

**CAPÍTULO 6. HIDROPONIA TECNOLOGÍA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y OPORTUNIDAD DE NEGOCIO PARA LAS COMUNIDADES CAMPESINAS.**

**Autor:**

**Roberto Aguilera Peña, Mgrt.**

Máster en Gestión Ambiental (España).

Docente de la Facultad de Ingenierías de la Universidad ECOTEC, Ecuador.

[raquilera@ecotec.edu.ec](mailto:raquilera@ecotec.edu.ec)

**6.1. Introducción**

El Ecuador se encuentra ubicado en la cordillera noroccidental de América del Sur, país que presenta una variedad de biodiversidad, hermosos paisajes y ecosistemas, pero con serias limitaciones sociales y económicas en áreas urbanas y rurales. Esta preocupante situación de pobreza y desconcierto que soporta un sector representativo de la población en nuestro país y de otros países de América Latina y El Caribe se puede evidenciar con caracteres críticos en los sectores periféricos de las ciudades grandes y pequeñas, así como en las áreas rurales que carecen de los elementos para asegurar un mediano nivel de subsistencia.

En el caso del Ecuador los problemas alimenticios no se ligarían a una insuficiente disponibilidad de alimento, sino a la dificultad de las personas y hogares en acceder a una canasta de alimentos que satisfaga las necesidades básicas de alimentación. Esta situación se presenta en la población urbana y rural en los estratos de pobreza extrema afectando a los grupos vulnerables de la población infantil y de mujeres en periodo de gestación y lactancia, que necesitan consumir raciones que por los menos cumplan los niveles inferiores de una nutrición balanceada en términos de proteínas, minerales, vitaminas,

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

carbohidratos y grasas. La dieta común de la población pobre urbana en el Ecuador, incluye arroz, papa, yuca, pan, margarina, baja proporción de alimentos proteicos con una casi ausencia de vegetales y frutas. El consumo nacional per cápita de hortalizas en Ecuador es de 30Kg/persona/año, siendo el promedio de América Latina de 60 Kg.

La causa principal de la carestía de alimentos son los elevados precios de venta de los productos de consumo masivo situación que imposibilita a la mayoría de las amas de casa acceder a los centros de distribución y comercialización de los mismos.

Aparte de lo señalado anteriormente habrá que considerar que en Ecuador existen zonas en proceso de desertificación como la cuenca del rio Jubones que comprende las provincias de Azuay, Loja y El Oro sumándose sectores de las provincias de Manabí y Santa Elena que han sufrido procesos continuos de deforestación agresiva por la acción de los comerciantes de madera y por el aumento de los niveles de pobreza de las comunas trayendo como consecuencia la degradación de los suelos por disminución de la materia orgánica, pérdida de nutrientes dando como resultado suelos erosionados e improductivos y comunidades campesinas extremadamente pobres y marginadas (El comercio, 2015).

Cabe mencionar que las provincias de Cañar, Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi también muestran zonas degradadas con suelos improductivos. Debemos considerar que en las zonas tropicales es probable que pueda resurgir la vegetación, pero en los ecosistemas andinos la situación es más complicada porque las zonas donde el bosque ha sido deforestado están convertidas en paramos y este tipo de ecosistema es de difícil recuperación

### **6.2. Propósitos y alcances.**

Con estos antecedentes y con el propósito de contribuir en términos prácticos y factibles a enfrentar estos problemas, en este capítulo se trata de sintetizar la

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

utilización de un sistema de desarrollo de cultivos hortícolas, legumbres, frutas, medicinales y aromáticas, a través de la tecnología de la hidroponía para solucionar en parte el problema de mejoramiento de los niveles de alimentación y nutrición de comunidades urbanas y rurales.

La sociedad se encuentra frente a un imperativo inaplazable donde los gobiernos, empresas, la academia y los ciudadanos en general deben sentir la necesidad de esforzarse en buscar y encontrar alternativas de soluciones tangibles a estos problemas urgentes y vitales de la población.

La hidroponía es un proyecto de vida para las familias que habitan en las comunidades rurales y urbanas además de constituirse en una fuente de mejora de nutrición alimenticia rica en proteínas y vitaminas, permite vivir en armonía con la naturaleza constituyéndose una oportunidad para la conservación y preservación del ambiente natural y humano. También se constituye en una estrategia tecnológica para proveer alimentos a las comunidades asentadas en suelos pobres o improductivos y en oportunidades de agro negocios que permiten la conformación de pequeñas y medianas empresas agrícolas de producción y comercialización para conquistar mercados comunitarios internos o externos.

Las instituciones públicas y privadas vinculadas a los sectores agrícolas y la academia en las carreras de Ingeniería Agronómica en sus programas y proyectos de desarrollo agrícola y de vinculación comunitaria deben promover en los grupos de agricultores la producción de alimentos utilizando sistemas hidropónicos, fortaleciéndolas con alianzas entre los pequeños y medianos productores con los municipios, con redes de comercialización de productos hortícolas y también con los supermercados. Los supermercados son una canal de comercialización de demanda creciente, buena parte de la oferta de productos alimenticios en especial los denominados en fresco algunos países del mundo provienen de la agricultura en huertos hidropónicos, que pueden ser urbanos o

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

rurales con la aplicación de la hidroponía en agua o en sustratos sólidos mezclados con minerales.

El vocablo hidroponía se deriva de las palabras griegas Hidro (Agua) y ponos (Trabajo) que significa en conjunto trabajo del agua con soluciones de sales minerales que son necesarios para cumplir la necesidad de nutrientes para el crecimiento, desarrollo y producción de plantas alimenticias de calidad para el consumo humano, empleando un medio agregado o sustrato inerte que puede ser de origen inorgánico como arena de río, pomina, residuos de turba, escorias de carbón mineral quemado, grava fina, cascajo fino, corrientes de agua que no tengan alto contenido salino, también se pueden utilizar sustratos de origen orgánico como cascarilla de arroz, fibra de coco, aserrín o viruta desmenuzada de maderas amarillas, a los cuales se les agrega una solución mineral mediante un programa de nutrición que indica los porcentajes de minerales y tiempos de aplicación de acuerdo al ciclo de evolución de crecimiento y desarrollo de la especie. Mediante esta técnica se producen cultivos principalmente de especies herbáceas considerando las condiciones de luminosidad, temperatura, agua, nutrientes.

Desde el año 1991 la Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe ha tenido una activa labor en el desarrollo y difusión sobre los usos de la Hidroponía Simplificada, como parte de una estrategia de Seguridad Alimentaria para las poblaciones de escasos recursos.

El Programa Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) sostiene que la seguridad alimentaria es el derecho de los pueblos a controlar sus propias semillas, suelos, aguas y la producción de alimentos, garantizando a través de una producción local, autónoma, participativa, comunitaria, compartida, culturalmente apropiada en armonía y complementaria con la madre tierra el acceso de los pueblos a alimentos suficientes, variados y nutritivos, profundizando la producción de cada nación y pueblo, defendiendo la seguridad alimentaria para superar el hambre en el mundo (FAO, 2014).

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

El Proyecto Campaña Mundial contra el Hambre (CMCH), de la FAO, conjuntamente con las Direcciones zonales de los Ministerios de Agricultura y Ganadería ha venido desarrollado en varios países de América Latina y El Caribe programas de desarrollo agrícola y entre las varias tecnologías ha propuesto la implementación de cultivos hidropónicos, con la finalidad de aumentar la productividad por unidad de superficie, la producción de alimentos sanos libres de químicos, generando resistencia a enfermedades e insectos plagas mediante el uso de técnicas agroecológicas, prácticas de manejo y conservación de suelos, implementación de sistemas de riego a nivel parcelario, manejo de cosecha, valor agregado a la producción y el fortalecimiento de las organizaciones campesinas.

En los programas de Desarrollo Agrícola que se llevan a efecto en otros países como Colombia – Perú - Costa Rica – Brasil, Estados Unidos de América, México, España, y en países asiáticos se están aplicando tecnologías de producción alimenticia entre ellas la hidroponía, que han sido validadas, replicadas y probadas en nuestro país han dado resultados satisfactorios en varias regiones de las provincias de la Costa y de la Sierra ecuatoriana (Diario El Comercio 2015).

El sistema de desarrollo de cultivos hidropónicos de hortalizas, legumbres, frutas, plantas aromáticas, medicinales y ornamentales, ha sido iniciada y desarrollada por técnicos especialistas de varios países del mundo, y actualmente transmitidas en América Latina y el Caribe por el Programa de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a los agricultores a través de los programas de desarrollo agrícola en algunos países de Europa, Asia, Norte América, América Latina y el Caribe con resultados significativos a nivel urbano y rural.

Se debe considerar que en las regiones de las comunidades agrícolas rurales de la costa y sierra ecuatoriana existen una gran variedad de especies de productos vegetales hortícolas, herbáceos, medicinales y frutales que pueden ser utilizados

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

en los huertos familiares o comunitarios y pueden ubicarse con relación a las condiciones ambientales ecológicas, económicas, culturales y sociales de esas comunidades concluyendo que cuando se utiliza una diversidad de especies en los huertos individuales o comunales del medio rural por un lado es mayor y variada la fuente de alimentación de las familias campesinas y también se fomenta la agro biodiversidad en el territorio.

Es importante resaltar que, la hidroponía es una de las tecnologías más deslumbrantes de la ingeniería agronómica puede ser utilizada en los programas de investigación, vinculación comunitaria y extensión agrícola, considerándola como una estrategia tecnológica para una agricultura en suelos pobres y también para fortalecer la seguridad alimentaria de las familias urbanas, rurales y campesinas, conquistar clientes de mercados exigentes, proponer mercadeos de productos sanos, formar empresas de agro negocios, aumentar los ingresos de los pequeños productores. En la academia formular proyectos de investigación, cursos, talleres, proyectos de vinculación que sean dirigidos a grupos organizados y fortalecidos de pequeños agricultores y a la población urbana y rural en las áreas periféricas de los barrios marginales en ciudades, poblados y recintos.

Es importante resaltar. la influencia y el desarrollo que ha tenido la hidroponía en estas dos décadas del siglo XXI habiendo influido en el avance y perfeccionamiento del concepto de sostenibilidad por la capacidad de haber aportado al crecimiento económico, al desarrollo social y conservación del medio ambiente con adecuadas tecnologías para mantener cierto nivel de productividad a lo largo del tiempo, exteriorizar la plasticidad de los sistemas para recuperarse después de situaciones de estrés por cuestiones ambientales ecológicas y socioeconómicas siendo un aporte relativamente reciente para la recuperación de la calidad de los recursos naturales asociados a una agricultura moderna.

Los cultivos hidropónicos son sistemas multifuncionales que pueden ser desarrollados por las comunidades asentadas en las regiones tropicales y

templadas del mundo, son unidades de superficies pequeñas o grandes en donde continuamente se ha establecido una interrelación entre el capital humano y el capital natural (Clavijo y Pérez, 2014).

La hidroponía permite cultivar tanto en estructuras simples familiares o modernos invernaderos climatizados con elevada tecnología producir alimentos principalmente de tipo herbáceo. A partir de este concepto se desarrollan técnicas que se apoyan en sistemas de raíz flotante o en sistemas con sustratos sólidos con aportes de soluciones minerales de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vista las necesidades de cada especie como temperatura, humedad ambiental, agua y nutrientes (Beltrano & Giménez, 2015).

El uso de la Hidroponía puede presentar diferentes facetas dignas de consideración, cada cultura agrícola campesina ha desarrollado una agricultura propia adaptada a cada entorno, las condiciones físicas, químicas y biológicas pueden ser variables de una finca a otra en una misma comunidad o territorio, la tecnología que aplica un productor o grupo de productores no se adapta para otros, esto en la práctica se observa en varias comunidades asentadas en diferentes provincias o regiones.

Las diferencias de los factores ambientales y socio económicos son variables en un mismo territorio, entre provincias o comunas y de unas regiones a otras. El resultado es un conjunto de prácticas agronómicas y saberes asociados a los recursos filogenéticos de cada ambiente su suma total es el patrimonio filogenético de la comunidad, conclusión muy importante para los procesos de extensionismo rural.

Los programas y proyectos con sistemas de cultivos hidropónicos deben realizarse en la actualidad considerando las siguientes fases:

- Cultivos a desarrollar de acuerdo a las condiciones climáticas
- Las técnicas de producción
- La administración de los cultivos, parcelas o viveros.

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

- La información sobre el mercado.
- El procesamiento de los productos obtenidos.

Las huertas hidropónicas hortícolas presentan varias ventajas entre ellas, la seguridad alimentaria de la familia campesina, la capacidad de producir productos sanos y competitivos en los mercados exigentes, permiten la conservación y el manejo racional de los recursos naturales, ahorro en el consumo de agua, fertilizantes y pesticidas, mejorando la auto estima de los pequeños productores permitiéndoles fortalecer sus organizaciones y gestión para conformar micro empresas que generan promoción personal y superación de la pobreza.

La agricultura tradicional genera una gran cantidad de variables que afectan a varios componentes ambientales generando impactos sociales, económicos y ambientales, debido a estas condiciones existen regiones donde solo es posible producir una vez al año. La hidroponía se origina en la necesidad de producir alimentos por parte de poblaciones que habitaban en regiones sin tierras o suelos improductivos, pero que contaban con fuentes suficientes de agua (Saavedra, N. et al., 2010).

La agricultura familiar es un sector importante para la seguridad alimentaria mediante la implementación y desarrollo de sistemas agrícolas sostenibles en América Latina y el Caribe. Los pequeños agricultores son los principales actores protagónicos de los proyectos de desarrollo agrícola y del esfuerzo de los países para alcanzar un futuro sin hambre y la erradicación de la pobreza (Fuentes & Marchant, 2016). En la región el 80% de las unidades agrícolas pertenecen a la agricultura familiar que incluyen una población mayor a los 60 millones de personas (FAO, 2014) convirtiéndose en la fuente principal de empleo agrícola rural, considerándose que no solo producen la mayor parte de los alimentos para el consumo interno de los países de la región a los que pertenecen sino que generalmente desarrollan actividades agrícolas diversificadas, que les otorgan un papel fundamental a la hora de garantizar la sostenibilidad del medio

ambiente en el largo plazo y la conservación de la biodiversidad. Con estos antecedentes el año 2014 fue declarado por el Programa de las Naciones Unidas (FAO) el año internacional de la agricultura familiar con el objetivo que el sector sea considerado protagonista de las políticas sociales, económicas y ambientales.

El sistema de cultivos hidropónicos también se constituye en una oportunidad de negocios para grandes empresas por el desarrollo del consumo mundial de alimentos sanos y el crecimiento constante y significativo de los mercados mundiales, está comprobado que el crecimiento del consumo de productos hidropónicos hasta finales del año 2019 será de un 6.5% con respecto al consumo del año 2018.

Desde la década de los años noventa la Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe ha tenido una activa labor para el desarrollo y difusión en cultivos de Hidroponía simplificada, como parte de una estrategia de Seguridad Alimentaria para poblaciones de escasos recursos, en áreas peri-urbanas y rurales habiendo implementado cursos de entrenamiento en esta tecnología en Colombia, Costa Rica, Brasil, Chile, Uruguay y Ecuador, entre otros.

El Instituto para la innovación tecnológica en agricultura (INTAGRI) ha dado a conocer que la agricultura hidropónica está teniendo un crecimiento rápido en México debido a que la aplicación de esta tecnología ha servido para reducir los impactos originados en los últimos años como consecuencia de los problemas ambientales como son las alteraciones climáticas, elevadas y bajas temperaturas, presencia de plagas como artrópodos, nematodos y suelos degradados.

La Hidroponía de Alta Tecnología (HAT) utilizada en EEUU, Europa, Australia, está orientada al mercado de alto consumo y de exportación y a maximizar la relación costo / beneficio del empresario por la venta de la producción en los mercados.

Un referente de la Hidroponía Simplificada y de la Hidroponía de Alta Tecnología es España, en Huelva el 100% de la producción de moras y frambuesas aplican sistema hidropónico, Almería con 35.000 hectáreas de cultivos en invernaderos registra 3.000 hectáreas de producción hidropónica, Granada y Málaga aproximadamente 1500 hectáreas (INTAGRI, 2017).

A nivel mundial se estima que los cultivos hidropónicos generan ingresos promedios de 920 millones de dólares americanos con un crecimiento anual del 6.5% estimado para el año 2019. En los Estados Unidos (EEUU) el cultivo de tomate representa el 56% de la superficie hidropónica mientras que en América latina la lechuga con el 49% corresponde a cultivos hidropónicos (INTAGRI, 2017).

El sistema de desarrollo de cultivos hidropónicos simplificada de hortalizas, legumbres, frutas, plantas aromáticas, medicinales y ornamentales, ha sido iniciada y desarrollada por técnicos especialistas de varios países del mundo, y actualmente aplicadas transmitidas por el Programa de las Naciones Unidas para lograr la Seguridad Alimentaria en América Latina y el Caribe (FAO 2014).

### **Ventajas y desventajas de implementar sistemas hidropónicos**

#### **Ventajas**

Son varias las ventajas derivadas de la implantación de un sistema hidropónico, a citar:

- Permite producir en condiciones ambientales limitantes.
- Se adapta a proyectos de diferentes niveles como familiares, comunitarios y comerciales
- Se requiere menor espacio para el desarrollo de los cultivos que en sistema de agricultura tradicional.
- Se controlan todos los aspectos de los procesos de producción
- Mejor manejo para control de insectos plagas y enfermedades.
- Crecimiento rápido de los cultivos.

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

- Mejor gestión en los programas de nutrición
- Se obtienen productos de alta calidad
- Permite reducir los costos de producción.

### **Desventajas**

Igualmente, hay una serie de inconvenientes que es necesario tener en cuenta:

- Inversión inicial elevada
- Necesidad de conocimiento de tecnologías agrícolas y de los ciclos de desarrollo de las especies a utilizar
- Requiere un manejo organizado por los cambios que se pueden originar como temperatura, PH, conductividad eléctrica y la concentración de nutrientes
- Baja disponibilidad de personal especializado en la tecnología.
- Los programas de capacitación del Ministerio de Agricultura y Ganadería en el uso de la tecnología están direccionados en el Ecuador a las comunidades de las provincias de la Sierra.

### **Los medios de cultivo o sustratos**

En todos los países y regiones existen una variedad de materiales que se encuentran de manera abundante y fácil de conseguir. Para seleccionar y utilizar un buen sustrato deben considerarse algunas características que deben tener los mismo para ser utilizados en los sistemas hidropónicos, entre las principales deben tener:

- Capacidad de retención de humedad y que al mismo tiempo facilite la salida de agua en exceso por causa de lluvias o de riego en exceso.
- Capacidad de no degradarse fácilmente
- No contener en su constitución elementos nutritivos que puedan alterar el balance de las soluciones nutritivas que se apliquen al cultivo.
- No contener residuos contaminantes de origen industriales o biológicos.

- Que sean livianos, fáciles de manejar y transportar.

El humus de lombriz y la fibra de coco como sustrato, permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en sistemas semi hidropónicos al ambiente y en invernaderos, reduciendo de manera significativa el uso de fertilizantes sintéticos (Valenzuela, 2014).

Los sustratos que han sido probados hasta fecha actual en varios países y en los sistemas instalados en las fincas de los productores en el Ecuador y que cumplen con las características señaladas se agrupan en función de su origen.

### **Sustratos de origen orgánico**

- Cascarilla de arroz
- Estopa de coco
- Aserrín o viruta preferible de maderas amarillas.
- Cascarilla de cacao o de café.

### **Sustratos de origen inorgánico.**

- Residuos de pomina (piedra pómez)
- Escorias de carbón mineral quemado
- Arena de río
- Grava fina
- Cascajo fino.

### **Mezcla de sustratos solidos**

Los materiales anotados anteriormente poder ser utilizados solos como sustratos, sin embargo, en varios países se han obtenido buenos resultados mezclándolos entre ellos. Las mezclas recomendadas para nuestras regiones de la costa serían las siguientes.

- Cascarilla de arroz 50% con 50 % de escoria de carbón mineral
- Cascarilla de arroz 80% con 20% de aserrín de maderas amarillas

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

- Cascarilla de arroz 60% con 40% de arena de río lavada
- Cascarilla de arroz 60% con 40 de escorias de pomina (piedra pómez)

Una mezcla que ha dado muy buenos resultados es a base de cascarilla de arroz 60% con 40% de arena de río lavada. Probada en las comunas de la provincia de Santa Elena y en las comunidades de la provincia del Guayas (Programa de modernización agrícola. Proyecto de modernización de los servicios agrícolas. Consorcio Proexant – Universidad de Florida – Fundación Idea).

### **Sustratos líquidos**

- En el sistema de siembra de raíz flotante el sustrato es el agua que sirve de soporte, en esta modalidad los nutrientes son absorbidos directamente del agua que contiene los nutrientes.

### **Modalidades de cultivos hidropónicos.**

#### **Sistema de sustrato sólido – Semihidroponico.**

El sistema semi-hidropónico por su eficiencia es el más utilizado para cultivar especies de hortalizas, legumbres, frutales, plantas medicinales y ornamentales. Esta modalidad ha sido aceptada y perfeccionada por varios productores en países de Latinoamérica y el Caribe, a nivel de agricultura familiar campesina y a nivel empresarial para abastecer grandes mercados. En el Ecuador este sistema ha sido probado con éxito en varias comunidades rurales en manejo de hortalizas y legumbres que anteriormente se sembraban utilizando el sistema de agricultura tradicional.

#### **Sistema de raíz flotante o en medio líquido.**

Este sistema de siembra es el propiamente hidropónico porque utiliza como medio de soporte el agua con los nutrientes, permite sembrar una serie de especies y variedades de hortalizas y legumbres con resultados excelentes para

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

cultivos comerciales, diversos factores limitan los procesos de hidroponía en gran escala entre ellos los principales.

- Inversión inicial elevada
- Manejo complejo de las unidades de producción
- Necesidad de asistencia técnica y capacitación permanente
- No apta para todo tipo de especies
- Escasez de personal especializado en el manejo de la tecnología.

En este sistema las unidades de producción son similares a las que se utilizan en el sistema de producción con sustratos sólidos con la única diferencia que los contenedores en este caso no llevan un sistema de drenaje para evitar la fuga de agua. Entre los cuidados más importantes que deben darse a las plantas es el movimiento de la solución nutritiva para oxigenar el agua y mezclar los nutrientes en todos los espacios del contenedor.

### **Tipos de sistemas hidropónicos y manejo de la solución nutritiva.**

#### **Sistemas hidropónicos**

Existen dos tipos de sistemas hidropónicos, sistemas hidropónicos abiertos y sistemas hidropónicos cerrados.

El componente primordial de un sistema hidropónico es la solución nutritiva. Esta es alojada en un depósito, para luego ser bombeada hasta las plantas por medio de un sistema de riego. Cuando la solución nutritiva es depositada en las raíces de las plantas cierta cantidad es absorbida por las mismas y otra parte se desperdicia.

Es aquí donde se presentan dos opciones. La primera es dejar que los drenajes escurran libremente y se pierdan por infiltración en el suelo, que sería un sistema abierto. La segunda opción es captar dichos drenajes y enviarlos a otro depósito para su posterior reutilización, que sería un sistema cerrado.

### **Sistemas hidropónicos abiertos.**

Los sistemas hidropónicos abiertos son los más difundidos en la actualidad, porque representan menor inversión económica, al menos a corto plazo. En este tipo de sistemas no se debe reutilizar nunca la solución nutritiva, principalmente porque no se cuenta con un sistema de captación de drenajes.

En el caso de captar los lixiviados habría que instalar un sistema para desinfectar la solución recirculada. No contar con estos también disminuye el costo de los sistemas abiertos. La pregunta es: ¿a dónde van a parar todos los drenajes que no se captan nuevamente?

Desafortunadamente todos terminan en los suelos y cuerpos de agua. Por muy bien planeado que esté el proyecto siempre se tendrá de 10 a 20 por ciento de lixiviados. Este flujo constante de sales fertilizantes afectará los ecosistemas. Y si hablamos de un proyecto con poca planeación habrá hasta 40 a 50 por ciento de lixiviados.

### **Sistemas hidropónicos cerrados**

Los sistemas hidropónicos cerrados tienen varios puntos a su favor. El primero es que los costos de producción tienden a disminuir porque utilizamos menor cantidad de agua. Al menos visto a mediano y largo plazo. Además, a menor cantidad de agua también disminuye la cantidad de fertilizante.

Hasta cierto punto la solución recirculada trae consigo sales fertilizantes que la planta no absorbió. Por lo que bajo ciertas circunstancias no tenemos que preparar solución nutritiva nueva, lo que se hace es ajustar la solución, lo que conlleva a que el uso de fertilizantes disminuya.

Ahora bien, un sistema cerrado requiere algunas cosas extras en comparación con un sistema abierto. Son justamente estos elementos lo que elevan el costo

inicial, siendo necesario de al menos otro depósito para guardar los drenajes recirculados, a lo que hay que sumar más bombas, tuberías, válvulas, filtros, no hay que olvidar el sistema de desinfección, los más usados son los de rayos ultravioleta y ozonificación, en un sistema cerrado estos resultan imprescindibles porque ciertas enfermedades pueden transmitirse mediante el agua, antes de volverse a utilizar esta debe ser desinfectada.

### **¿Qué es una solución nutritiva?**

Es el medio acuoso en el que se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En el caso de la hidroponía es la vía directa y principal de nutrición de los cultivos. Para que una solución nutritiva se considere completa debe tener nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, molibdeno, manganeso, boro, zinc, cobre y níquel, elementos que se encuentran en la solución nutritiva en forma de iones para que las plantas puedan tomarlos, debido a que no puede absorberlos en forma elemental.

Es importante señalar que, los cultivos se diferencian en sus demandas nutricionales, lo que significa que requieren de soluciones nutritivas distintas y las soluciones nutritivas deben estar dosificadas de acuerdo con sus etapas o desarrollo fisiológico. Actualmente las soluciones nutritivas pueden ser tan específicas al nivel de cada variedad de cultivos. A parte de las variedades de cada especie de cultivo, existen otras variables que influyen en las formulaciones de soluciones nutritivas, entre estas variables se pueden considerar las condiciones climáticas y los métodos de cultivos, estas variables también deben ser consideradas al momento de formular las soluciones nutritivas. Las variables pueden ser muchas y esto hace que las soluciones nutritivas optimizadas podrían ser infinitas.

El éxito de las soluciones nutritivas está determinado entonces por la constitución de la solución, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH (INTAGRI, 2017).

### **La calidad del agua para soluciones nutritivas**

El análisis químico del agua es pieza fundamental para la formulación de soluciones nutritivas. Preparar soluciones sin un estudio previo de las características del agua es demasiado riesgoso, donde los problemas pueden llegar al punto de perder el 100 % de la producción por algún detalle del agua que pudo manejarse o corregirse previamente. El análisis químico del agua permite identificar diferentes aspectos como la concentración de nutrientes, presencia de iones específicos tóxicos, dureza, pH y CE del agua, entre otros. Estos factores permiten ajustar las soluciones nutritivas según sea necesario, por ejemplo, en muchas regiones el agua utilizada contiene niveles elevados de calcio y magnesio, donde el aporte de estos elementos en la solución nutritiva es más que suficiente con el agua, permitiendo un ahorro importante en fertilizantes.

Otro ejemplo es el relacionado con la alcalinidad del agua, o sea el equilibrio entre  $\text{CO}_3/\text{HCO}_3$ , relación que es importante para determinar la resistencia del agua a la acidificación, ya que en varios casos es necesario agregar ácidos para reducir el pH de la solución. Es importante considerar el análisis químico del agua de forma regular para mantener la solución nutritiva ajustada a las variaciones de la composición mineralógica del agua (INTAGRI 2017).

### **Importancia de analizar periódicamente la solución nutritiva**

La concentración de nutrientes, por ejemplo, en el caso de los sistemas de recirculación es sumamente dinámica y debe de ajustarse con frecuencia. Un técnico experimentado conoce la forma de mantener las concentraciones ideales de los iones mediante un correcto manejo nutrimental. Dicha tecnología obliga a analizar periódicamente la concentración de macro y micronutrientes, tanto en gotero como en drenaje, durante toda la temporada con una periodicidad consistente. Es recomendable analizar muestras de solución nutritiva y drenaje cada dos semanas, y en caso de situaciones particulares tales como cambios

bruscos en el cultivo, errores en los cálculos o en las mezclas, el análisis se debe realizar de manera inmediata. Esto permite ejecutar un programa nutricional óptimo y eficiente.

Todo cultivo, bajo cualquier nivel de tecnología ya sea en alta, media, o baja, tanto en suelo como en sustrato, requiere el monitoreo de los niveles nutrimentales de la solución nutritiva. Hay múltiples motivos por los que los niveles nutrimentales pueden variar, tales como fallos en el sistema de inyección, medición (sensores), cambios en las concentraciones de los fertilizantes comerciales, errores de cálculo en la formulación, equivocaciones al momento del mezclado de los fertilizantes. Es indispensable analizar el agua para la preparación de soluciones nutritivas. Una solución nutritiva adecuadamente formulada inicia siempre con el análisis de agua.

El análisis nutrimental frecuente y consistente del gotero y el drenaje nos permite reducir riesgos, afinar los programas nutrimentales y manejar eficientemente estos sistemas de producción.

El pH tiene un efecto directo sobre la absorción iónica. Como regla general, la mayoría de los cultivos crecen adecuadamente en un rango de pH de 5.8 – 6.5. Cuando el pH se sale de valores recomendados, pueden ocurrir precipitados de algunos elementos (ejemplo el hierro), toxicidad, deficiencias, etc.

La evaluación de la interacción nutrimental es también fundamental, como en el caso de la proporción amonio/nitrato, que permite reducir el rápido incremento de pH del medio nutritivo que frecuentemente se observa cuando el nitrógeno se aporta solamente como nitrato. Las cantidades estándar de amonio incorporadas en las soluciones nutritivas están entre 5 a 10% del total de N y difícilmente excederá 15% (INTAGRI 2017).

Otra de las interacciones, en el caso de competencia en el mecanismo de absorción es el exceso de K, que puede provocar dificultades para absorber Mg

y/o Ca, causando deficiencias de éstos. Como estas, pueden ocurrir muchas interacciones y complicaciones durante la nutrición de los cultivos, esto hace totalmente necesario un monitoreo continuo de la solución para hacer ajustes.

Otro factor a monitorear en las soluciones nutritivas son los contenidos de sales, como los iones sodio y cloruro, que influyen de manera directa en la absorción de nutrientes. El sodio provoca una competencia directa en la absorción de K y el ion cloruro en la de  $\text{NO}_3$ . Dichos incrementos salinos originan aumentos en la presión osmótica de la solución, frenando la absorción de agua e iones minerales que generan un desbalance hídrico en la planta. La conductividad eléctrica nos da una idea de la cantidad de sales disueltas en la solución. La misma se debe mantener en un rango adecuado según la especie cultivada y su etapa fenológica. Si no se mantiene este balance puede afectar la disponibilidad de los nutrientes.

Balboa y Ruiz (2017) indica que los programas de nutrición en hidroponía son mediante la utilización de soluciones minerales que contienen los elementos necesarios e indispensables para tener un buen desarrollo y una buena productividad. Las soluciones nutritivas concentradas se pueden conseguir en los mercados en donde proveedores especializados. Cuando se adquieren conocimientos y experiencia los mismos productores pueden conseguir los insumos necesarios y producir sus propias soluciones cuidando de aplicar las formulaciones considerando que a pesar de que todas las especies necesitan los mismos elementos, las cantidades varían en función de ciertos factores como la especie cultivada, las condiciones climáticas y el estado de crecimiento.

### **Composición de las soluciones nutritivas**

Las plantas para su nutrición además de los elementos que toman directamente del aire y del agua necesitan de otros elementos para su crecimiento y desarrollo. Entre los elementos mayores llamados macro elementos se encuentran el Nitrógeno (N), Fosforo (P) y Potasio (K).

## Agricultura y Seguridad Alimentaria.

---

Entre los elementos secundarios consumidos en cantidades intermedias están el Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S) sirven para la constitución de las plantas. Los elementos menores como Cobre (Cu), Boro (B), Molibdeno (Mo), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Zinc (Zn) y Cloro (Cl). La formulación y aplicación de los programas de nutrición en Hidroponía está basado en la utilización de los trece elementos citados anteriormente y combinados de manera proporcional en dos soluciones concentradas que deberán denominarse Solución concentrada A (SC-A) y Solución concentrada B (SC-B).

La solución concentrada A estará formulada a base de N – P y K. La solución concentrada B estará formada por los demás elementos y aporta los nutrientes que son requeridos en cantidades menores pero que son indispensables para un buen crecimiento, desarrollo y obtención de productos de calidad.

Tabla 1. Ingredientes para preparar 5L de Sol.concentrada A (SCA).

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades en gramos</b>
Fosfato mono amónico	120
Nitrato de Calcio	1040
Nitrato de potasio	500

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ingredientes para preparar 5 litros de solución concentrada B.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades en gramos</b>
Sulfato de magnesio	490
Sulfato de cobre	0.50
Sulfato de manganeso	2.48
Sulfato de zinc	1.20
Ácido bórico	6.20
Quelato de hierro	50.00

Fuente: Elaboración propia.

## Agricultura y Seguridad Alimentaria.

---

Tabla 2. Fórmulas de preparación de soluciones minerales.

<b>Concentración</b>	<b>Cantidad de agua</b>	<b>SCA/cc</b>	<b>SCB/cc</b>
Total	1 litro	5.00	2.00
Media	1 litro	2.50	1.00
Un cuarto	1 litro	1.25	0.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Fórmulas de preparación de soluciones minerales.

<b>Concentración</b>	<b>Cantidad de agua</b>	<b>SCA/cc</b>	<b>SCB/cc</b>
Alta	100 litros	500	200
Media	100 litros	250	100
Baja	100 litros	25	50

Fuente: Elaboración propia.

A la siembra en el semillero el sustrato debe estar humedecido con agua corriente. Desde el primer día hasta el décimo día después de la germinación hay que regar con la solución concentrada media. Desde el primer día del trasplante al vivero hasta el séptimo día hay que regar con la solución concentrada media.

En casos de observar que el sustrato se seca por acción de las condiciones climáticas se hará necesario humedecerlo con agua corriente sin solución nutritiva.

Es necesario indicar que los manejos de las soluciones nutritivas en los programas de nutrición no se pueden considerar como recetas estandarizadas, sino que varían de acuerdo a las necesidades nutricionales de las especies y los porcentajes y dosis también pueden variar de acuerdo a las experiencias de los productores y a las formulaciones que utilicen los especialistas o fabricantes.

El manejo de las soluciones nutritivas en relación con el grado de concentración, cantidad y frecuencia con que se aplica es importante, las variaciones se pueden

dar debido a las condiciones climáticas y a la clase de cultivo. Un dato importante de acuerdo a la experiencia a nivel de campo es que generalmente se aplican entre 2 a 3.5 litros de solución nutritiva por metro cuadrado (m<sup>2</sup>) de cultivo. Puede utilizarse un volumen menor (2litros/m<sup>2</sup>) cuando las plantas están pequeñas y en climas frescos o fríos con baja luminosidad. Las dosis mayores se aplican cuando los cultivos en periodos de formación y desarrollo como por ejemplo macolla miento o emisión de tallos, desarrollo de follaje, raíces, tubérculos, frutos, sobre todo en climas calientes o soleados.

### 6.3 Conclusiones

La Hidroponía es una estrategia tecnológica para producir alimentos siendo también un modelo de desarrollo agrícola para minifundios llamados también micro granjas o para grandes invernaderos climatizados y modernos utilizados para la producción de hortalizas, legumbres y frutales a gran escala, espacios donde se combinan tradiciones ancestrales y tecnologías modernas, unos con la participación de la familia y con los miembros de la comunidad y otros en los que participan la mano de obra especializada.

La Hidroponía busca diversificar la producción agrícola para aumentar las fuentes de ingreso y no depender exclusivamente de un producto. Así, al dañarse una cosecha o caer el precio en el mercado puede recurrirse a otro producto de la finca, convirtiendo en un seguro contra los imprevistos tan comunes en el sector agropecuario.

Otro aspecto positivo es aumentar la variedad de productos, lo cual contribuye al mejoramiento de la vida campesina, a una mejor alimentación y no es necesario comprar aquello que puede producirse en la granja a través de la hidroponía, lo cual aparte de contribuir al mejoramiento de la familia también puede generar ingresos por la comercialización de los productos entre los vecinos de la misma comunidad o con otras comunidades o también pueden comercializarlos formando alianzas con los supermercados.

## **Agricultura y Seguridad Alimentaria.**

---

Los sistemas Hidropónicos son plantaciones que están basadas en una metodología que prescinde del uso de suelo agrícola para sustituirlo por sustratos sean sólidos o líquidos.

Es una herramienta tecnológica para la seguridad alimentaria de los pueblos. Más allá del aspecto innovador los cultivos hidropónicos están consolidados como un tipo de agricultura con un gran potencial y desarrollo de futuro.

Constituye una estrategia tecnológica fundamental para combatir el hambre y la inseguridad alimentaria creciente a consecuencia del crecimiento acelerado de la población sobre todo en países en vías de desarrollo.

Los países en vías de desarrollo pueden aprovechar el gran potencial de la Hidroponía para producir alimentos en suelos improductivos y marginales, reduciendo los niveles de pobreza de las poblaciones asentadas en esas comunidades.

A parte de su eficiencia en el uso de recursos como el agua, los nutrientes, prescindir del uso de suelo, el posible uso de tierras desérticas, precisar menos espacio, el ahorro de mano de obra, un manejo eficiente de programas de nutrición, uso racional del agua de riego, la baja o nula concentración de pesticidas mediante la aplicación del manejo integrado de insectos plagas, malezas y enfermedades, cosecha de productos sanos y de calidad.

Es imperativo e inaplazable que la Academia a través de las carreras de Ingeniería agronómica, las organizaciones gubernamentales y privadas propongan soluciones tangibles, entre ellas la implementación de proyectos de cultivos hidropónicos para una agricultura sustentable y para la seguridad alimentaria de poblaciones urbanas y rurales en áreas marginales.

### 6.4 Bibliografía

- Balboa, R. y Ruiz, B. (2017). Consumo nutricional en un sistema hidropónico SFT. Revista tecnológica. ISSN 1729. 7532. v. 13 n.19. La Paz. 2017.
- Beltrano, J. & Giménez, D. (2015) Cultivo en Hidroponía. Universidad de La Plata. Disponible en [https://www. Sedici.unlp.edu.ar](https://www.Sedici.unlp.edu.ar) Consultado 4 de agosto 2019.
- Clavijo, P. y Pérez, M. (2014). Tubérculos andinos y conocimiento agrícola local en comunidades rurales del Ecuador y Colombia. Cuadernos de Desarrollo Rural, (74).149-166. Disponible en [https// dx.doi.org/10.11144/Javeriana](https://dx.doi.org/10.11144/Javeriana). CRDI 11-74.
- INTAGRI. (2017). Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico completo. Serie Horticultura Protegida. Num.27. Artículos Técnicos de INTAGRI. Mexico.3p. Disponible en [https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico completo](https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo).
- FAO, FIDA y PMA. (2014). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2014. Fortalecimiento de un entorno favorable para la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma,
- Fuentes, N. y Marchant, C. (2016). ¿Contribuyen las practicas agroecológicas a la sustentabilidad de la agricultura familiar? El caso de Curarrehue, región de la Araucanía, Chile, Revista Cuadernos de Desarrollo Rural.13(78).35-66.[https//doi.org/10.11144/javeriana](https://doi.org/10.11144/javeriana). cdr13-78 Instituto para la innovación tecnológica de la agricultura (INAGRI). Celaya. Guanajuato. México. Disponible en [https//ww.intagri.com.co](https://ww.intagri.com.co).
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (1991). La horticultura y fruticultura en el Ecuador. Recuperado de [https//www.fao.org](https://www.fao.org).
- Pérez. L. (2013). Producción y comercialización de lechugas hidropónicas en la ciudad de Guayaquil. Universidad Catolice Santiago de Guayaquil
- Saavedra, P., Rosel R., Ajhuacho, E., Hilarión, Y., Veizaga, N. & Bravo, J.C. (2010). Cultivos hidropónicos en frutilla. Universidad Ciencia y Sociedad. Santa Cruz de la Sierra. Revista Bolivariana No.3

Valenzuela, L. (2014). Respuesta del tomate cultivado en hidroponía con soluciones nutritivas en sustrato de humus de lombriz – fibra de coco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (en línea). Consultado el 15 de julio del 2019. Disponible en [https://www. Redalys.org](https://www.Redalys.org).

El comercio. (abril, 2015). Los cultivos hidropónicos toman impulso en Cuenca. Disponible en [https://www.el comercio.com](https://www.elcomercio.com)