

Sistemas Hidropónicos Sustentables Basados en el Reciclaje de Botellas de PET e Impresión 3D

Manuel Vichique Alegría¹

manuel.vichique@utc.v.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0001-7057-5921>

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
México

Jose Luis Hernández Bernabé

20203a101058@utc.v.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0008-3546-3976>

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
México

Abimael Castillo Guevara

catsgue29@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-7440-198X>

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
México

RESUMEN

Se comparte con el lector el avance obtenido de la experimentación en el desarrollo de una nueva propuesta de hidroponía tipo NFT basada en integrar el reciclaje de botellas de PET y diseños en impresión 3d. Esto con la finalidad de proponer un nuevo método de cultivo de hortalizas el cual ahorre aún mas agua que los sistemas conocidos e igualmente pueda repercutir positivamente en el medio ambiente. Es importante aclarar que la técnica de película de nutrientes (nft) es un sistema hidropónico en el que las plantas se cultivan en canales poco profundos con una película de solución nutritiva que fluye continuamente sobre las raíces de las plantas. (Hernández, 2005) Se propone el uso de la metodología de experimentación pura para establecer una relación causal entre la confiabilidad del sistema hidropónico y los resultados en las hortalizas cosechadas, medidos en términos de peso, tamaño y calidad. Finalmente se abordarán temas técnicos tales como construcción del sistema, formulas nutrimentales para las hortalizas y evidencias que respalden gráficamente el desarrollo de este sistema.

Palabras clave: *hidropónia; reciclaje; cultivos; impresión 3D.*

¹ Autor principal.

Correspondencia: manuel.vichique@utc.v.edu.mx

Sustainable Hydroponic Systems Based on the Recycling of PET Bottles and 3D Printing

ABSTRACT

This study shares the progress achieved through experimentation in the development of a novel NFT hydroponics proposal based on the integration of PET bottle recycling and 3D-printed designs. The aim is to propose a new vegetable cultivation method that conserves even more water than known systems while positively impacting the environment. It is important to clarify that the Nutrient Film Technique (NFT) is a hydroponic system in which plants are grown in shallow channels with a continuous flow of nutrient solution over the plant roots (Hernández, 2005). The use of pure experimentation methodology is proposed to establish a causal relationship between the reliability of the hydroponic system and the results in harvested vegetables, measured in terms of weight, size, and quality. Finally, technical topics such as system construction, nutrient formulas for vegetables, and visually supported evidence for the development of this system will be addressed.

Keywords: *hydroponics; recycling; crops; 3d printing*

*Artículo recibido 17 septiembre 2023
Aceptado para publicación: 26 octubre 2023*

INTRODUCCIÓN

La necesidad de encontrar métodos de producción sostenibles se ha vuelto cada vez más urgente en los últimos años. Como señala Juan Torres, economista y profesor de la Universidad de Sevilla, "el actual sistema de producción y consumo no es sostenible y está generando una crisis ambiental y social sin precedentes" (Torres, 2019). En este sentido, es esencial explorar nuevos métodos de producción que sean más amigables con el medio ambiente y que permitan una mayor eficiencia en el uso de recursos. Como señala el biólogo José Esquinas, "necesitamos sistemas de producción agrícola más sostenibles que permitan la producción de alimentos de forma más eficiente y con un menor impacto ambiental" (Esquinas, 2021). En este contexto, la implementación de sistemas de producción alimentaria sustentables y respetuosos con el medio ambiente, como el uso de energías renovables en la agricultura, puede ser clave para asegurar la disponibilidad de alimentos para una población cada vez más numerosa y en un planeta cada vez más limitado.

En América Latina, la necesidad de encontrar métodos de producción sostenibles ha sido reconocida por expertos y académicos. Como señala el economista mexicano Enrique Leff, "el modelo de desarrollo actual ha conducido a la depredación de los recursos naturales y a la exclusión social, y es necesario buscar alternativas más sustentables que permitan la protección de la naturaleza y la equidad social" (Leff, 2018). En este sentido, la implementación de prácticas agrícolas sostenibles y la adopción de tecnologías más eficientes pueden ser clave para asegurar la disponibilidad de alimentos y recursos naturales para las generaciones futuras. Como señala la ingeniera agrónoma argentina Mónica Blanco, "es necesario avanzar en la implementación de prácticas agroecológicas y en la adopción de tecnologías más sostenibles que permitan la producción de alimentos de forma más eficiente y respetuosa con el medio ambiente" (Blanco, 2020).

Desarrollo de prototipos previos

Bajo el contexto antes mencionado de buscar alternativas sostenibles para la producción de comida se desarrollaron diversos prototipos para el cultivo de hortalizas con hidropónia. (Ilustración 1, Figura 1)

“Desafortunadamente el Damping-off afectó a varias plántulas por lo que se tuvieron que retirar

del sistema para evitar la propagación hacia otras plántulas, más de 2 tubos enteros se vieron afectados por lo que se dejó sin plántula (20 plantas aproximadamente) se retiraron todas las plántulas afectadas y aquellas que tenían algún signo de estrangulamiento o coloración oscura en la parte inferior”

Estos sistemas iniciales presentaban la gran desventaja de necesitar una gran cantidad de filamento 3D, energía eléctrica constante y no contar con una diferenciación significativa con otros sistemas similares.

Más adelante se propuso un sistema que integra las ventajas de los “muros verdes”, una reducción de espacio y un acceso facilitado a las hortalizas.(Ilustración 2, Figura 2). Aunque se obtuvieron buenos resultados iniciales, los cultivos en su mayoría fueron afectados por “damping off” (Ilustraciones3,4).

De acuerdo a Aleks Danilo Zipa Guevara (2023), parte de los síntomas de la presencia de hongos en sistemas hidropónicos son:

- Manchas necróticas en hojas, folíolos y tallos.
- Hojas amarillas.
- Marchitamiento.
- Necrosis dentro de tallos, raíces, pudrición de semillas y frutos.

Por lo que se concluyó que se tuvo un descontrol en la propagación de Rhizoctonia, Fusarium y Pythium.

Finalmente se tiene un buen progreso significativo contra los primeros prototipos, pero aun no se consiguió un índice de sustentabilidad de congruente como para promover el uso de este último sistema; debido principalmente al uso de filamento para impresión 3D en toda la estructura de los sistemas hidropónicos

Prototipo actual

Para realizar el último prototipo se consideraron los errores en los sistemas anteriores, esto con la finalidad de alcanzar los objetivos de sustentabilidad y confiabilidad en el sistema, Se llegó a la conclusión que los objetos con mayor tamaño debían ser de un material reciclado, esto con la finalidad de disminuir costos y tiempos en la construcción del sistema

Cabe mencionar que gracias a las características de este último sistema, en caso de mostrar resultados positivos, se podría proponer este sistema como una alternativa muy atractiva para los cultivos hidropónicos, que si bien es basado en un sistema radicular que ya existe, el uso de varias botellas de PET recicladas y la capacidad de captación pluvial podrían ser diferenciadores importantes para este prototipo (Figura 3, Ilustración 5)

El tsu Jose Luis Hernández Bernabé propone una solución nutrimental adecuada para las pruebas que a realizar en el sistema de hidropónica (Tabla 1) Citando “Mi propuesta de nutrientes se basa en la necesidad de proporcionar a las plantas una combinación equilibrada de macronutrientes y micronutrientes esenciales. Esto asegura que las plantas tengan acceso a los elementos fundamentales para su crecimiento, desarrollo y producción óptimos. Mi enfoque es garantizar que se satisfagan las necesidades específicas de cada nutriente, teniendo en cuenta las características de la planta y las condiciones de cultivo.”

Igualmente, el tsu Abimael Castillo Guevara propone un circuito para alimentar la bomba con energía solar en caso que no se tenga a disposición energía eléctrica, Esto ayuda a mejorar la confiabilidad en el sistema y evitar que no se irriegen las plantas en caso de un fallo eléctrico (Ilustración 6, Figura 4)

Hipótesis

Es posible crear un sistema de cultivo hidropónico a base de materiales reciclados, el cual sea eficiente, confiable y con un índice de sustentabilidad que pueda generar un impacto positivo en el ambiente

METODOLOGÍA

Se propone un estudio cualitativo para analizar los resultados preliminares del último sistema de hidropónica. Con ayuda de una observación cualitativa de enfoque general (Sampieri et al, pag 373) se pretende identificar si el nuevo sistema puede trabajar en las circunstancias esperadas, para ello, el prototipo deberá mostrar que puede cumplir con las siguientes expectativas

- Evita el crecimiento de algas en los depósitos de agua
- Disminuye considerablemente la propagación de hongos dañinos para los cultivos
- Usa de forma moderada agua a razón de menos de 3 litros por semana (o equivalente

dependiendo del contenedor de agua)

Las legumbres o cultivos del sistema se desarrollan de forma adecuada

De igual manera se debe proponer una forma para poder clasificar al sistema como sustentable o no, pudiendo tomar como referencias las definiciones de otros autores

- La sustentabilidad es la capacidad de mantener la productividad y la estabilidad ecológica de los sistemas de producción mediante la prevención y conservación del capital natural presente (Albarracín et al, 2019)
- La evaluación de la sustentabilidad puede ser definida de manera simple como cualquier proceso que oriente la toma de decisiones hacia la sustentabilidad, desde las elecciones de las personas en la vida cotidiana hasta proyectos, planes, programas o políticas que se abordan más familiarmente en los campos de la evaluación de impacto (Bond, Morrison-Sauders & Pope, 2012).

En caso que el sistema pueda cumplir con estas definiciones o bien, con alguna otra que pudiera ayudarle a clasificar como sustentable, se podrá decir que se ha conseguido cumplir con la hipótesis propuesta anteriormente

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta la fecha, los cultivos han respondido de manera positiva al sistema propuesto, se ha notado un crecimiento y gracias a las experiencias anteriores se ha eliminado la amenaza por hongos en las plantas. Se puede observar un ligero ataque de insectos comehojas, pero no se considera como una afectación de importancia para las plantas. El sistema demuestra un consumo eléctrico muy reducido, el cual se comprueba con la programación del encendido de las bombas (Tabla 2) y los cálculos de consumo eléctrico:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo diario de encendido} &= 0.1333 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \\ \text{Consumo nominal horario en } \frac{\text{KW}}{\text{hora}} &= 0.0084 \frac{\text{KW}}{\text{hora}} \\ \text{Consumo diario nominal en } \frac{\text{KW}}{\text{hora}} &= \left(\frac{0.1333 \frac{\text{horas}}{\text{día}}}{1} \right) \left(\frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ día}} \right) \left(\frac{0.0084 \frac{\text{KW}}{\text{h}}}{1 \text{ hora}} \right) = 0.026873 \text{ KW/h} \end{aligned}$$

\$ 0.839 pesos (MXN) por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.

Como parte del método de observación se anexan varias imágenes que demuestran el crecimiento de las plantas en la nueva propuesta de sistema hidropónico (Ilustraciones 7-9)

ILUSTRACIONES, TABLAS, FIGURAS.

Necesariamente numeradas en forma correlativa que permitan su referencia inmediata en el texto.

Con cabeceras apropiadas con sus títulos correspondientes. Leyendas explicativas que aclaren símbolos, abreviaturas, etc. así, también guías de datos, imágenes, estadísticas, etc. Al tratarse de las tablas, éstas determinarán claramente en cada columna un encabezamiento, precisando el tipo de datos que se registran en ella y las unidades de medida que se hubieren utilizado.

Ilustración 1

Primer prototipo de hidropónia UTCV 2022



Figura 1
Detalle de primer prototipo de hidropónia

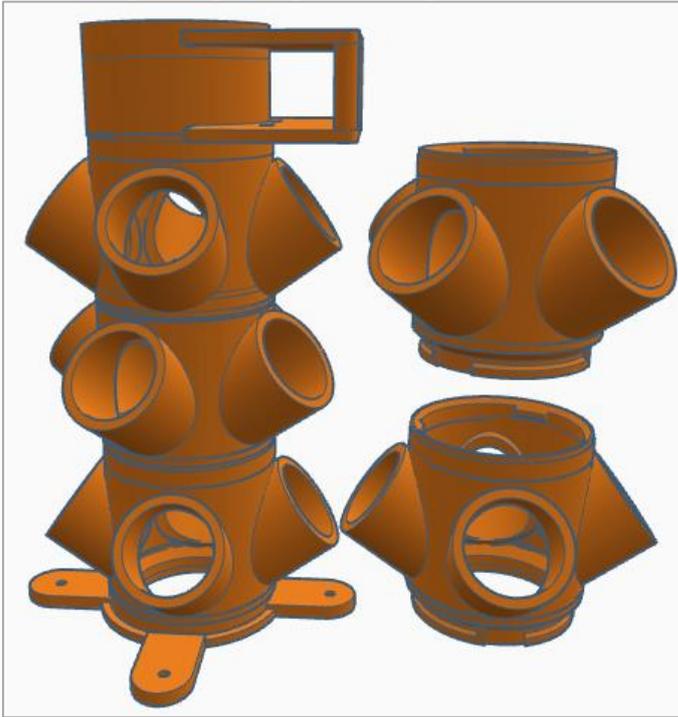


Ilustración 2
Segundo prototipo de hidropónia UTCV 2022



Figura 2
Detalle de prototipo basado en torre hidropónica

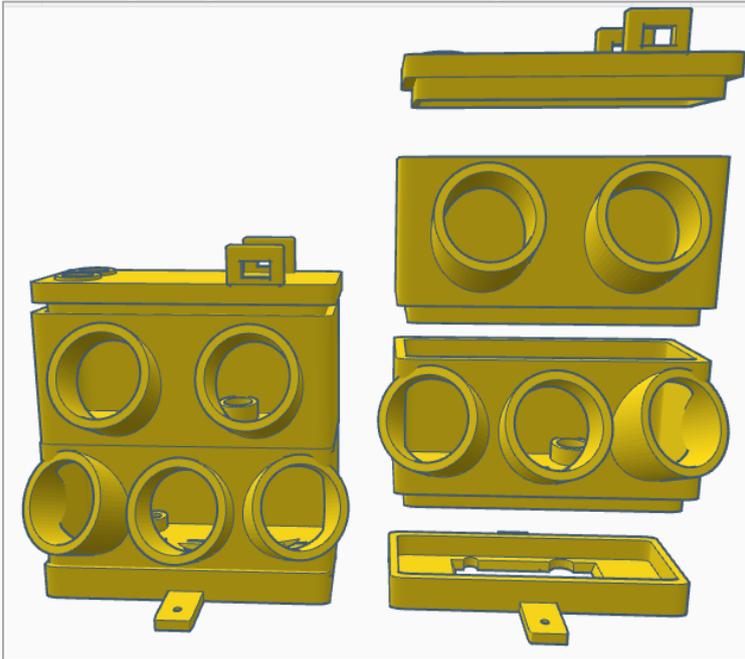


Ilustración 3
Daños por damping off afectación por hongos



Ilustración 4
Crecimiento de hongos en sistema hidropónico



Figura 3
Diagrama del nuevo prototipo de hidropónica

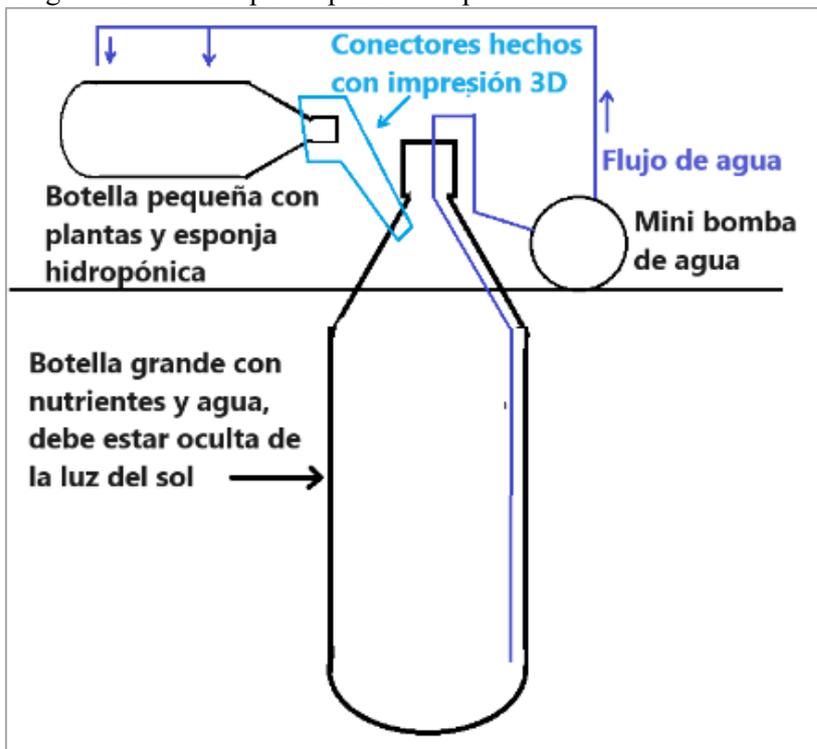


Ilustración 5
Nuevo sistema de hidropónia



Tabla 1
Propuesta de formulación nutricional para sistema hidropónico

Fertilizantes	Porcentaje que aportan cada uno %					
	N	P2O5	K2O	CaO	S	MgO
MKP	0.0	52.0	34.0	0.0	0.0	0.0
NKS	12.0	0.0	46.0	0.0	0.0	0.0
CALCINIT	15.5	0.0	0.0	26.5	0.0	0.0
MgSO4	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	16.0
UREA	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Nutriente	Cantidad para 100 L		Nutriente	Factores de conversión g
	ppm	g		
N	250	25	P2O5	2.3
P	70	7	K2O	1.2
K	250	25	CaO	1.4
Ca	200	20	MgO	1.66
S	50	5	S04	3
Mg	70	7		

Cantidad en g para 100L de agua						
	N	P2O5	K2O	CaO	S	MgO
MKP		30.96	8.77			
NKS	5.07993311	42.3327759				
CALCINIT	0.58678571			3.7857143		
MgSO4					38.461538	53.8461538
UREA	42.0288721					

Litros	Fertilizante	Cantidades (g)
20	MKP	6.192307692
	NKS	8.46655184
	CALCINIT	0.757142857
	MgSO4	10.76923077
	UREA	8.405774424

1ppm/100L = 0.1 gramos

Ilustración 6
Construcción de circuito solar para sistema de hidropónia



Figura 4
Circuito para sistema de carga solar

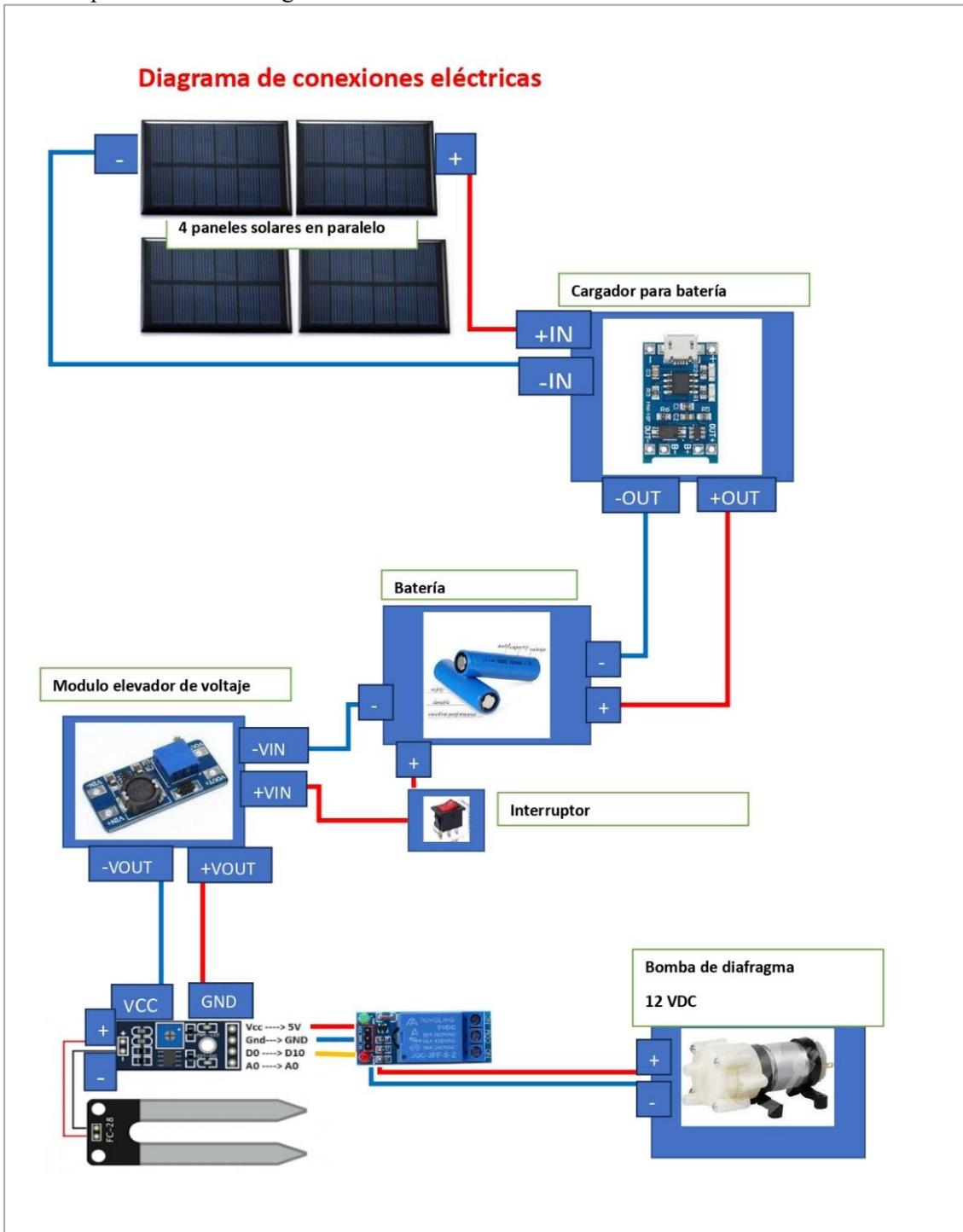


Ilustración 7

Plantas de melón en sistema de hidropónia UTCV 2023



Ilustración 8

Larva de mariquita sobre jitomate



Ilustración 9

Jitomate creciendo en sistema hidropónico UTCV 2023



CONCLUSIONES

El sistema trabaja de acuerdo a lo esperado, evita el crecimiento de hongos, las algas no proliferan de manera excesiva, y de acuerdo a la hipótesis planteada, el experimento está cumpliendo con sus expectativas.

Las plantas se siguen desarrollando de acuerdo a lo esperado, y se mantendrá un seguimiento para cuestiones de registro en conclusiones futuras.

Como trabajos a futuro se espera implementar un cultivo de mucha mayor escala para registrar y estudiar las ventajas y desventajas de esta técnica en sistemas de alta producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernández, C. J., & Hernández, J. L. (2005). Valoración productiva de lechuga hidropónica con la técnica de película de nutrientes (nft). *Naturaleza y desarrollo*, 3(1), 11-16.

- Zipa Guevara, A. D. (2023). Efecto de hongos patógenos en la producción de forraje verde hidropónico.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2018). Metodología de la investigación (Vol. 4, pp. 310-386). México: McGraw-Hill Interamericana.
- Albarracín-Zaidiza, J. A., Fonseca-Carreño, N. E., & López-Vargas, L. H. (2019). Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz. *Ciencia y Agricultura*, 16(2), 39-55.
- Bond, A., Morrison-Saunders, A. & Pope, J. (2012). Sustainability assessment: the state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30(1): 53-62.
doi: <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661974>
- Torres, J. (2019). La economía en tiempos de crisis ecológica. *Clave Intelectual*
- Esquinas, J. (2021). Agricultura sostenible: ¿una quimera o una realidad? *Revista de la Asociación Española de Técnicos Cerealistas*, 69, 4-9
- Leff, E. (2018). Ecología, economía y ética para el desarrollo sustentable. *Siglo XXI*.
- Blanco, M. (2020). Agricultura sostenible en Argentina: avances y desafíos. *Revista de Agricultura Sostenible*, 15(2), 39-48.
- Secretaría de Energía. (2021). Electrificación rural. Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/electrificacion-rural>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2020). Medición de la pobreza en México y en las entidades federativas 2018 y 2020. CONEVAL.
https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Pobreza/Informes/Especiales/2020/Informe_pobreza_2018_2020.pdf
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). Hidroponía, opción de desarrollo sustentable. Recuperado el 28 de abril de 2023, de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/hidroponia-opcionde-desarrollo-sustentable>
- Hernandez Bernabe, J. (2022). Sistema NFT para la producción de lechuga (Tesina de pregrado). Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Cuitláhuac, Veracruz