

## Comparativa de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas

Albuja Vanessa<sup>1</sup>, Andrade Juan<sup>2</sup>, Lucano Carlos<sup>3</sup>, y Rodríguez Michelle<sup>4</sup>

{<sup>1</sup>vanessa.albuja.avila, <sup>2</sup>juan.andrade.mulki, <sup>3</sup>carlos.lucano, <sup>4</sup>michelle.rodriguez.rodriguez}@udla.edu.ec

<sup>1</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8015-1399>, <sup>2</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2604-4258>,

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4604-1003>, <sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0712-5183>.

Universidad de las Américas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Carrera de Ingeniería Industrial.

Quito-Ecuador

Recibido (20/12/2020 ), Aceptado (07/02/2021)

**Resumen:** Este trabajo surge a partir de la investigación general de las técnicas hidropónicas teniendo en cuenta sus ventajas y desventajas para de esta forma poder encontrar aquel factor determinante a través de una comparación de técnicas hidropónicas que permitan clasificarlas y escoger la mejor opción que genere menos impacto ambiental negativo y demuestre ser más productivo en los entornos urbanos. Adicionalmente, un factor determinante en las ciudades es su espacio limitado por lo que la mejor opción también deberá incluir un óptimo manejo del espacio que permita a casi cualquier individuo poder aplicarlos desde su entorno sin recurrir a excesivas modificaciones. Como principal resultado se escogió a la Hidroponía recirculante como método predominante por los excelentes resultados que se obtienen con relación a los demás, adicionalmente, este puede ser fácilmente aplicado en los ambientes urbanos por su versatilidad y buen manejo de recursos.

**Palabras Clave:** Hidroponía, ambiente, urbano, comparativa, técnicas, cultivo.

## Comparison of the advantages of hydroponic systems as agricultural alternatives in urban areas

**Abstract:** This work arises from the general investigation of hydroponic techniques, taking into account their advantages and disadvantages in order to find that determining factor through a comparison of hydroponic techniques that allow classifying them and choosing the best option that generates less environmental impact. negative and prove to be more productive in urban settings. Additionally, a determining factor in cities is their limited space, so the best option should also include optimal space management that allows almost any individual to apply them from their environment without resorting to excessive modifications. As main result, recirculating hydroponics was chosen as the predominant method due to the excellent results obtained in relation to the others, additionally, it can be easily applied in urban environments due to its versatility and good resource management.

**Keywords:** Hydroponics, Environment, Urban, Comparative, Techniques, Crop.



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha vuelto cada vez más problemática la situación ambiental en cuanto a conservación de suelos y a la obtención de recursos naturales, dificultando los sistemas de riego en la agricultura tradicional, es por ello por lo que las opciones hidropónicas se vuelven atractivas debido a que no necesitan de un suelo para cultivarse, ni de pesticidas que puedan afectar la calidad del alimento. La hidroponía se ha utilizado como una alternativa de actividad agrícola que busca la protección del medio ambiente y un sistema sustentable de producción alimenticia, este sistema al no utilizar suelos necesita de una solución de agua con nutrientes esenciales que permita el desarrollo del cultivo [1].

Entre las ventajas de estos cultivos hidropónicos es que permiten generar una mayor producción de plantas ya sea por unidad o por volumen aprovechando de mejor manera el uso de recursos, lo que lo vuelve un proceso eficiente [2]. Al no estar sobre la tierra estos cultivos estarían libres de bacterias, parásitos, contaminación y hongos, ayuda al aprovechamiento del entorno con lo cual se pueden organizar los cultivos de diversas formas, optando incluso por una organización en sentido vertical, no se necesita de maquinaria agrícola con lo cual se vuelve más manejable e incluso permite optar por la automatización [3]. Otra ventaja destacable es que acaba con uno de los grandes problemas en los cultivos tradicionales el cual es la erosión del suelo por monocultivo [4].

En la agricultura tradicional se evidencia cómo ciertos factores terminan generando grados de contaminación en el ambiente, la degradación y erosión de suelos es uno de los principales problemas que se originan por el uso de pesticidas lo cual termina por degradar los suelos con el paso del tiempo. Incluso se vuelve cada vez menos productivo al existir una demanda creciente de diversos productos agrícolas por lo que la búsqueda de nuevas tecnologías amigables con el ambiente y que permitan mejorar la producción se ha convertido en un objetivo primordial en la modernidad [5]. El sistema hidropónico ayuda a este objetivo ya que su efectividad es dos veces mayor al tradicional donde su principal atributo es que puede ser repetible lo que brinda menores limitaciones para el desarrollo en masa de productos agrícolas asegurando así un modelo sostenible y libre de contaminantes o químicos peligrosos que puedan alterar al ambiente o a los consumidores [4]. Esta solución se vuelve viable debido a que cada vez existen menos zonas dedicadas para la agricultura gracias al crecimiento de las ciudades o por el cambio climático, por lo que el adaptar las ciudades para poder producir alimentos de calidad será esencial para asegurar su desarrollo sostenible [6].

La agricultura urbana resulta una alternativa para el autoabastecimiento de las ciudades y garantiza la sostenibilidad [1]. Existen varias alternativas agrícolas que permiten cumplir este fin entre las que se destaca cuatro, la primera es el método tradicional que trata de la siembra en recipientes. La persona debe estar pendiente día a día del riego y el cuidado del cultivo. La segunda es la acuaponía, en esta técnica se utilizan sensores que permiten la recirculación y oxigenación del agua. También se incluyen peces que generan nitritos/nitratos para alimentar las plantas, que luego purifican el agua y devuelven la energía a los peces [7]. Como tercera alternativa tenemos el farmbot que trata de una máquina de agricultura robotizada con rieles y automatizaciones para la siembra, que permite el control de malezas, riego de agua automático, informe de los cultivos que ya se pueden cosechar y una menor intervención del ser humano. Finalmente, la hidroponía que con canales permite la acumulación de agua y se adelanta un riego programado, que le da al cultivo de plantas soluciones minerales sin el uso de tierra, así se garantiza que no aparezcan insectos ni plagas [8].

La hidroponía es una modalidad de manejo de plantas que hace factible su cultivo sin suelo. Con esta metodología se pueden producir plantas del tipo herbáceo principalmente, además que se aprovechan áreas o sitios no convencionales típicos de ambientes urbanos, refiriéndose, así a las grandes ciudades; el mantenimiento de estos cultivos se consigue con recursos relativamente bajos y en ambientes controlados [4]. Un cultivo de plantas necesita lo siguiente: luz, temperatura, agua y nutrientes. Todos estos insumos necesarios para el desarrollo correcto de las plantas pueden ser suministrados y controlados usando el sistema hidropónico. Por otra parte, el rendimiento de los cultivos hidropónicos puede llegar a duplicar al de un cultivo tradicional en suelo. Sin embargo, el control de las condiciones de crecimiento es crucial, un ligero desbalance puede arruinar todo el plantío [4].

El objetivo del cultivo hidropónico es crear una opción innovadora y controlada para el consumidor en zonas urbanas en donde la falta de espacio es el principal factor a tener en cuenta. En otros ámbitos se persigue entregar de forma natural y fresca hortalizas y verduras que puedan tener un gran valor nutricional y con bajo nivel de contaminación química [9].

Este trabajo de aquí en adelante se compone de la siguiente forma, en el desarrollo se especificará ciertos aspectos históricos de la hidroponía donde también se definirán los principales métodos utilizados para los cultivos

hidropónicos en el que se buscará elegir el método que mejor desempeño tenga en los ambientes señalando su ventajas y desventajas. Como siguiente punto se realiza una descripción de la metodología utilizada para el desarrollo del documento; para finalizar se incluyen un apartado en el que se definen los resultados obtenidos a partir de la comparación donde incluso se resumen los diferentes métodos hidropónicos.

## **II. DESARROLLO**

La hidroponía es una técnica ancestral que es más antigua de lo que se imagina, existe referencia de que fue utilizada en la antigua China, India, Egipto e incluso en la cultura Maya, el más destacado sobre el origen de la hidroponía hace alusión a los jardines colgantes de Babilonia los cuales mostraban grandes jardines colocados en terrazas de piedras de forma escalonada, en las que se sembraron diversos árboles, arbustos y flores [10]. Para poder conservar las plantas se creó un sistema de riego que transportaba el agua desde el pozo hasta la parte más elevada del jardín y por la acción de la gravedad esta recorría el resto del sembrío. En el continente americano los primeros en utilizar la hidroponía fueron los Aztecas debido a que sus enemigos les negaron el uso de tierras fértiles por lo que tuvieron que optar por alternativas para sus cultivos. Básicamente utilizaban balsas de caña y colocaban tierra de lago sobre estas en las que cultivaban flores y verduras con lo cual conseguían obtener alimentos a través del uso de una balsa flotante [4].

En una perspectiva más moderna, Helmont en 1600 [11] documentó los primeros registros sobre el crecimiento de plantas en sustancias nutritivas, posteriormente los científicos alemanes Sachs y Knop [12] demostraron que las plantas pueden crecer en un medio inerte con solución nutritiva a base de agua, así mismo Boyle [11] es considerado como el padre de la idea de hacer crecer plantas en agua, debido a sus múltiples experimentos por intentar hacer crecer plantas en vasos con agua en la cual describe que existen múltiples soluciones que permiten que las plantas prosperen.

En el siglo XX William F. Gricke [13] describe el proceso de la hidroponía como agua que trabaja, ya que su sistema de producción se basa en el crecimiento de las raíces de las plantas que se van a cultivar debido a que no son colocadas en el suelo. Durante la segunda guerra mundial permitía el abastecimiento de alimentos a las tropas y no fue hasta 1950 que la hidroponía se extiende de forma comercial a través del mundo.

### **A. Hidroponía en la actualidad**

En la actualidad, la hidroponía ha sido considerada como una forma de tener productos agrícolas catalogados como orgánicos. El hecho de que esta metodología de siembra y cosecha implica un control detallado de los nutrientes en las plantas o en la esterilidad del cultivo suele utilizarse como un argumento suficiente para catalogar los alimentos cosechados por este medio se pueden clasificar como orgánicos. La hidroponía es una de las formas actuales de producir alimentos. Estas hortalizas muestran signos de alta calidad alimenticia y seguridad de consumo. El camino que siguen los productores de este mercado es que si es más rentable el aprovechamiento de espacios en altura para producir mostrando que las cantidades obtenidas por semillas plantadas es superior que en plantíos normales. Muchos productores han demostrado incluso, que en ciertos cultivos o productos estos se encontraron con mayor valor nutricional que productos hechos en condiciones tradicionales. De hecho, se menciona que el suelo no es indispensable para que las plantas adquieran los nutrientes necesarios para su desarrollo, la hidroponía ha logrado que la ciencia logre los mismos o mejores resultados que usando los métodos normales de siembra. El nivel de investigación en hidroponía es muy alto durante las últimas décadas. Esto permite ver que, en tiempos actuales, la hidroponía ha tomado protagonismo dentro del mercado en el que se ha establecido [14].

### **B. Técnicas hidropónicas**

La mayoría de las técnicas de producción en hidroponía son de sistema cerrado, la sustancia nutritiva excedente se recupera y luego de restablecer su composición química, es nuevamente utilizada [15]. A continuación, se presentan varios tipos de técnicas hidropónicas.

### **C. Técnicas recirculantes**

Las raíces están sumergidas en una solución nutritiva, en la cual se regulan constantemente su pH, aireación y concentración de sales. La variante más conocida es la Técnica de Película Nutriente (NFT), basada en la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja de la raíz [16].

Por lo que se basa principalmente en lo que es la reducción del espacio buscando que no tenga mucha sepa-

ración de una planta a la otra, sino solo lo adecuado, comúnmente esta técnica se utiliza para la producción de hortalizas ya que se puede supervisar de una forma más detallada y dar una mejor calidad del producto [17].

Las ventajas que presenta la técnica de recirculación como es que el crecimiento de las hortalizas sea mucho más, el ahorro de fertilizantes de un 50% a 35% manteniendo las raíces en contacto con el agua que circula con una solución nutritiva permanente, logrando el crecimiento rápido de las plantas al estar en contacto directo con los minerales de manera continua, y favoreciendo la oxigenación [18]. Adicionalmente al ser un sistema recircular disminuye el uso excesivo del agua, además del aprovechamiento del espacio debido a que se puede cultivar en niveles logrando tener más hortalizas de forma más pequeña, sin embargo, la implementación de esta técnica es algo un poco costosa pero rentable después [4].

Las desventajas de esta técnica es que requiere de un cuidado mucho más adecuado, es decir que al ser de recirculación los nutrientes están en constante movimiento por lo que hay que fijarse que todas las hortalizas contengan los nutrientes, la cantidad necesaria y que circule bien para que así de buenos resultados [18]. Otra desventaja es que este necesita luz propia para el crecimiento de las plantas lo que implica que cuando exista alguna pérdida de luz puedan tardar en el crecimiento y causar un problema en el sistema, teniendo en cuenta que la implementación de esta instalación es costosa pero que a la final de buenos resultados [19].

#### **D. Técnicas estacionarias o de raíz flotante**

Consiste en utilizar contenedores de cualquier tipo de material el cual no debe permitir el paso de luz protegido por una tapa con orificios encargada de sostener al cultivo permitiendo que las raíces estén en contacto con la solución nutritiva [20].

Por este motivo debe tenerse en cuenta que este sistema depende de la aireación la cual genera oxígeno esencial para la raíz. Esto puede hacerse de forma manual, moviendo el agua utilizando cualquier objeto que esté limpio o de forma automatizada, utilizando una bomba de aire para peceras y un temporizador para programar los periodos de aireación [21].

Existen varias ventajas dentro de esta técnica como la acumulación de sales insolubles en el sustrato es mínima debido a que la solución discurre continuamente de arriba hacia abajo. Además, tiene un bajo costo e independiente del uso de energía extra [21]. La técnica estacionaria de raíz flotante permite cultivar en lugares donde hay condiciones ambientales limitantes tales como escasez de agua o falta de suelos aptos para cultivos. Se elimina la necesidad de utilizar herbicidas ya que no hay tierra donde puedan crecer hierbas intrusas y con ello se ahorra dinero, tiempo y esfuerzo [21].

Dentro de las desventajas tenemos la absorción de nutrientes por parte de la planta es más lenta que en los casos anteriores y por lo tanto el rendimiento del sistema es menor (). Nunca consigue recuperarse el 100% de la solución nutritiva de la escorrentía y necesita riegos para limpiar las bandejas de recogida, por lo que el consumo de agua es mayor [20]. No está disponible para todas las especies de plantas, como por ejemplo los árboles frutales o los vegetales de fruto subterráneo como las papas, las zanahorias y otros tubérculos. Es una tecnología agrícola que requiere muchos detalles y atenciones particulares que se minimizan en la agricultura en tierra. De esto también dependerá el éxito o fracaso de los cultivos [20].

#### **E. Técnicas aéreas o aero ponía**

Esta técnica fue desarrollada por la NASA con el fin de poder cultivar plantas en el espacio puesto que se la considera muy superior a la hidroponía tradicional [22], esta consiste en mantener las raíces libres de cualquier otro medio quedando en contacto con el aire y dentro de un medio oscuro. La solución nutritiva se aplica en forma de nebulización por medio de nebulizadores, controlados por temporizadores [23]. En adición esta técnica contiene múltiples ventajas entre las cuales está su sencillez puesto que su nivel de crecimiento es mucho mayor al que se consigue en suelos agrícolas [24] otra ventaja radica en la facilidad de armado en la que casi cualquier persona podría implementarla en zonas urbanas sin una complejidad excesiva ya sea en sótanos o almacenes, además que se considera de los más cómodos para colocarse en zonas urbanas ya que sus condiciones incluso las convierten en las más óptimas para el control y automatización ya sea con controladores bases como Arduino o microprocesadores como Raspberry Pi [25]. También se destaca ya que a diferencia de otras no requiere de bandejas ni de nada parecido para contener agua líquida, además de que permite una mayor cantidad de tipos de cultivo puesto que en este método se absorben aún más vitaminas y minerales [22].

Por otro lado, tiene unas cuantas desventajas y es en relación a la cantidad que se puede producir puesto que

es algo más limitada que en los demás casos [24]. Adicional a esto, requerirá también de un mayor nivel de conocimiento si se desea controlar de forma automática ya que a nivel de funcionamiento es un proceso aún más complejo [25]. Por último, el impacto ambiental de esta técnica se manifiesta de forma positiva puesto que le permite utilizar incluso agua contaminada para preparar las soluciones nutritivas, algo a destacar es que usa un 90% menos de agua que en un sistema hidropónico normal [22] y hasta un 95% menos que en un cultivo tradicional en suelos permitiendo que esta pueda recircular en todo el proceso [25].

#### F. Técnicas de sustratos (orgánicos o inorgánicos)

Se parece en muchos aspectos al cultivo convencional en tierra y es el más recomendado para quienes se inician en la hidroponía. En lugar de tierra se emplea algún material denominado sustrato, el cual no contiene nutrientes y se utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad, y también la expansión del bulbo, tubérculo o raíz.

Una de las ventajas más importantes de la hidroponía con el uso de sustratos es el hecho de que se puede trabajar con un sustrato totalmente desinfectado. Esto otorga control máximo sobre la esterilidad del cultivo, algo que los consumidores aprecian. Las raíces se adhieren al sustrato dando soporte y agarre, prescindiendo por completo del suelo. Los nutrientes se suministran por medio del agua de riego del cultivo. Es la manera principal de sustituir el suelo en este tipo de cultivo y, además, el sustrato interviene en el proceso de respiración de la planta, tanto en el proceso físico como en el químico. La actividad respiratoria depende de la presencia del sustrato [4].

En cuanto a la respiración la disponibilidad de oxígeno es fundamental. El proceso se puede estancar en los sustratos hidropónicos o se puede dar falta de aireación por acumulación de CO<sub>2</sub> [4]. Se manejan dos tipos de sustratos: sistemas que funcionan con inundación periódica o sistemas que tienen un sustrato de retención de baja retención de agua y elevada aireación, por lo tanto, requiere de riegos mucho más frecuentes [4].

En las ventajas de la técnica de sustratos se tiene que facilitan el manejo del cultivo, se suelen usar en cultivos de mediana y gran escala, donde es altamente redituable. Ofrece un buen drenaje, ahorra fertilizantes, es fácil de esterilizar y el sistema de riego se puede automatizar con facilidad [9].

Finalizando, las desventajas que se podrían dar puede ser un gasto de instalación alto, se necesita un tanque de almacenamiento para la solución nutritiva. El sustrato puede sufrir cambios bruscos de temperatura y las plantas son más sensibles al nivel de PH, a los nutrimentos y a la temperatura de la solución [9].

### III.METODOLOGÍA

Para obtener la información necesaria que permitiera la realización del artículo se optó por filtrar y elegir varios textos científicos con impacto en el ámbito de la hidroponía o ambiente con el fin de encontrar información relevante sobre los diferentes medios y alternativas para la generación de campos y estructuras hidropónicas en ambientes urbanos para así compararlas con otro método que igual tienen fama de ser amigables con el medio ambiente. Todos estos estudios sirvieron para mostrar un contraste entre la hidroponía y los demás métodos con el cual se pudo determinar qué factores en la hidroponía terminan por arrojar los mejores resultados para obtener un huerto productivo que permita la producción de vegetales y hortalizas para consumo doméstico e incluso su posible comercialización.

Los artículos incluían diversidad de información que mostraba cómo diferentes productos pueden ser producidas en la hidroponía de acuerdo con diversas sus técnicas. Hay que aclarar que cada tipo de cultivo hidropónico demostró tener diversos resultados los cuales pueden ser óptimos dependiendo de factores como el tipo de vegetal, la forma de tratamiento o la concentración de las sustancias del medio nutritivo, puesto que todos estos permiten mejorar la calidad y eficiencia de los diversos tipos de cultivos.

Algunas de las especies más comunes que pueden crecer en un entorno hidropónico son las: lechugas, acelgas, rúcula, tomate, rábanos, tomates, col, pepinos, espinacas, frijoles, cebollas, albahaca, fresas, arándanos, entre otras. Esto es resultado a las condiciones que los cultivos hidropónicos puesto que no son afectadas por plagas como trips o pulgones ya que estas plagas solo pueden generarse en un ambiente donde predomine la tierra.

Entre las características de este sistema se destaca que:

- No utilizará gran cantidad de agua puesto que solo se suministra las cantidades correctas en el momento correcto.
- Es un proceso que requiere de mucha precisión ya que cada factor importa dentro de este tipo de cultivos.
- Utiliza menores recursos ya que es un sistema cerrado en el que recircula el agua y la solución nutritiva.

•Durante el invierno la cantidad de agua consumida por las plantas es mucho menor que en el verano por lo que significa un gran ahorro de recursos.

•El ahorro de agua se debe al proceso de ósmosis inversa donde se le saca todas las sales dejando un agua destilada y luego se agregan los nutrientes necesarios para que la planta se desarrolle.

Al no necesitar grandes cantidades tierras estos sistemas hidropónicos son excelentes para espacios reducidos como departamento o azoteas, pero estas deben cumplir las siguiente condiciones: tener luz directa de proveniente de un toma corriente de 110 V junto con una bomba para transportar el agua y un temporizador que permitirá determinar el tiempo que cada planta necesitará para absorber la sustancia nutritiva, su tamaño puede ser ajustado, desde solo ser del tamaño de una maceta que permite cultivar hasta 3 plantas que utilizaran 3 litros de agua o también se puede cultivar una parcela entera utilizando más de 20000 litros de agua que pueden llegar a ser utilizados entre 30 y 40 días. El tamaño mediano de una estructura hidropónica suele ser de 120 cm de alto por 120 cm de ancho y de 52 cm de profundidad con la capacidad de contener hasta un máximo de 96 plantas acomodado de forma modular en tres pisos.

En la tabla 1 se muestra las principales características que deben tener una despensa hidropónica dentro de ambientes urbanos.

**Tabla 1. Jerarquización y categorización de características**

<b>JERARQUIZACIÓN Y CATEGORIZACIÓN</b>		
<b>Durabilidad</b>	<b>1</b>	Qué la despensa tenga larga vida util
<b>Ecologico</b>	<b>2</b>	Qué la despensa utilice materiales reciclables
<b>Facil Instalacion</b>	<b>3</b>	Qué el montaje de la despensa sea sencillo
<b>Instructivo</b>	<b>4</b>	Qué la despensa cuente con un manual de instrucciones para su uso
<b>Diseño</b>	<b>5</b>	Qué el diseño de la despensea este acorde a las necesidades del cliente
<b>Poco espacio</b>	<b>6</b>	Qué la despensa ocupe un minimo espacio
<b>Facil Uso</b>	<b>7</b>	Qué la despensa sea de facil manipulacion
<b>Mantenimiento</b>	<b>8</b>	Qué el costo del mantenimiento sea bajo
<b>Calidad</b>	<b>9</b>	Qué la despensa cumpla con los estandares de calidad requerido
<b>Accesibilidad</b>	<b>10</b>	Qué la despensa tenga un bajo costo

En la siguiente figura se muestra un prototipo de la despensa hidropónica en relación a las características más importantes respecto a durabilidad, cuidado ambiental, fácil instalación, espacio, calidad y accesibilidad



**Fig. 1. Diseño de despensa hidropónica**

#### **IV.RESULTADOS**

La técnica que posee mayor potencial dentro de este entorno del desarrollo humano es la hidroponía simplificada o de recirculación. Este método consiste en hacer del agua de riego un ciclo de recirculación y se puede reutilizar en los mismos cultivos. Además del reciclaje de agua de riego también se pueden volver a utilizar muchos otros materiales para el sostén de los cultivos; este método específicamente se desarrolla sin el uso de suelos de siembra. Por lo tanto, se suelen usar materiales reciclados para construir las bases del cultivo hidropónico [26].

A parte de esta evidente ventaja dentro del entorno urbano, existen varias razones por las cuales esta metodología de sembrío puede ser muy bien aprovechada dentro de las ciudades como cultivos familiares o en centros del sector público. A continuación, se pueden mencionar las más relevantes: fomenta el uso de espacios limitados, lo cual representa una ventaja en espacios urbanos. Elevado índice de eficiencia en cuanto al uso de agua de riego se trata por el hecho de la recirculación de esta. Se suele dar mayor rendimiento de cultivo por la alta productividad y el menor tiempo entre cosechas del sembrío, esto hace que el resultado final sea mayor al obtenido en condiciones normales. Otra ventaja es la facilidad de aprendizaje de la metodología, lo que la hace más accesible para las personas que buscan tener productos realmente frescos dentro de las ciudades. La mano de obra es mínima y de baja preparación [26].

Finalmente, este método de producir cultivos mediante la hidroponía simplificada es altamente eficiente, se cosechan productos de alta calidad y completamente saludables. Las frutas y verduras son de alto valor tanto para la vida en general como para nuestra propia salud al incluir estos productos dentro de nuestros hábitos alimenticios [26].

A modo de resumen final, se incluye la siguiente tabla de resultados en la cual se destacan las principales ventajas, desventajas e impacto ambiental de las principales técnicas hidropónicas que fueron mencionadas a lo largo de este documento.

**Tabla 2. Matriz de comparación entre las diversas técnicas hidropónicas.**

	Técnicas Hidropónicas	Ventajas	Desventajas	Impacto Ambiental
1	<b>Técnica estacionaria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La acumulación de sales insolubles en el sustrato es mínima.</li> <li>• Tiene un bajo costo e independiente del uso de energía extra.</li> <li>• Permite cultivar en lugares donde hay condiciones ambientales limitantes.</li> <li>• Elimina la necesidad de utilizar herbicida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La absorción de nutrientes por parte de la planta es más lenta.</li> <li>• Nunca consigue recuperarse el 100% de la solución nutritiva.</li> <li>• No está disponible para todas las especies de plantas.</li> <li>• Requiere muchos detalles y atenciones particulares.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El consumo de agua es considerablemente menor, dependiendo claro del clima.</li> <li>• El impacto ambiental de la hidroponía es considerablemente mucho menor, porque evita el uso de herbicidas.</li> </ul>
2	<b>Técnica Recirculante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita el tiempo de cosecha</li> <li>• Aprovechamiento del espacio</li> <li>• Ahorro de fertilizantes</li> <li>• La instalación es más sencilla</li> <li>• El crecimiento es mucho más rápido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere de un cuidado adecuado</li> <li>• Necesita de luz propia para el crecimiento de las plantas</li> <li>• Gastos de instalación altos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor gasto de agua</li> <li>• Ahorra del 50% al 35% del uso de fertilizantes</li> <li>• Evita el uso de los pesticidas y plaguicidas</li> </ul>
3	<b>Técnica Aeropónica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor tipos de cultivos</li> <li>• Menor agua y mas rendimiento</li> <li>• Conveniente en lugares urbanos</li> <li>• Posible desarrollo en sótanos o almacenes</li> <li>• Fácil de armar</li> <li>• Absorbe gran cantidad de vitaminas y minerales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menor cantidad de cultivos</li> <li>• Depende de la solución nutritiva, sin errores</li> <li>• Para automatización requiere de mucho conocimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibilidad de usar aguas grises</li> <li>• Agua que puede recircular</li> <li>• 90% menos agua que en otro sistemas hidropónicos</li> <li>• 95% menos agua que en cultivos en suelo</li> </ul>
4	<b>Técnica de Sustratos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilita el manejo del cultivo.</li> <li>• Ofrece un buen drenaje y ahorra fertilizantes.</li> <li>• Cultivo fácil de esterilizar.</li> <li>• El sistema de riego es de fácil automatización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gasto de instalación alto.</li> <li>• Infraestructura más elaborada.</li> <li>• El sustrato es susceptible a cambios bruscos de temperatura.</li> <li>• Las plantas son sensibles al nivel de PH y a la temperatura de la solución.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro de fertilizante y evita el uso de pesticidas por la facilidad de desinfección y control.</li> <li>• Reciclaje del sistema de riego.</li> </ul>

## V.CONCLUSIONES

De los resultados del análisis comparativo se puede concluir que la mejor técnica de los sistemas hidropónicos es la simplificada o de recirculación aumentando así la posibilidad de poder minimizar el consumo de agua mediante un ciclo donde se reutiliza en los mismos cultivos, incrementando el rendimiento y la rentabilidad de la producción de los alimentos como son las hortalizas, frutas y verduras de alta calidad, y sostenibles para el medio ambiente, sin ocupar el suelo teniendo contacto directo con el agua hacia las raíces y los nutrientes, efectivizando así el crecimiento más rápido de los mismos.

Por otra parte, los métodos hidropónicos son fundamentales para poder minimizar el tiempo de cosecha de los alimentos que son más conocidos por ser orgánicos, debido a que no contiene productos químicos y que no son procesados con aditivos, teniendo así un mayor rendimiento en lo que es la calidad del alimento, un ahorro significativo de agua y en algunos casos de energía y la disminución de usos de pesticidas que a largo pueden causar daños a la salud, se considera también que tienen mayor relación de lo que es el costo beneficio, sin tener dependencia de los suelos.

Finalmente, al optar por esta opción de la hidroponía conlleva a tomar en cuenta una idea de innovadora y que se puede controlar para el consumidor dentro de las zonas urbanas en donde la mayoría de los problemas es la falta de espacio, por lo que al estudiar esta alternativa se pudo observar que una de sus principales características es la optimización del espacio debido a que se pueden cultivar en niveles, teniendo como resultado más alimentos cosechados de una manera fresca y sana.

## REFERENCIAS

- [1] J. López, «La producción hidropónica de cultivos,» IDESIA (Chile), vol. 36, n° 2, pp. 139-141, 2018.
- [2] J. Lee, A. Rahman, J. Behrens, C. Brennan, B. Ham, H. Seok Kim, C. Won, S. Yun, H. Azam y M. Kwon, «Nutrient removal from hydroponic wastewater by a microbial consortium,» New Biotechnology, vol. 41, pp. 15-24, 2018.
- [3] H. Ku, C. Tiong, A. Suresh y B. Ong, «“Active” hydroponic greenhouse system to kick-start and augment reforestation program through carbon sequestration e an experimental and theoretical feasibility study,» Journal of

Cleaner Production, vol. 129, pp. 637-646, 2016.

[4] J. Beltrano y D. Gimenez, Cultivo en hidroponía, Buenos Aires: Universidad de la Plata, 2015.

[5] L. Ramírez, M. Pérez, P. Jiménez, H. Giraldo y E. Gómez, «Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano (*Origanum vulgare*: LAMIACEAE),» Revista Facultad de Ciencias Básicas, vol. 7, nº 2, pp. 242-259, 2011.

[6] S. Hosseinzadeh, D. Testai, M. BKheet y J. De Graeve, «Degradation of root exudates in closed hydroponic systems using UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>: Kinetic investigation, reaction pathways and cost analysis,» Science of the Total Environment, vol. 1, pp. 1-9, 2019.

[7] N. Camarena, A. Rojas y M. Santos, «Fluoride bioaccumulation by hydroponic cultures of camellia,» Chemosphere, vol. 136, pp. 56-62, 2015.

[8] W. Wang, Y. Ma, L. Fu, Y. Cui y M. Yaqoob, «Physical and mechanical properties of hydroponic lettuce for automatic harvesting,» Information processing in agriculture, vol. 1, pp. 2214-3173, 2020.

[9] M. Zárate, Manual de Hidroponía, Coyoacán: Universidad Autónoma de México, 2014.

[10] S. Magwaza, L. Magwaza, A. Odindo y C. Buckley, «Partially treated domestic wastewater as a nutrient source for tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown in a hydroponic system: effect on nutrient absorption and yield,» Heliyon, vol. 6, nº 12, pp. 2405-8440, 2020.

[11] C. ARANO, «Hidroponía: Algunas paginas de historia,» Tecnología de Producción, nº 58, pp. 24-32, 2007.

[12] G. Guzmán, Hidroponía en Casa: Una actividad familiar, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y ganadería, 2004.

[13] J. Gilsanz, HIDROPONIA, Montevideo: Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, 2007.

[14] C. Miller, «El debate de hidroponía orgánica: Perspectivas norteamericanas sobre si la producción hidropónica merece ser certificada como orgánica,» Productores de Hortalizas, nº 6, pp. 36-38, 2017.

[15] A. Herrera, «Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía,» Terra Latinoamericana, vol. 17, nº 3, pp. 221-229, 1999.

[16] C. Espinal y D. Matulic, «Recirculating Aquaculture Technologies,» Biomedical and Life Sciences, pp. 35-76, 2020.

[17] H. Resh, «Técnicas de cultivo con flujo laminar de nutrientes,» de Cultivos Hidropónicos, España, Mundo-Prensa, 2001, pp. 35-37.

[18] P. Blanca y L. Teresa, «Sistemas recirculantes y su interés en el cultivo de ornamentales,» Tecnología de producción, nº 35, pp. 34-36, 2006.

[19] C. Magán, «Recirculación de las soluciones nutritivas, Manejo y Control Microbiológico,» InfoAgro, nº 2, pp. 1-2, 2016.

[20] S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen y M. Dos-Santos, «Aquaponics and Global Food Challenges,» Aquaponics Food Production Systems. Springer, vol. 1, nº 1, pp. 3-17, 2019.

[21] S. G. Verdoliva, D. Gwyn Jones, A. Detheridge y P. Robson, «Controlled comparisons between soil and hydroponic systems reveal increased water use efficiency and higher lycopene and  $\beta$ -carotene contents in hydroponically grown tomatoes,» Scientia Horticulturae, pp. 3002-4238, 2020.

[22] A. Chaudhry y V. Mishra, «A Comparative Analysis of Vertical Agriculture Systems in Residential Apartments,» de 2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET), Dubai, United Arab Emirates, United Arab Emirates, 2019.

[23] T. Mazhar, G. Jianmin, L. Imran, S. Kashif, Q. Waqar, S. Sher y C. Jiedong, «Modern plant cultivation technologies in agriculture under controlled environment: a review on aeroponics,» Journal of Plant Interactions, vol. 13, nº 1, pp. 338-352, 2012.

[24] K. Janiak, A. Jurga, J. Kuźma, W. Breś y M. Muszyński, «Surfactants effect on aeroponics and important mass balances of regenerative life support system – Lettuce case study,» Science of the Total Environment, vol. 718, nº 137324, pp. 1-12, 2020.

[25] F. Rahman, I. Jahan, R. Biplob, N. Farhin y J. Uddin, «Automated Aeroponics System for Indoor Farming using Arduino,» de 2018 Joint 7th International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV) and 2018 2nd International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition (icIVPR), Kitakyushu, Japan, 2018.

[26] M. Caldeyro Stajano, «La Hidroponía Simplificada como Tecnología apropiada, para implementar la Seguridad Alimentaria en la Agricultura Urbana,» Cuadernos del CEAgro, nº 8, pp. 71-76, 2006.

## RESUMEN CURRICULAR



**Michelle Rodríguez**, Estudiante de pregrado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas, originario de Ecuador



**Juan Sebastián Andrade**, Estudiante de pregrado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas, originario de Ecuador



**Carlos Lucano**, Estudiante de pregrado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas, originario de Ecuador



**Vanessa Albuja**, Estudiante de pregrado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas, originario de Ecuador