



HIDROPONIA EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN - UNIVERSIDAD LA SALLE EN EL CAMPUS DE SANTA LUCÍA: RESULTADOS PRELIMINARES

J. Ramiro Alcaraz Velasco* y Ma. Concepción Fortes Rivas**

* Escuela de Ciencias Químicas y ** Centro de Investigación, Universidad La Salle
Benjamín Franklin 47, Col. Hipódromo-Condesa México DF 06170, e-mail: cfortes@ci.ulsal.mx

RESUMEN

Al bajar la disponibilidad de tierra cultivable es necesario buscar alternativas viables y sostenibles de cultivo para alimentar a esa población futura; una de estas alternativas es la Hidroponia, la cual permite aprovechar espacios considerados como muertos y, a su vez proveer de alimentos sanos y nutritivos.

La Hidroponia que se plantea en este trabajo, tiene el carácter social y científico en favor del ser humano al trabajar sobre formulaciones nutricias para las plantas, que favorezcan su desarrollo y fisiología; así como en la elaboración de documentos instructivos orientados a las comunidades de bajos recursos, para que al no tener el conocimiento científico adecuado, puedan seguir de cerca un cultivo de esta índole por ellos mismos.

ABSTRACT

As the cultivable land availability decreases, it will be necessary to search viable and sustainable alternatives for research of production methods, that allows people to take advantage of dead spaces, providing them for generation of nutritive and healthy food.

The Hydroponics work showed here, has scientific and social character in favor of human being by working upon nutritive recipes for plant development and physiology, as well as in the document making oriented for communities having little or no means of support, that allows them to follow crops by themselves.

INTRODUCCIÓN

La Historia del hombre y todos los animales de la tierra, desde su aparición, están relacionadas con la de las plantas; ya que es gracias a éstas, que sirven de inicio a las cadenas alimenticias, que se han podido obtener sustancias que de otra manera serían inaccesibles, tal es el caso de ciertos aminoácidos y aceites esenciales.

Con el devenir histórico han cobrado gran importancia las plantas, participando como parte de sistemas cambiarios y trueques o motivo de exploración y conquistas, en civilizaciones como la de los aztecas y fenicios.

Es incluso a lo largo de la historia el gran arte de cultivar un jardín lo que ha dado a algunas civilizaciones un entorno especial, tal es el caso del Japón antiguo, que tiene los

jardines de Té del templo Zen Ryoanji, del Pabellón de plata, y el jardín Saihoji, lugar de los espíritus benefactores (1).

Sin embargo, años antes se construyeron los jardines colgantes en Babilonia y en México los jardines flotantes en los canales de Xochimilco. Existen también jeroglíficos egipcios que describen el cultivo de plantas en agua. En el s. I A. C., Theophrasto y Dioscórides realizan estudios de nutrición vegetal. (2, 3).

Más adelante en 1600, surgen los cultivos hidropónicos como estudio formal de la agricultura ; se empieza a ver la relación de las plantas con sustancias que las hacen crecer. Es así, como Jan Van Helmont, publica su observación de que las plantas adquieren del suelo sustancias para su crecimiento (2, 3).



Hacia finales del siglo XVII, John Woodward concluye que el crecimiento de las plantas no sólo dependía del agua sino de las mismas sustancias anteriormente propuestas (2, 3).

En 1804, De Saussure postula la idea de que los elementos químicos en las plantas se obtenían no sólo del suelo, sino del agua y del aire también. En 1851 Boussingault, cultivando en arena, cuarzo y carbón vegetal lo demuestra al regarlas con solución acuosa de composición química determinada. Al secar las plantas vio que contenían elementos naturales como hidrógeno (H), carbono (C) y sales de minerales como potasio (K). Observó también, que las plantas podían crecer en medios inertes bañados en una solución nutritiva, siguiendo a esto tratar de reemplazar el medio de cultivo (2 - 4).

En 1860 y 1861, Sachs y Knop respectivamente, lograron sustituir el medio por la solución nutritiva, originándose la *nutricultura*, con la cual se demostró que las plantas podían crecer normalmente al ser sumergidas en soluciones con los macroelementos esenciales como nitrógeno (N), azufre (S), fósforo (P), calcio (Ca) y K; entre otros muchos (4).

Con el avance de las técnicas de laboratorio, principalmente la espectrometría de absorción atómica, se encontraron los microelementos como el cobre (Cu), boro (B), magnesio (Mg), manganeso (Mn) e hierro (Fe), necesarios en la nutrición y fisiología vegetal (6,7).

A comienzos de la década de los 30's, W. F. Gericke de la Universidad de California puso los ensayos de nutrición vegetal a escala comercial, naciendo con esto el sistema de cultivo en nutrientes "Hidroponía" (*Hydros* - agua, *Ponos* - labor) (4).

La Hidroponía se entiende como: "Ciencia que estudia el crecimiento de las plantas sin suelo, usando como medio cualquier sustancia que sea más pesada que el agua e inerte a la solución nutritiva."

Sus ventajas principales son los altos rendimientos por cosecha y su utilización en suelos de regiones adversas a la agricultura tradicional. Se ha utilizado ampliamente en la

provisión de alimentos como lo fue durante las dos guerras mundiales.

En la actualidad, la Hidroponía está en etapa de transición hacia un futuro en el cual se pueda pensar en su aplicación en países subdesarrollados, como una alternativa para suministrar alimentos frescos y sin alto costo en zonas con tierra incultivable, de difícil acceso (como lo es la sierra) e incluso en las estaciones espaciales como la MIR o en la Luna.

La Hidroponía es un método excelente para promover el cultivo de verdura fresca, no solamente en países donde la tierra no lo permite, sino en aquéllos en la cual su tierra cultivable es poca y su densidad demográfica es alta, o en países cuya industria principal es el turismo.

En México se está desarrollando Hidroponía en algunos lugares de la República como Puebla, el D.F., en Valle de Bravo, en algunos hospitales, en museos como Universum, y en Universidades como el Instituto Politécnico Nacional, Chapingo, la UNAM en la FES-Zaragoza, el ITESM y recientemente la Universidad La Salle. (3)

OBJETIVOS

Los objetivos de la primera fase de trabajo fueron:

1. Determinar las condiciones funcionales del sistema montado en el módulo 2 de Santa Lucía para comenzar los cultivos de manera uniforme.
2. Cultivar algunas semillas para observar su desarrollo, así como los factores que son críticos a su crecimiento en las condiciones particulares del invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS (Preparación y Producción)

Se cuenta con un sistema de riego, conformado por un tanque de 450 l de capacidad conectado a 5 líneas de producción con 13 tomas cada una. Se utilizan macetas de 100 x 10 x 12 cm, las cuales se operan con 3 plantas cada una y una maceta por toma. Cada toma tiene 6

mangueras de goteo, distribuyéndose 2 mangueras por planta.

Se probaron 3 soportes distintos, a saber: tezontle, arena de construcción y grava. La grava al ser piedra de tamaño muy grande se unió al tezontle, logrando tener un soporte relativamente uniforme. Con una base de grava de 3 cm de alto, rellenando 4 a 5 cm. con tezontle.

En el caso de la arena, los 7 - 8 cm de altura fueron logrados con arena únicamente

Las macetas una vez llenas, se lavaron con agua corriente para eliminar ramas, hojas, troncos presentes y polvo fino producto de la compactación. Posteriormente se colocó en la maceta por 2 días una solución con hipoclorito de sodio (NaClO) al 12% para "esterilizar" el soporte. Después de lo cual se dejó secar al sol para evaporar el cloro residual e introducir la maceta al invernadero.

Se experimentó la germinación en varias formas: a) Directa sobre una placa germinadora con soporte. b) Sobre tela absorbente (toalla, algodón, almáciga¹) y c) Con solución nutritiva; de las cuales, el método por almáciga proporcionó los mejores resultados con una germinación de 3 días y sin contaminación por hongos como sucedió en la germinación de maíz con solución nutritiva y algodones y con la de lentejas sobre tela de toalla.

Una vez preparadas las macetas y listo el germinado se procedió a trasplantar las plántulas. Esto se realizó por remoción a 45° del soporte previamente bañado en solución nutritiva y depositando la plántula en el hueco formado. Después se cubrió hasta las hojas de cotiledones o donde comenzaban las raíces.

Se programaron dos ciclos de riego diariamente de 2 minutos cada uno² tal cual se

¹ Sitio donde se siembran las semillas para trasplantarlas después de su germinación. Se cubrió con un plástico translúcido blanco para simular un invernadero. El tezontle se humedeció con solución nutritiva.

² Este tiempo fue el resultado de correr varios ciclos de riego en los que los volúmenes por planta estuvieron entre 400 y

recomienda en el libro de Cultivos Hidropónicos por Howard Resh (4).

Las concentraciones de la solución nutritiva fueron cambiando a lo largo de la producción bajo los tres parámetros de NPK base³. Se utilizó un Fertilizante comercial de Nombre *Triple 17 plus*, el cual contiene: 17% de compuestos nitrogenados, 17% de compuestos de P, 17% de compuestos de K y niveles traza de sales de elementos como Cu, Ca, Mn, Mg, Zn, Mo, S, B y Fe, principalmente.

Se empezó a trabajar con solución nutritiva de concentración en ppm de 300: 122: 553 (N:P:K), la cual fue muy elevada para las plantas recién trasplantadas, al grado de que las raíces se quemaron⁴ y empezaron a morir. Se enjuagó entonces el soporte por medio de ciclos de riego con agua corriente, para disolver y drenar las sales acumuladas en la zona radicular del soporte. Se cambió a una solución de 160 ppm de K, considerada como la mitad de las 300 ppm de K originales, debido a que se obtuvo información en donde se menciona que la concentración inicial de la solución de nutrientes en producción debe ser la mitad de la concentración final deseada, por lo que se ajustó en base a las ppm manejadas inicialmente (6-8).

La misma fuente cita que a las dos semanas de crecimiento se cambia la concentración a 116.6: 47: 213 ppm y a partir de las 4 semanas hasta el final del cultivo cambia a 164: 66.2: 300.14 ppm de N:P:K. Esta solución se mantuvo cerca de 2 meses.

CULTIVOS

En el tiempo que se ha trabajado en Santa Lucía, se ha intentado cultivar diferentes especies vegetales, que incluyen: lentejas, lechugas, frijoles, cebollas, coliflores, rábanos y brócoli.

500 ml por ciclo, lo cual nos da 1l de solución nutritiva por día.

³ NPK se refiere a los macroelementos esenciales básicos de toda planta: N, P y K.

⁴ Cuando el color blanco de las raíces se torna café oscuro y su consistencia es viscosa y no rígida.

Todas las plantas germinaron en un rango de temperatura que comprende mínimas de 19 a 21 °C y máximas de 31 a 39°C. Su germinación fue en almáciga y se incubaron en las mismas condiciones para controlar variables.

Los resultados de las primeras pruebas de cultivo se presentan en la Tabla 1.

De los 21 rábanos sembrados se cosecharon 19, con los pesos (g) de la Tabla 2. A estos pesos se les aplicó un análisis estadístico, el cual dió una Media de 38.80 g con una desviación estándar de 13.917; se evaluaron los valores máximo y mínimo bajo la prueba de rechazo de valores atípicos y dado que los dos parámetros de T_i son menores a 0.58 se aceptan.

Tabla 1. Resultados de las primeras pruebas de cultivo

Especie	Germinación	Observaciones y conclusiones del cultivo
Lentejas	3 y 4 días	Después de germinar y mantenerse verticales, cayeron al ras del soporte, secándose al mes de germinación.
Frijoles	5 días	Amplio desarrollo radicular a los 3 días. Necesitaron dos riegos diarios desde los 9 días de crecimiento. Especies susceptibles a estrés o tensión por manipulación y trasplante. Son difíciles de cultivar en lugares cálidos. Son plantas que requieren poca concentración de nutrientes en la solución nutritiva. Se podaron y se añadió Ca^{2+} a su solución nutritiva, con lo cual se favoreció la floración, llegándose a contar hasta 20 vainas en una planta. La polinización fue natural, no teniendo que realizarla de manera manual. Se guiaron a lo largo del invernadero por medio de plástico tutor, con lo cual se aseguró su crecimiento vertical y a la vez sustentar las ramas que contenían las vainas.
Lechugas	7 a 9 días	Sólo lograron salir del soporte 5 lechugas de las 20 sembradas, las cuales al cabo de 6 días después de su germinación murieron. No se encontró una causa aparente y no se han intentado más germinaciones de esta especie.
Cebolla	5 a 9 días	Su germinación fue lenta. Su desarrollo es muy peculiar ya que en un momento dado se desdobra el tallo de la cebolla y la parte donde estaba el dobléz se seca y cae, quedando la parte inferior viable. Se secó a los tres días de trasplantarse a la arena.
Rábanos	3 a 5 días	Respondieron bien a las condiciones del invernadero y al trasplante. Su desarrollo global duró 40 días, cosechándose y haciéndose una evaluación sensorial, así como análisis estadístico de la producción de esa cosecha. Se evitó pérdida de germinación por medio de la germinación doble ⁵ . La almáciga se regó por llenado y drenado, se quitó el plástico y se dejó a las condiciones ambientales dos días antes de su trasplante.
Brócoli	3 días	Hay 90% de plantas viables, pero su desarrollo se está volviendo foliar y no floral, que es la parte comestible del brócoli que nos interesa. Se detuvo su desarrollo por causa de Fósforo, el cual se empezó a incluir en la solución. Se indujo la floración por medio de un periodo de ausencia de aporte de agua y nutrientes.

⁵ Esta técnica consiste en la siembra de dos semillas juntas para que si no germina una, el espacio se aproveche para la germinación de la segunda semilla y no se pierda. Se asegura la germinación y se escogen las mejores plántulas para el trasplante.

Tabla 2. Pesos de los rábanos cosechados. Octubre 1997.

63.70	36.56	63.58	36.40	45.60
35.83	54.10	45.38	35.53	32.45
54.13	14.19	22.66	25.20	44.00
23.48	44.20	38.22	22.05	

Una gráfica de los datos se trazó (Fig. 1) y se vió que la dispersión es muy grande, la tendencia central apenas sobresale del grueso de los datos y las demás distribuciones frecuenciales no difieren marcadamente de ella. Gracias a esta gráfica y al Coeficiente de Variación de los pesos (35.86%) se concluye que la calidad del proceso de cultivo es mala.

Una de las posibles causas de pesos tan dispares pudo haber sido la cantidad utilizada de soporte; es decir, se llenó aproximadamente a la mitad cada maceta y al irse formando la estructura típica del rábano y no tener soporte suficiente que le diera consistencia, generó unos bulbos redondos y otros parcialmente redondos con un cuello que le daban la forma de 8, además de los que parecían tener una prolongación tubular delgada de la mitad del tubérculo hacia la base del tallo.

PERSPECTIVAS

Como objetivos se tienen contemplados los siguientes:

A corto plazo:

1. Cultivar frijol en dos tipos de soporte, para comparar en cual de ellos tiene el mejor desarrollo, utilizando tezontle y lanaroca.
2. Desarrollar cultivos con un plan de soluciones nutritivas de distinta concentración, sobre el mismo cultivo, para determinar cuál se ajusta a las necesidades de la planta.
3. Evaluar la posibilidad de introducir una línea de maíz, uva y arroz.

A mediano plazo:

1. Planear la realización de análisis químico de las especies cultivadas con respecto a las que se pueden obtener de manera comercial.

Analizar nutrientes y determinar estabilidad en las especies que se cultiven, ya que parte importante del fundamento del proyecto se basa en la parcial o total sustitución de productos comerciales por hidropónicos en los hogares de las familias del entorno social.

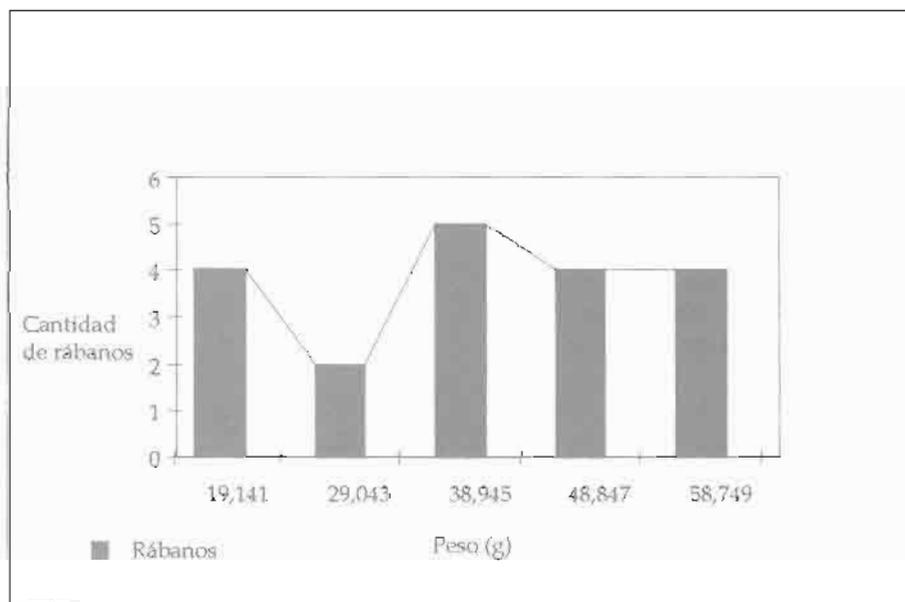


Figura 1: Distribución pesos de los rábanos cosechados en Sta. Lucía. Octubre 1997.



A largo plazo:

1. Iniciar técnicas de micropropagación y proyectar el fitomejoramiento de especies.

CONCLUSIONES

Gracias a los ensayos realizados con el sistema de riego por goteo en el invernadero, se contempló que la distribución del mismo a lo largo del sistema era diferente por cada maceta aún dentro de la misma línea; esto llevó a utilizar los datos de volumen desplazado mínimo que, al ser más cercanos unos de otros, permitieron disminuir las diferencias de volúmenes proporcionados a las plantas.

Las condiciones funcionales del invernadero se han ido controlando y modificando a medida que se ha requerido por los cultivos, con lo que se cumple que: *Las condiciones favorables de crecimiento de una planta dependerán de ésta en gran manera, siendo las condiciones ajenas a ella de importancia, pero no determinantes (4-6).*

En lo referente al desarrollo de cultivos para ver lo que puede crecer, se ha visto que en las condiciones del invernadero, se favorece el desarrollo de especies con follaje y no con frutos, el frijol es una especie de difícil adaptación al cambio, por lo que se intentará cultivarlo en el invernadero desde un principio.

Las soluciones nutricias para el cultivo, se continuarán modificando; porque, aunque la concentración utilizada ha dado resultados favorables, es necesaria su optimización, para evitar la ausencia de floración y fructificación.

Para poder comparar plantas sanas o normales de las que tienen deficiencias nutricias o crecen en hidroponia es indispensable correr pruebas en suelo y así comparar su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades y departamentos de la Universidad La Salle involucrados en el desarrollo del presente proyecto por el apoyo brindado; especialmente

a la Dra. Araceli Sanchez, QFB Lilia Bernal y al Sr. Celestino Reyes por su cooperación y ayuda inmensurable.

REFERENCIAS

1. Norton Leonard, Japón Antiguo. *Las grandes épocas de la Humanidad*. Time-Life International. 1969. pp. 85-91.
2. Huterwal G. O. *Hidroponia: Cultivo de plantas sin tierra*. Ed. Albatros, Buenos Aires, 1991.
3. Espinosa, Tulio. *¿Qué es la Hidroponia?*, Revista del Centro de investigación. Universidad La Salle, Vol. 1, No. 3, Julio 1994. pp. 9-13.
4. Resh, H. *Cultivos Hidropónicos*. Mundiprensa, España, 1992.
5. Holman y Robbins, *Botánica general*. UTEHA, México, 1982 .
6. Richter, Gherard. *Fisiología del metabolismo de las plantas*. DE. CECSA, México, 1972..
7. Homegrown Hydroponics Inc. e-Mail: homegrown@hydroponics.com
8. Hydro-errors@lists.best.com
9. Sholto Douglas, J. *Hidroponia; Cómo cultivar sin tierra*. Ed. El Ateneo, 1981, Buenos Aires.