

# Capítulo 1

## Producción de forraje verde hidropónico como alternativa frente a las sequías en el sur del estado de Campeche

*Rolando Torres Medina<sup>1</sup>*  
*María del Carmen Gómez Camal<sup>2</sup>*  
*Félix Alejandra Luna Medina<sup>3</sup>*  
*Maximiliano Vanoye Eligio<sup>4</sup>*  
*Ludwin Jaime Estrada Ramírez<sup>5</sup>*  
*Paula Viveros Moreno<sup>6</sup>*

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26000190>



<sup>1</sup> Maestría en Economía Social y Solidaria, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Campeche, México, [230251024@escarcega.tecnm.mx](mailto:230251024@escarcega.tecnm.mx).

<sup>2</sup> Docente Investigadora, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Campeche, México. [maria\\_camal@itsescarcega.edu.mx](mailto:maria_camal@itsescarcega.edu.mx) <https://orcid.org/0000-0003-1693-2753>.

<sup>3</sup> Docente Investigadora, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Campeche, México. [alejandralm@itsescarcega.edu.mx](mailto:alejandralm@itsescarcega.edu.mx) <https://orcid.org/0000-0002-1052-9253>.

<sup>4</sup> Docente Investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Campeche, México. [maxvanoye@itsescarcega.edu.mx](mailto:maxvanoye@itsescarcega.edu.mx) <https://orcid.org/0000-0002-6438-9479>.

<sup>5</sup> Docente Investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Campeche, México <https://orcid.org/0000-0002-6438-9479>.

<sup>6</sup> Docente Investigador, Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, Campeche, México.

## **Resumen**

La presente investigación analiza la producción de forraje verde hidropónico (FVH) en el municipio de Escárcega, Campeche, como una estrategia sustentable para enfrentar las prolongadas sequías que afectan a los pequeños y medianos productores ganaderos del sur del estado. (Cordoba Gómez, M. A. 2023). Ante la escasez de pasto natural y la baja disponibilidad de agua durante la temporada seca, el FVH se presenta como una alternativa viable para mantener la alimentación del ganado, mejorar su condición corporal y reducir las pérdidas productivas (Bustamante Piedrahita, 2023).

El estudio emplea un enfoque mixto con diseño descriptivo, integrando datos cualitativos y cuantitativos mediante observación directa y monitoreo diario del proceso de producción de FVH. Se evaluó la viabilidad técnica, económica y social del método como una herramienta de mitigación frente a la sequía, combinando soluciones de gestión ambiental y comunitaria.

Los resultados demuestran que la producción de FVH con semillas de maíz puede ser una alternativa factible para productores locales, optimizando el uso del agua y los espacios de cultivo (Chileno Guano, 2025) Garantizando una alimentación sostenible del ganado y fortaleciendo la resiliencia productiva ante los efectos del cambio climático (Freitas, L. 2025).

## **Introducción**

El municipio de Escárcega, situado en la zona sur del estado de Campeche, se caracteriza por su importante actividad ganadera (Alatríste Guarneros, 2018; Ardila Fernández, 2019), la cual ha sido severamente afectada en los últimos años por las prolongadas sequías y la creciente variabilidad climática. Estos fenómenos han provocado escasez de pastos

naturales, pérdida de cultivos forrajeros y disminución de la disponibilidad de agua, afectando directamente la productividad, el bienestar animal y la economía rural local (Rangel, Gutiérrez y Eligio, 2022).

Ante este contexto, es indispensable explorar alternativas sostenibles y de bajo costo que aseguren la alimentación animal durante los periodos de escasez hídrica (Valencia Luna, 2023). Una de las soluciones emergentes es el uso del forraje verde hidropónico (FVH), una técnica de cultivo intensivo (Eslava Pedraza, 2021) que permite producir biomasa vegetal de alto valor nutricional en espacios reducidos, sin necesidad de suelo y con un consumo mínimo de agua (Martínez Romero y Leyva Galán, 2014).

La presente investigación tiene como objetivo general evaluar la viabilidad y eficiencia del FVH a base de maíz bajo las condiciones locales de Escárcega (Borja y Perlará, 2009), así como analizar su aceptación entre los productores y su impacto en el manejo ganadero (Cruz Magdaleno, 2024; Palacio Hoyos, 2017). El estudio busca demostrar que el FVH puede constituir una herramienta estratégica para mitigar los efectos de la sequía (Báez Barraza, 2012; Quintero, 2018), fortalecer la seguridad alimentaria animal y fomentar prácticas agropecuarias sostenibles en la región.

El trabajo aporta evidencia empírica sobre la implementación de técnicas hidropónicas adaptadas al contexto rural campechano, integrando conocimientos locales y tecnología apropiada. Asimismo, se enmarca en un enfoque de economía social y solidaria, promoviendo la autogestión productiva y la participación comunitaria como componentes esenciales de la resiliencia frente al cambio climático (Ortega, 2022).

## **Materiales y métodos**

### **Diseño de investigación**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, combinando métodos cuantitativos y cualitativos para integrar análisis técnico, productivo y socioeconómico. Se utilizó un diseño descriptivo, permitiendo caracterizar las condiciones de producción del FVH, los recursos empleados y las percepciones de los productores.

### **Ubicación del estudio**

El trabajo se realizó en el municipio de Escárcega, localizado al sur del estado de Campeche, México, dentro de una zona de clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y temperaturas promedio anuales de 26 °C. La región presenta una marcada estacionalidad en las precipitaciones, con sequías recurrentes que afectan los sistemas de producción ganadera.

### **Tipo de estudio**

Se trata de un estudio no experimental, transversal y de campo, enfocado en observar y describir el proceso de producción del FVH sin manipular variables. El diseño permitió analizar el rendimiento del forraje y su factibilidad de implementación bajo las condiciones locales de los pequeños productores.

### **Técnicas e instrumentos**

Se aplicaron observaciones sistemáticas del proceso de germinación y crecimiento del forraje durante un periodo de 12 a 14 días, registrando variables como humedad, temperatura, germinación y peso fresco. Además, se realizaron entrevistas semiestructuradas con productores locales para identificar percepciones sobre la utilidad y sostenibilidad de la técnica.

El procesamiento de datos cuantitativos se llevó a cabo mediante análisis descriptivos (media, rango, frecuencia), mientras que los datos

cualitativos se interpretaron bajo un enfoque de análisis de contenido, permitiendo integrar las experiencias de los productores en la discusión de resultados.

### **Procedimiento experimental**

1. Selección de la semilla: se utilizó semilla de maíz criollo de alta germinación ( $\geq 90$  %), adaptada a las condiciones de la región.
2. Lavado y desinfección: las semillas se lavaron con agua limpia y se desinfectaron con hipoclorito de sodio (0.1 %) durante 30 min, enjuagándose posteriormente con agua potable.
3. Remojo y germinación: las semillas se dejaron en remojo durante 12 h y luego se colocaron en bandejas plásticas perforadas, distribuidas en capas uniformes.
4. Condiciones de cultivo: las bandejas se mantuvieron bajo sombra parcial, con riego manual dos veces al día usando agua limpia sin nutrientes químicos añadidos.
5. Monitoreo: se registraron datos de crecimiento, humedad y temperatura ambiental diaria.
6. Cosecha: el FVH se cosechó entre los días 12 y 14, cuando alcanzó una altura promedio de 25 cm.

### **Resultados**

Durante el proceso de producción de forraje verde hidropónico (FVH) en Escárcega, Campeche, se observaron resultados consistentes en términos de germinación, crecimiento y biomasa obtenida, aun bajo condiciones ambientales de temperatura elevada y limitada humedad relativa.

El porcentaje promedio de germinación fue del 91 %, lo que indica una alta viabilidad de la semilla seleccionada. El rendimiento promedio obtenido fue de 7.2 kg de FVH por kg en un periodo de 12 días, con un índice de conversión semilla-forraje de 1.7.2, es decir, por cada kilogramo de semilla utilizada se obtuvieron aproximadamente 7.2 kg de forraje fresco.

La altura promedio del forraje al momento de la cosecha fue de 20 a 25 cm, con un peso fresco promedio de 7.2 kg por bandeja de 0.25 m<sup>2</sup>.

La humedad del producto final fue del 82 %, lo que indica un contenido óptimo para el consumo directo del ganado sin necesidad de procesamiento adicional.

En cuanto al uso del agua, el sistema demostró una alta eficiencia: se requirieron en promedio 2-3 litros de agua por kilogramo de FVH producido, lo que representa un ahorro superior al 80 % en comparación con métodos de riego convencional en pasturas tradicionales.

Los productores participantes destacaron la disponibilidad continua del forraje durante todo el año y la reducción de costos en la compra de alimentos balanceados. Asimismo, señalaron mejoras visibles en la condición corporal del ganado y en la producción de leche, especialmente durante los meses más secos.

**Tabla 1**

*Resultados de la producción de forraje verde hidropónico (FVH) en condiciones locales de Escárcega, Campeche.*

<b>Variable</b>	<b>Valor promedio</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observaciones</b>
Germinación	91	%	Alta viabilidad de la semilla
Altura del forraje	25–29	cm	Cosecha al día 12
Peso fresco	7.2	kg/bandeja	Bandejas de 0.25 m <sup>2</sup>
Rendimiento total	28.8	kg/m <sup>2</sup>	Periodo de 12 días
Consumo de agua	2–3	L/kg FVH	Alta eficiencia
Contenido de humedad	82	%	Forraje fresco
Conversión semilla–forraje	1:7	—	1 kg de semilla produce 7 kg de FVH

El análisis de la información cualitativa mostró que el 80 % de los productores consideró el sistema de FVH como una solución viable y sostenible, mientras que un 20 % expresó reservas sobre la necesidad de infraestructura inicial y capacitación técnica para su implementación óptima.

## Discusión

Los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica y práctica del forraje verde hidropónico como estrategia adaptativa frente a las sequías en el sur del estado de Campeche. Los valores de germinación y rendimiento coinciden con los reportados en estudios similares realizados en Hidalgo y Guerrero (Ismael Castellanos-Arellanes, 2024; Sagarpa, 2013), donde la producción de FVH alcanzó entre 8 y 10 kg/m<sup>2</sup> con eficiencias comparables en el uso del agua.

El ahorro hídrico observado (2-3 L/kg FVH) es particularmente relevante para zonas como Escárcega, donde la escasez de agua es la principal limitante para la ganadería extensiva. De acuerdo con Beltrano y Giménez (2015), los sistemas hidropónicos pueden reducir hasta en un 90 % el consumo de agua respecto al cultivo tradicional de pastos, lo cual coincide con los hallazgos de este estudio.

Desde una perspectiva productiva, la utilización del FVH permitió mantener la condición corporal del ganado y reducir las pérdidas por inanición, lo que contribuye directamente a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad de las unidades ganaderas familiares. Este beneficio también fue destacado por Morales (1987) y Bravo Ruiz (1988), quienes documentaron incrementos en la productividad animal y mejoras en la calidad del forraje mediante el uso de esta tecnología.

En el plano socioeconómico, la adopción del FVH representa una tecnología apropiada (Schumacher, 1973) para pequeños y medianos productores, ya que requiere inversiones moderadas y puede implementarse con materiales locales. Además, su manejo favorece la participación comunitaria y el intercambio de conocimientos técnicos, fortaleciendo el tejido social rural y la capacidad de autogestión frente a eventos climáticos extremos.

En términos de sostenibilidad ambiental, la técnica de FVH contribuye a reducir la presión sobre los recursos naturales, especialmente el suelo y el agua, al tiempo que minimiza la necesidad de fertilizantes y agroquímicos. Esto se alinea con los objetivos de mitigación del cambio climático establecidos por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2024) y refuerza las metas de producción limpia en el sector agropecuario.

Finalmente, los resultados demuestran que la producción de FVH puede integrarse en un modelo de economía social y solidaria, donde los productores comparten infraestructura, insumos y conocimientos, fortaleciendo así la resiliencia comunitaria ante la crisis climática. Este enfoque integral, que combina tecnología apropiada y cooperación local, resulta esencial para garantizar la continuidad de la ganadería en regiones semiáridas como el sur de Campeche.

## **Conclusiones**

Los resultados de esta investigación demuestran que la producción de forraje verde hidropónico (FVH) constituye una alternativa viable, sostenible y eficiente para enfrentar las sequías recurrentes que afectan la ganadería en el sur del estado de Campeche.

La técnica presenta ventajas agronómicas y ambientales notables:

- Requiere poco espacio y un bajo consumo de agua.
- Permite producir alimento verde durante todo el año.
- Reduce la dependencia de pastos naturales y concentrados comerciales.
- Aporta un producto nutritivo y fresco que mejora la condición corporal del ganado.

Además, el FVH promueve la autonomía productiva de los pequeños y medianos ganaderos, fortaleciendo la seguridad alimentaria y la resiliencia económica de las comunidades rurales. Su implementación bajo principios de economía social y solidaria potencia el trabajo colaborativo, la autogestión y el uso responsable de los recursos naturales.

## Referencias

- Alatríste Guarneros, M. F. (2018). *Contribución de la diversidad florística a la productividad ganadera en tres municipios de Campeche, México* [Tesis de licenciatura].
- Ardila Fernández, A. F. (2019). *Integración del recurso arbóreo en fincas ganaderas de Campeche, México, como estrategia de adaptación al cambio climático y conservación de la biodiversidad* [Tesis de maestría].
- Báez Barraza, K. A. (2012). *Estrategias innovadoras para la gestión del riesgo de sequía en sistemas ganaderos extensivos* [Tesis doctoral].
- Barraza, K. B., & Martínez, E. I. (2012). *Estrategias innovadoras para la gestión del riesgo de sequía en sistemas ganaderos extensivos*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). *Producción hidropónica de forraje verde: Fundamentos, aplicaciones y perspectivas*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Borja, T. C., & Perlará, R. M. (2009). Producción y evaluación de la calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) a base de maíz (*Zea mays*) como alternativa para la alimentación de pollos de engorde en la Estación Ambiental Tutunendo, Chocó, Colombia. *Revista Bioetnia*, 6(2), 127–134.
- Bravo Ruiz, A. (1988). El forraje verde hidropónico como alternativa alimentaria para el ganado. *Revista Agropecuaria Mexicana*, 12(3), 45–52.
- Bustamante Piedrahita, D. R. (2023). *Métodos de conservación de forraje para la alimentación de ganado bovino en la época seca* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo].
- Castellanos-Arellanes, I. (2024). *Evaluación productiva del forraje verde hidropónico en condiciones de sequía* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].
- Córdoba Gómez, M. A. (2023). *Historia y variabilidad climática en el Altiplano de Pasto (Colombia), ambiente y sociedad de 1780 a 1870* [Tesis de maestría, FLACSO Ecuador].

- Cruz Magdaleno, L. Á. (2024). *Percepción y estrategias de adaptación al cambio climático que implementan los productores ganaderos* [Tesis de maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].
- Martínez Romero, A., & Leyva Galán, A. (2014). La biomasa de los cultivos en el agroecosistema: Sus beneficios agroecológicos. *Cultivos Tropicales*, 35(1), 11–20.
- Morales, C. (1987). El uso de forrajes hidropónicos en regiones áridas. *Revista Técnica Agropecuaria*, 4(2), 23–31.
- Palacio Hoyos, P. (2017). *Análisis de viabilidad para la implementación del sistema de pastoreo racional de Voisin en una empresa ganadera enfocada hacia la ceba de bovinos* [Tesis de licenciatura].
- Quintero Quintero, E. J. (2018). *El forraje verde hidropónico (FVH) de maíz (Zea mays) como estrategia didáctica mediadora en el desarrollo de la competencia indagar en los educandos de grado noveno* [Tesis doctoral].
- SADER. (2024). *Estrategia nacional de mitigación al cambio climático en el sector agropecuario*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- SAGARPA. (2013). *Manual de producción de forraje verde hidropónico*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Valencia Luna, A. N. (2023). *Esquilmos agrícolas como dieta alternativa de porcinos de engorde en la producción familiar y su evaluación de sustentabilidad* [Tesis de licenciatura].