegos al día, otro factor a considerar es el tipo de riego, en algunos casos los riegos son más eficientes como el riego por

aspersión, en cambio hacerlos con regadoras o a jicarazos puede haber un desperdicio de agua, como lo fue en este caso.

El siguiente objetivo se resalta el ahorro económico con esta técnica de producción, pues la inversión económica fue de menos de \$ 1, 700 pesos, M/N, ahorrando una buena cantidad de dinero a comparación de haber usado un invernadero especializado para la producción de forrajes, que, al hacer una cotización con la empresa Invernaderos, riegos y jardines (2022), por un suministro de un invernadero tipo túnel de superficie 20 m² y un costo de \$ 71, 224 M/N, con una capacidad para 100 charolas. Los costos y diferencias entre el modelo rústico al del invernadero se debe a que estos último son de alta tecnología, con riego automático, mejor control de la temperatura y humedad, se usa charolas especiales para la siembra, y los modelos rústicos son más simples, pero que al final de cuenta los resultados son excelentes.

Para el objetivo 4 se pretendió identificar los beneficios sociales y técnicos al implementar este modelo y forma de producir forraje verde, con respecto a el rendimiento de forraje fresco y las horas invertidas en todo el proceso de producción. En la práctica de producción, se obtuvo resultados de rendimientos de 115.640 kilogramos en 29 cajas, con una inversión de 25 kg de maíz. En promedio se tiene 4.625 kilos de forraje verde por cada kilo de maíz. Comprándolo con otros trabajos, en el programa AgroRural (2018) afirma una producción de 17 a 19 kg de forraje con una cantidad de 3.5 kg de semilla de cebada cosechando a los 21 días después de siembra. En otro caso estudiantes de la universidad autónoma de Nayarit, en 2016, realizaron un experimento en producción de FVH con riegos cada 24 horas y en charolas de cartón reciclado, los cuales obtuvieron un rendimiento de 3.5, 2.5 y 2.9 kg de forraje fresco por cada kg de maíz, cosechados a los 12, 13, 14 días respectivamente. Esta variabilidad se debe a que se cosecha en un tiempo diferente desde la cosecha, en este caso se pesó en fresco a los 18 días de siembra, a comparación de las otras pruebas que cosecharon en distintos días, igual que en el primer caso fue con semilla de cebada, otra razón puede ser el

último riego en qué momento se hace antes de pesar. Siguiendo con las horas invertidas, en este caso se llevó para producir el forraje 25.1 horas durante el proceso, desde la construcción del módulo, desgranado del maíz, lavado, desinfección, riegos, etc. Permitiendo con esto, que los productores puedan dedicar su tiempo en sus demás actividades, y al forraje solo una mínima parte del día o bien, puede estar a cargo de algún familiar que tenga la disposición de hacerlo. Finalmente, la aceptabilidad del forraje en animales, sean aves de corral, cerdos, cabras o ganado bovino, es de gran aceptación, pues dispone de un buen sabor, lo cual es de alta palatabilidad, y se demostró dándoles a algunos animales.

Con respecto a la producción de forraje verde hidropónico con materiales al alcance, Zagal-Tranquilino *et al.*, (2016), utilizaron el uso de cartones de huevos reciclados como sustrato y contenedor, maíz amarillo e híbridos. Siguiendo un procedimiento muy similar a lo que se hizo en el módulo del centro de permacultura de la UAAAN, en este trabajo tuvieron como objetivo desarrollar una técnica sencilla y sobre todo económica para producir forraje verde hidropónico de maíz, con solo un riego cada 24 horas en charolas de cartón reciclado de huevo. Se hicieron cosechas a los 13, 14 y 15 días, midiendo así, rendimiento total, de raíz, de tallo y de hojas, todas en kilogramos, teniendo como resultados un rendimiento total de 3.517, 2.533, 2.904 kg por cada cosecha, y un 85 % de determinación, concluyendo que esta práctica de producción de FVH en charolas de cartón con riegos cada 24 horas es factible.

Siguiendo con la adaptación de tecnología y apropiación de tecnología, existen proyectos que se han implementado con productores, donde su principal objetivo es el de reducir costos y que esté al alcance de ellos. ECOAGRO (2005), explican que, a lo largo del tiempo se ha investigado la forma de producir forraje de forma simplificada, sin ambiente controlado, sin tantas complicaciones y sin construcciones costosas, en su contribución a lo dicho, presenta este manual con los pasos para realizar la producción de FVH de

forma más simplificada, para los pequeños productores, en cualquier lugar, y sin usar ningún producto, para que sea accesible para ellos.

Con el trabajo realizado de producción de FVH con un modelo rústico, puedo asegurar que es una técnica que da soluciones prácticas a la problemática de los campesinos que se dedican a la crianza de ganado de traspatio, autoconsumo y a la pequeña agricultura, y que necesitan de alimento complementario como el forraje verde fresco. Esta técnica permite la producción de FVH en cualquier lugar, se puede adaptar a las condiciones económicas, disposición de espacio, etc., por lo tanto, es una excelente alternativa para los campesinos. Con esto, la investigación aporta esta técnica a los productores, de tal forma, tengan las herramientas de poder producir sus forrajes por su propia cuenta.

Los resultados que se tuvieron fueron positivos y son los esperados al inicio, cumple con los objetivos. Tras la comparación con otros trabajos, se puede observar las similitudes de los resultados que nos indican la factibilidad del proyecto. Además, esto nos indica que los resultados se pueden obtener en casos similares, como nos dimos cuenta, en distintas zonas geográficas, con distintos materiales, distintas semillas, diferentes formas de riego, que nos llevaran a resultados iguales o mejores.

Parte de los objetivos no mencionados del proyecto es que lo que productores tengan la posibilidad de producir su propio forraje, esta investigación les estaría acercando a la información y alternativas para realizarlo. Por lo tanto, se espera la réplica del mismo, que en otras investigaciones lleguen a mejorar el proceso y la técnica, además de contribuir en las soluciones de los problemas que acontece en la pequeña agricultura.

6 CONCLUSIONES

En general, la producción de FVH en el modelo adaptado, demostró los beneficios observados, desde el ahorro de agua, ahorro económico, alta producción de biomasa vegetal, poco trabajo en horas, y gran aceptación de consumo por los animales.

El rendimiento del forraje verde hidropónico de maíz en 29 cajas, tuvo una producción total de 115.640 kg, con un promedio de 4.625 kg por caja, lo que resulta como una buena producción que puede alimentar a 25 cabezas de ganado.

La realización de un modelo rústico de producción de FVH tuvo una inversión total de \$1, 694.00, lo que presenta un ahorro económico que favorece a los campesinos comparado con el precio de un sistema de alta tecnología.

Los campesinos tienen la capacidad de diseñar sus propios modelos de producción a través de su conocimiento, experiencia, y observación.

Se necesita complementar la experiencia de los productores con el conocimiento científico de técnicos e investigadores.

Quien toma la decisión de cambio y define la velocidad de adopción de una innovación es el productor, convencido que el éxito de implementar la tecnología es su propia responsabilidad.

La adopción y adaptación de las tecnologías para los pequeños productores es un proceso en el cual la participación de apoyos gubernamentales es importante, y la de los mismos productores decididos a adoptar o no una tecnología nueva.

7 LIMITACIONES Y SUGERENCIAS

Durante la realización del trabajo, las limitaciones se presentaron con algunos materiales, pues se usarían materiales que se fueran a adaptar a las condiciones y que no fueran necesarios comprarlos, eso fue una limitante pues fue un poco difícil encontrar algunos materiales, pero que finalmente tuvieron solución.

Es recomendable localizar un lugar donde no tenga sombra, y le dé el sol por la mayor de horas posibles, aunque eso implique estar más pendientes de los riegos. Cuidar de los vientos si es el caso de la ubicación para evitar problemas. También un punto importante a considerar es que, si quiere mantener una producción continua, y quiere hacerlos con el mismo material, debe tener más cajas para seguir produciendo, ya que la producción lleva alrededor de 15 días, y solo ir produciendo lo que se va a necesitar, pues si pasan más días las proteínas se van perdiendo. También hacer buen uso de las herramientas de riego para que el uso del agua sea en menor medida, como el uso de riegos por bombas, que hace menor gasto de agua. La observación e inspección del forraje es importante, ya que es muy fácil la presencia de hongos por exceso de humedad.

8 LITERATURA CITADA

- Abarca R, Aguilera A, Torres A, y Cruz, L (2020) Construcción de estructura de madera para producir forraje verde hidropónico. Fundación para la innovación agrícola.
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67272/NR42473.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AgroRural (2018) Tecnología de forraje verde.
<https://www.agrorural.gob.pe/agro-rural-introduce-tecnologia-de-forraje-verde-hidroponico-a-comunidades/>.
- Al-Ajmi, A., A. Salih, I. Kadhim, and Y. Othman (2009) Yield and water use efficiency of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. *J. Phytol.* 1: 342-348.
- Al-Karaki, G. N. (2011) Utilization of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system. *Emir. J. Food Agric.* 23: 80-94.
- Arano, C (1998) Forraje Verde Hidropónico y otras Técnicas de Cultivo sin Tierra, Buenos Aires, Argentina.
- ARQHYS (2012) Tecnología apropiada. *Revista ARQHYS*.
- Campêlo, J. E. G., J. C. Gomes de Oliveira, A. de S. Rocha, J. F. de Carvalho, G. C. Moura, M. E. Oliveira, J. A. Lopes da Silva, J. W. da Silva Moura, V. M. Costa, e L. M. Uchoa (2007) Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. *Rev. Brasileira Zoot.* 36: 276-281.
- Díaz-Bravo, L, Torruco-García, U, Martínez-Hernández, M, y Varela-Ruiz, M (2013) La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- ECOAGRO (2005) Manual de procedimientos para la producción de forraje verde hidropónico. Sinaloa.

<http://200.26.174.77/assets/repositorioPdfs/DO-AGN-CONALE-0037.pdf>.
Consultado el 10 de febrero de 2023.

FAO (2001) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina. Manual técnico: forraje verde hidropónico. Santiago, Chile. 68 p.

FAO (2001) Manual Técnico Forraje Verde Hidropónico. Santiago, Chile. 55 pp.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2001) Manual técnico. Forraje verde hidropónico. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.

García, L. A, A. Aguilar, A. Luévano y A. Cabral (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. México, D. F.

Guzmán, Gloria I.; González, M. y Sevilla, E (2000) Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

INEGI (2021) Clima INEGI.
https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_05.pdf. Consultado el 19 de febrero de 2023.

Intagri (2019) Soluciones para la Estacionalidad en la Producción Forrajera. intagri.com/articulos/ganaderia/soluciones-para-la-estacionalidad-en-la-produccionforrajera#:~:text=La%20producción%20de%20forraje%20se,como%20resultado%2C%20menor%20producción%20de. Consultado el día 10 de febrero de 2023.

Invernaderos, riegos y jardines GH SA de CV (2023) Cotización. <https://inrijagh.negocio.site/>.

López Reyes, Migdelina, Solís Garza, Gilberto, Murrieta Saldívar, Joaquín, & López Estudillo, Rigoberto (2009) Percepción de los ganaderos respecto

a la sequía: viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 17(spe), 221-241.

López-Aguilar R, Murillo-Amador B, y Rodríguez-Quezada G (2009) El forraje verde hidropónico (FVH): Una alternativa de producción de alimento para el ganado en zonas áridas. *Interciencia*, 34(2), 121-126.

Müller, M. y Halder, A (1986) Breve diccionario de filosofía. España: editorial Herder.

Nardone A, Zervas G, Ronchi B (2004) Sustainability of small ruminant organic systems of production. *Livest. Prod. Sci.* 90: 27-39.

Núñez, J (2004) Los saberes campesinos: Implicaciones para una educación rural. *Investigación y Postgrado*, 19(2), 13-60.

Ochoa-Martínez, E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Rios, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Resendiz y N. Rodríguez-Dimas (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 15: 245-250.

Pant, A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott, and K. A. Krenek (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pakchoi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agric.* 89: 2383-2392.

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

- Rippy, J. F. M., M. M. Peet, F. J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr, and K. A. Sorensen. (2004) Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience* 39: 223-229.
- Rodríguez, R. G. Hernández-Acosta, D. L. Flores-Sáenz, I. C. Quintero-Ramos, A. Santana-Rodríguez, V. y Rodríguez-Rodríguez, S. M. (2009) Cascarilla de avena y paja de trigo utilizados como sustrato para la producción de forraje verde hidropónico. *Tecnociencia Chihuahua*. 3(3):160-185.
- SAGARPA (2013) Forraje Verde Hidropónico, opción que ofrece SAGARPA ante la sequía. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura%7Chidalgo/es/articulos/forraje-verde-hidroponico-opcion-que-ofrece-sagarpa-ante-la-sequia>. Consultado el 20 de febrero de 2023.
- Sneath, R. and McIntosh, F. (2003) Review of Hydroponic Fodder Production for Beef Cattle. Department of Primary Industries: Queensland Australia 84. McKeehen, p. 54.
- Valdivia, B. E. (1997) Producción de Forraje Verde Hidropónico, Conferencia Internacional en hidroponía comercial 6 - 8 agosto Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
- Vargas-Rodríguez, C. F. (2008) Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agronomía Mesoamericana* 19: 233-240.
- Velasco, I., Ochoa, L. y C. Gutiérrez (2005) "Sequía, un problema de perspectiva y gestión" en *Región y Sociedad*. Vol. XVII, número 34, septiembre–diciembre 2005, pp. 35–71.
- Zagal-Tranquilino M, Martínez-González S, Salgado-Moreno S, Escalera-Valente F, Peña-Parra B, Carrillo-Díaz F, Zagal-Tranquilino M, Martínez-González S, Salgado-Moreno S, Escalera-Valente F, Peña-Parra y

Carrillo-Díaz F (2016) Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. *Abanico Veterinario*, 6(1), 29–34.

9 ANEXOS

Entrevista

1. ¿Qué tipo semilla para forraje produce?
2. ¿Cuánto tiempo lleva produciendo FVH?
3. ¿Qué cantidad comenzó a producir de forraje?
4. ¿Qué cantidad produce actualmente?
5. ¿Por qué produce forraje, o por qué lo hizo?
6. ¿A qué animales destina el forraje que produce?
7. Antes de producir su forraje, ¿usted lo compraba para sus animales?
8. ¿Cómo surgió la idea de producir su propio forraje?
9. ¿Alguien le enseñó a hacerlo?
10. ¿Tuvo que buscar a un profesional?
11. ¿Pidió asesoría a un profesional o ayuda técnica para comenzar?
12. ¿Cuáles fueron los principales problemas o dificultades al realizarlo?
13. ¿Cuánto fue el gasto económico al iniciar aproximadamente?
14. ¿Qué beneficios encontró al producir su propio forraje?
15. ¿Considera que existe un ahorro económico?
16. ¿Existe un ahorro de agua, en su experiencia?
17. ¿Considera que es buena opción producir nuestro propio forraje? ¿Por qué?
18. ¿Cree que es necesario de un técnico para realizar este tipo de proyecto?
19. ¿Por qué cree que este tipo de proyectos de gran inversión de producción de FVH fracasa?
20. ¿Se le hizo fácil producir su forraje?
21. ¿Qué materiales usó para realizarlo?
22. ¿Recomienda realizar el forraje de esta manera?
23. ¿Cómo observó la aceptación de los animales el consumo del forraje fresco?